

## The Effect of Humic Acid and Zinc Application on Some Vegetative Traits and Anti-oxidant Enzymes of Corn Seedling under Salinity Stress

ATEFEH RASHIDIFARD<sup>1\*</sup>, MOSTAFA CHOROM<sup>2</sup>, MOJTABA NOROZI MASIR<sup>3</sup>, HABIBOLAH ROSHANFEKR<sup>4</sup>

1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz Ahvaz, Iran.

### ABSTRACT

One of the methods to decrease the oxidative damage caused by salinity is using the nutrition methods and increasing resistance of plants against salinity stress. The aim of this study was to investigate the effect of soil application of humic acid and zinc sulfate on some properties of corn seedlings under salinity stress. For this purpose, an experiment was conducted as split-plot using a randomized complete block design with three replications in the greenhouse. Experimental treatments were included soil salinity (at two levels included non-saline and saline soils with EC of 2.2 and 8 dSm<sup>-1</sup>, respectively) as the main factor and application of 5 kg ha<sup>-1</sup> humic acid [HA], 40 kg ha<sup>-1</sup> zinc sulfate [Zn], 5 kg ha<sup>-1</sup> humic acid+40 kg ha<sup>-1</sup> zinc sulfate [HA+Zn] and control [Co] as sub-factor. Results showed that the stem height and diameter, wet and dry weight of root and shoot and chlorophyll index decreased significantly with increasing salinity in soil, while proline content, catalase and superoxide-dismutase activities increased. Among the studied treatments, HA+Zn treatment had the greatest effect on improvement of seedling growth parameters, so that the application of treatment increased the amount of stem height, stem diameter, wet and dry weight of shoot and root and chlorophyll index, 18.31, 16.76, 58.27, 59.89, 62.62, 65.25 and 4.85%, respectively compared to control treatment in saline soils. The highest level of catalase and superoxide dismutase activities and proline content were observed under salinity stress along with HA+Zn treatment, and the effect of humic acid was greater than the effect of zinc sulfate. Therefore, the combined use of humic acid and zinc was recommended to improve the growth of corn seedlings in stress salinity conditions.

**Keywords:** Anti-Oxidant Enzymes, Corn Seedling, Humic Acid, Salinity Stress, Zinc.

## تأثیر کاربرد هیومیک اسید و عنصر روی بر برخی ویژگی‌های رشد و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهچه ذرت تحت تنش شوری خاک

عاطفه رشیدی فرد<sup>۱\*</sup>، مصطفی چرم<sup>۱</sup>، مجتبی نوروزی مصیر<sup>۱</sup>، حبیب اله روشنفکر<sup>۲</sup>

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

### چکیده

یکی از روش‌های مقابله با آسیب‌های اکسیداتیو گیاهان کشت‌شده در خاک‌های شور، استفاده از روش‌های تغذیه و افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش شوری است. هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر کاربرد خاکی هیومیک اسید و سولفات روی بر برخی صفات گیاهچه ذرت تحت تنش شوری خاک بود. بدین منظور آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل شوری (خاک غیرشور و شور به ترتیب با قابلیت هدایت الکتریکی ۲/۲ و ۸ دسی زیمنس بر متر) به‌عنوان فاکتور اصلی و کاربرد ۵ کیلوگرم بر هکتار هیومیک اسید [HA]، ۴۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی [Zn]، ۵ کیلوگرم بر هکتار هیومیک اسید+۴۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی [HA+Zn] و شاهد [Co] به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد با افزایش شوری در خاک، ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و شاخص کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت در حالی که مقدار پرولین و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز افزایش یافت. در بین تیمارهای مورد بررسی، تیمار HA+Zn بیشترین تأثیر را در بهبود شاخص‌های رشد گیاه چه داشت به‌طوری‌که کاربرد این تیمار باعث افزایش ۱۸/۳۱، ۱۶/۷۶، ۵۸/۲۷، ۵۹/۸۹، ۶۲/۶۲، ۶۵/۲۵ و ۴/۸۵ درصدی در مقدار پارامترهای ارتفاع ساقه، قطر ساقه، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و شاخص کلروفیل نسبت به تیمار شاهد در خاک شور [C1] شد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز و مقدار پرولین در شرایط تنش شوری و استفاده از تیمار [HA+Zn] مشاهده شد و همچنین تأثیر هیومیک‌اسید نیز بیشتر از تأثیر استفاده از سولفات روی بود. بنابراین می‌توان مصرف توأم هیومیک‌اسید و سولفات روی را در جهت بهبود رشد گیاهچه ذرت در شرایط تنش شوری توصیه کرد.

**واژه‌های کلیدی:** آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، تنش شوری، روی، گیاهچه ذرت، هیومیک اسید.

### مقدمه

شوری و سمیت سدیم، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی و عوامل محدودکننده مهم برای تولید محصولات کشاورزی می‌باشند که بیش از ۳۰ درصد محصولات آبی و ۷ درصد از زمین‌های دیم کشاورزی را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار داده‌اند (Schroeder, 2013). سطح شوری بالا باعث شده که هر ساله حدود ۱/۵ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی جهان توانایی تولید را نداشته باشند (Pitman and Lauchli, 2002). شوری خاک عبارت از تجمع نمک در لایه‌های سطحی و زیرسطحی خاک بوده که تراکم این نمک‌های محلول به‌صورت هدایت‌الکتریکی قابل اندازه‌گیری است و خاک‌های دارای قابلیت هدایت الکتریکی بیش از ۴ دسی‌زیمنس بر متر در عصاره اشباع، خاک‌های شور نامیده می‌شوند (Pazira and Homae, 2010). جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه، دو مرحله حیاتی برای تولید

محصولات کشاورزی می‌باشند (Hubbard *et al.*, 2012) و غلظت بالای نمک نه‌تنها باعث جلوگیری از جوانه‌زنی بذر می‌شود، بلکه زمان جوانه‌زنی را از طریق تأخیر در شروع جوانه‌زنی افزایش می‌دهد (Thiam *et al.*, 2013). بذر گیاهان معمولاً در ۱۰ سانتی-متری بالایی خاک، که نسبت به خاک زیرین شورتر است، قرار می‌گیرد؛ بنابراین، بذرها به‌طور غیریکنواخت جوانه می‌زنند و توسعه گیاهچه ضعیف می‌شود (Sarker *et al.*, 2014). معمولاً آسیب‌های ناشی از شوری خاک به جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه را می‌توان به اثرات ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی، کاهش مقدار آب بافت‌های گیاهی، کاهش جذب عناصر غذایی و آب و اثرات یون ویژه نسبت داد (Kafe *et al.*, 2001). در مناطق گرم و خشک، تبخیر و تعرق بالا و از دست دادن آب باعث تجمع نمک در اطراف ریشه گیاهان می‌شود؛ در نتیجه به دلیل شوری زیاد خاک، گیاه در جذب آب با مشکل روبرو می‌شود. تنش شوری

(Sayyari and Mahmoodi, 2002). با توجه به توسعه اراضی و منابع آبی شور و اثرات منفی آن بر روی گیاهان، و به دلیل این که کنترل شوری یکی از کلیدهای مدیریت منابع طبیعی است، همچنین با توجه به اهمیت ذرت و افزایش سطح زیر کشت این محصول در کشور و با توجه به اهمیت و حساسیت این گیاه زراعی به شوری آب و خاک، لذا هدف از این تحقیق بررسی اثر کاربرد هیومیک اسید و سولفات روی بر صفات رویشی و بیوشیمیایی گیاهچه ذرت تحت شرایط تنش شوری خاک می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

این مطالعه گلدانی در دو سطح شوری خاک ( $2/2$  و  $8 \text{ dS m}^{-1}$ ) در سال ۱۳۹۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. خاک مورد استفاده در این مطالعه از لایه سطحی ( $0-30$  سانتی‌متری) مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز که دارای قابلیت هدایت الکتریکی  $2/2 (\text{dS m}^{-1})$  بود، تهیه گردید و پس از هوا خشک کردن و عبور از الک  $2$  میلی‌متری، برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱). جهت تهیه خاک با شوری  $(\text{dS m}^{-1})$  ۸، با اضافه کردن مقادیر متفاوت NaCl به صورت محلول به یک کیلوگرم خاک و اندازه‌گیری شوری عصاره اشباع، ابتدا یک رابطه خطی بین مقدار NaCl اضافه شده و شوری عصاره اشباع در خاک مورد مطالعه به دقت آمد و سپس از روی رابطه بدست آمده، مقادیر مورد نیاز NaCl برای رسیدن به سطح شوری مورد نظر، به خاک اضافه گردید (Mass and Hoffman, 1997).

موجب تغییرات شیمیایی، فیزیولوژیک و مورفولوژیک متعددی در گیاهان می‌شود. این تنش رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین، متابولیسم لیپیدها، تنفس و تولید انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن (Reactive oxygen species (ROS)) مشکل بزرگی است که گیاهان در معرض تنش با آن مواجه می‌شوند و ضروری است جهت دستیابی به عملکرد خوب محصولات زراعی و باغی اثرات نامطلوب تنش‌های محیطی کاهش داده شود (Singh and Usha, 2003). یکی از روش‌های مقابله با تنش‌های مختلف، استفاده از روش‌های تغذیه مختلف و از آن طریق افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی است. عنصر روی در فتوسنتز، تقسیم سلولی و طویل شدن سلول، حفظ ساختمان و عملکرد غشای سلولی، افزایش هورمون تحریک‌کننده رشد و باروری گیاهان و تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند (Bady and Jini, 2011). روی یک کوفاکتور ضروری برای تولید آنزیم‌هایی آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسیددیسموتاز (SOD-Zn) و کاتالاز و افزایش طول ریشه می‌باشد و می‌تواند برای مقابله با گونه‌های فعال اکسیژنی که در اثر تنش‌های محیطی در گیاه به وجود می‌آید مؤثر باشد (Armstrong, 2008). هیومیک اسید نیز به واسطه افزایش جذب آب، وجود ترکیبات شبه هورمونی، افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و پراکسیداز ((Peroxidase (POD)، درصد جوانه‌زنی بذر را افزایش می‌دهد و می‌تواند گیاهان را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت کند (Moghadam, 2013). درصد قابل توجهی از خاک‌های کشور ایران جز خاک‌های شور محسوب می‌شوند و شوری خاک‌ها در حال گسترش است

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده

| شن (%) | سیلت (%) | رس (%) | بافت رس خاک | EC ( $\text{dS m}^{-1}$ ) | pH  | کربن آلی (%) | کربنات کلسیم معادل (%) | پتاسیم قابل تبادل ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | فسفر قابل استفاده ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | نیترژن کل (%) |
|--------|----------|--------|-------------|---------------------------|-----|--------------|------------------------|---|---|---------------|
| ۴۰/۶   | ۳۸       | ۲۱/۴   | لوم         | ۲/۲                       | ۷/۶ | ۰/۴          | ۴۳/۸۸                  | ۹۸  | ۱۳/۵                                      | ۰/۰۷          |

(Mohamed et al., 2017). تیمارها شامل ۵ کیلوگرم بر هکتار هیومیک اسید (HA) (Hatami et al., 2018)، ۴۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی (Zn) (Kharama et al., 2011)، ۵ کیلوگرم بر هکتار هیومیک اسید + ۴۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات روی (HA + Zn)، تیمار شاهد (عدم تنش و کاربرد تیمار (C<sub>0</sub>) و تنش شوری و عدم کاربرد تیمار (C<sub>1</sub>) بودند. منبع هیومیک اسید مورد استفاده در این پژوهش از منبع پودر هیومکس (شامل ۸۰

بذر مورد استفاده، رقم ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (KCSC704) بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اهواز تهیه شد. بذرها به منظور ضد عفونی شدن به مدت ۱ دقیقه در محلول اتانول آغشته شده و سپس به مدت ۵ دقیقه در آب مقطر استریل غوطه‌ور شدند. فرآیند ضد عفونی کردن با خواباندن بذر به مدت ۵ دقیقه در محلول ۱٪ هیپوکلریت سدیم ادامه یافت و سپس بذرها سه مرتبه با آب مقطر استریل شستشو شدند

درصد هیومیک اسید و ۲۰ درصد فولویک اسید) و منبع روی از نمک سولفات روی Merck بود. بعد از اعمال تیمارهای موردنظر، کشت در گلدان‌هایی از جنس پلاستیک با قطر دهانه ۳۰ سانتی-متر، ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و دارای زهکشی مناسب که در حدود ۸ کیلوگرم خاک گنجایش داشتند، انجام گرفت. در هر گلدان ابتدا ۱۰ بذر به صورت تصادفی کشت شد و بعد از رسیدن به مرحله ۳-۴ برگ، تراکم در هر گلدان به ۴ بوته کاهش پیدا کرد. در طول دوره رشد، جهت جلوگیری از تنش تغذیه‌ای و با توجه به نتایج آزمون خاک توصیه کودی انجام گردید. همچنین رطوبت گلدان‌ها در طول دوره رشد، روزانه و به صورت وزنی با استفاده از آب مقطر (بدون ایجاد زهاب) در حدود ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نگهداشته شد. در هفته ششم، کلیه گیاهان به صورت تخریبی برداشت و به دو بخش اندام هوایی و ریشه تفکیک شدند و برخی از پارامترهای مورفوفیزیولوژیکی در آنها اندازه‌گیری شد. به این-صورت که طول اندام هوایی گیاهچه‌ها با استفاده از خط‌کش، وزن تر ریشه و اندام هوایی با ترازوی دیجیتالی (۰/۰۰۱ گرم)، وزن خشک اندام هوایی و ریشه به روش خشک‌کردن در آون (Valentovic *et al.*, 2006)، شاخص کلروفیل با استفاده از کلروفیل‌متر (Spad-502) و قطر ساقه توسط کولیس دیجیتالی مدل (NO: Z 22855)، فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) به روش دهیندزا (Dhindsa *et al.*, 1981)، سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز (SOD) به روش گیانوپولیتیس و ریس (Giannopolitis and Ries, 1997) استخراج و اندازه‌گیری مقدار پرولین با استفاده از روش بیتس و همکاران (Bates *et al.*, 1973) انجام شد. این مطالعه به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های تصادفی با عامل شوری به عنوان کرت اصلی و کاربرد هیومیک‌اسید و سولفات روی به عنوان کرت فرعی در سه تکرار انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار (ver. 9.4) SAS و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام پذیرفت.

## نتایج و بحث

### ارتفاع گیاهچه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر شوری و کاربرد تیمارهای هیومیک اسید و سولفات روی بر روی ارتفاع گیاهچه ذرت نشان داد که اثرات اصلی تیمارهای هیومیک اسید، سولفات روی و

شوری بر ارتفاع گیاه و همچنین اثر متقابل شوری و کاربرد هیومیک اسید و سولفات روی بر ارتفاع گیاه ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۲). نتایج نشان داد که ارتفاع گیاه ذرت در اثر تنش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت اما کاربرد توأم هیومیک‌اسید + روی (HA + Zn) و پس از آن به ترتیب هیومیک اسید (HA) و سولفات روی (Zn) نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش شوری) باعث تعدیل اثرات سوء شوری بر این صفت گردید. بیشترین ارتفاع گیاه در شرایط عدم تنش شوری با کاربرد هیومیک‌اسید + روی (HA + Zn)، به‌دست آمد که شامل ۵۶ سانتی‌متر بوده و ۱۸/۳۱ درصد نسبت به شاهد (بدون تنش شوری) افزایش نشان داد (جدول ۳ و شکل ۱). یکی از مکانیسم‌هایی که مواد هیومیکی از آن طریق موجب افزایش رشد طولی گیاه می‌شوند مربوط به ترکیبات شبه جیبرلین‌ها است (Nardi *et al.*, 2002). تعداد زیادی از گزارش‌ها در مورد تأثیر مواد هیومیکی بر افزایش رشد ساقه در ارقام مختلف گونه‌های گیاهی تحت شرایط گوناگون ارائه شده است که اثر تسریع‌کنندگی مواد هیومیکی روی رشد ساقه در این مطالعات در درجه اول به دلیل تأثیر این مواد روی فعالیت H<sup>+</sup>-ATPase ریشه و توزیع نیترات ریشه در ساقه نسبت داده شده است که به‌نوبه خود منجر به تغییرات در توزیع مشخص سایتوکینین‌ها، پلی‌آمینها و ATP شده و بنابراین روی رشد ساقه تأثیر می‌گذارد (Rubio *et al.*, 2009). Narimani *et al.* (2017) با مطالعه بر روی گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica L.*) اثرات مفید هیومیک‌اسید در شرایط تنش شوری را در بهبود ارتفاع گیاه مشاهده کردند. از طرفی عنصر روی نیز با افزایش بیوسنتز اکسین، بر ارتفاع ساقه می‌افزاید (Marschner, 1995) که با نتایج Bukvic *et al.*, 2003 مطابقت دارد. Ziaian (2006) بیان نمود که کاربرد غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی در خاک باعث افزایش ۱۱/۷ درصدی ارتفاع بوته در شرایط بدون تنش نسبت به تیمار شاهد شده است. همچنین، مواد هومیکی می‌توانند از طریق تشکیل کمپلکس‌های پایدار با عناصر ریزمغذی به‌صورت کلات، زیست‌فراهمی و قابلیت جذب این عناصر را توسط گیاه افزایش دهند (Pérez-Novo *et al.*, 2008) که این امر می‌تواند دلیل تأثیر بیشتر تیمار HA+Zn نسبت به تیمارهای HA و Zn به-صورت انفرادی شود. در واقع هیومیک اسید علاوه بر تأثیری که خود بر رشد گیاهچه دارد، باعث افزایش قابلیت جذب روی شده است و اثر روی را نیز بر روی رشد گیاهچه بیشتر کرده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات تنش شوری، هیومیک اسید و روی بر صفات رویشی و کلروفیل در گیاهچه ذرت

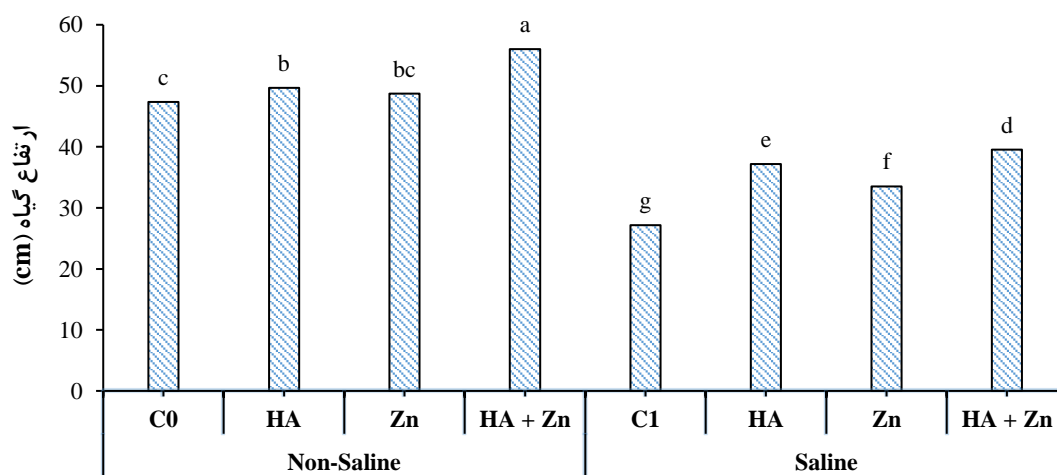
| منبع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات |                     |                    |                     |                           |
|--------------|------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|
|              |            | ارتفاع گیاه    | قطر ساقه            | وزن تر اندام هوایی | وزن تر ریشه         | وزن خشک و خشک اندام هوایی |
| تکرار        | ۲          | ۱۰/۷۶          | ۰/۰۶۳               | ۰/۳۴۷              | ۰/۰۶۲               | ۰/۰۰۵                     |
| تنش          | ۱          | ۱۵۵۲/۵۳**      | ۳۶/۶۷**             | ۶۹۴/۷۷**           | ۵/۱۷*               | ۱/۱۳**                    |
| تکرار × تنش  | ۲          | ۲/۰۶           | ۰/۲۶۴               | ۰/۲۱۸              | ۰/۱۲۱               | ۰/۰۰۳                     |
| تیمار        | ۳          | ۱۱۶/۳۳**       | ۲/۱۷**              | ۲۸/۲۷**            | ۰/۶۰**              | ۰/۱۰۹**                   |
| تنش × تیمار  | ۳          | ۱۵/۳۵**        | ۰/۰۶۷ <sup>ns</sup> | ۱/۱۴ <sup>ns</sup> | ۰/۰۶۲ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰۸**                   |
| خطا          | ۱۲         | ۱/۴۱           | ۰/۰۰۷               | ۰/۵۸               | ۰/۰۴۸               | ۰/۰۰۰۸                    |
| % CV         |            | ۲/۸۰           | ۴/۰۸                | ۴/۰۲               | ۱۱/۳۰               | ۳/۳۴                      |

ns, \*\* و \* به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر هیومیک اسید و روی بر صفات رویشی و کلروفیل گیاهچه ذرت در خاک‌های غیرشور و شور

| شاخص کلروفیل (spad) | وزن خشک ریشه (g pot <sup>-1</sup> ) | وزن خشک اندام هوایی (g pot <sup>-1</sup> ) | وزن تر ریشه (g pot <sup>-1</sup> ) | وزن تر اندام هوایی (g pot <sup>-1</sup> ) | قطر ساقه (mm) | ارتفاع گیاه (cm) | تیمار          |
|---------------------|-------------------------------------|--|------------------------------------|---|---------------|------------------|----------------|
| ۲۹/۷۹ b             | ۰/۹۴ c                              | ۲/۵۹ d                                     | ۱/۹۶ cd                            | ۲۱/۰۱ d                                   | ۷/۱۰ c        | ۴۷/۳۳ c          | C <sub>0</sub> |
| ۳۰/۴۰ ab            | ۱/۱۷ a                              | ۳/۶۹ b                                     | ۲/۴۶ b                             | ۲۵/۵ b                                    | ۸/۰۳ ab       | ۴۹/۶۶ b          | HA             |
| ۳۰/۱۰ ab            | ۱/۰۵ b                              | ۲/۹۹ c                                     | ۲/۳۰ bc                            | ۲۴/۱۰ c                                   | ۷/۶۲ b        | ۴۸/۷۰ bc         | Zn             |
| ۳۱/۳۱ a             | ۱/۱۸ a                              | ۳/۹۴ a                                     | ۲/۸۹ a                             | ۲۷/۱۱ a                                   | ۸/۲۹ a        | ۵۶ a             | HA + Zn        |
| ۲۱ d                | ۰/۴۱ f                              | ۱/۵۸ g                                     | ۱/۰۸ e                             | ۱۱/۳۱ g                                   | ۴/۵ f         | ۲۷/۱۴ g          | C <sub>1</sub> |
| ۲۳/۸۶ c             | ۰/۷۲ e                              | ۱/۸۵ f                                     | ۱/۵۹ ef                            | ۱۴/۷ ef                                   | ۵/۴۹ e        | ۳۷/۱۷ e          | HA             |
| ۲۳/۵۱ c             | ۰/۷ e                               | ۱/۵۹ g                                     | ۱/۵۶ e                             | ۱۳/۳۹ f                                   | ۵/۰۳ e        | ۳۳/۵۱ f          | Zn             |
| ۲۴/۳۱ c             | ۰/۷۸ d                              | ۲/۱۶ e                                     | ۱/۶۷ de                            | ۱۵/۲ e                                    | ۶/۱۳ d        | ۳۹/۵۳ d          | HA + Zn        |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی داری ( $p \leq 0.05$ ) ندارند. عدم تنش شوری و کاربرد تیمار (C<sub>0</sub>)، هیومیک اسید (HA)، روی (Zn)، هیومیک اسید + روی (HA+Zn) و تنش شوری و عدم کاربرد تیمار (C<sub>1</sub>).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر شوری خاک، هیومیک اسید و روی بر ارتفاع گیاهچه ذرت (حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی داری ( $P \leq 0.05$ ) ندارند)

#### قطر ساقه

۱ درصد معنی دار ولی اثرات متقابل تنش در تیمارهای هیومیک اسید و روی غیرمعنی دار بود (جدول ۲). قطر ساقه با افزایش تنش شوری به میزان ۳۶/۶۱ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش و عدم کاربرد تیمار) کاهش یافت. به طوری که کمترین مقدار این صفت در تنش شوری برابر با ۸ دسی‌زیمنس بر متر بدون کاربرد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر شوری و کاربرد تیمارهای هیومیک اسید و سولفات روی بر قطر ساقه نشان داد که اثرات تیمارهای هیومیک اسید، روی و شوری بر قطر گیاهچه در سطح

فسفر و پتاسیم در خاک شور باعث افزایش جذب این عناصر توسط ریشه و اندام‌هوایی گیاه ذرت می‌شوند، به این ترتیب باعث افزایش وزن تر ریشه و اندام‌هوایی گیاه ذرت می‌شوند. افزایش وزن تر و خشک بخش‌هوایی و ریشه با کاربرد هیومیک‌اسید در گیاهان مختلفی (Daur and Bakhshwain, 2013; Cimrin *et al.*, 2010) گزارش شده است. زمانی که گیاهان تحت تنش شوری قرار می‌گیرند، عواملی از جمله آسیب‌های اکسیداتیو و تنش‌های اسمزی مانع رشد گیاهان می‌شوند. بنابراین جذب مواد غذایی از جمله عناصر روی، منگنز، آهن و مس توسط ریشه و انتقال آن‌ها به اندام‌هوایی کاهش می‌یابد و به تبع آن فتوسنتز و رشد گیاه محدود می‌شود. با توجه به اینکه عنصر روی نقش مهمی در باز و بسته شدن روزنه‌ها و کنترل فرآیند فتوسنتز دارد، بنابراین کاربرد روی باعث افزایش رشد گیاهچه و فتوسنتز می‌شود (Lu *et al.*, 2013). مطالعات انجام شده توسط Ullah *et al.* (2017) بر روی گیاه گندم نشان داد که کاربرد روی و پتاسیم می‌توانند با افزایش فتوسنتز مقدار وزن تر و خشک ریشه و اندام‌هوایی گیاه تحت تنش شوری را به‌طور معنی‌داری افزایش دهند.

#### شاخص کلروفیل

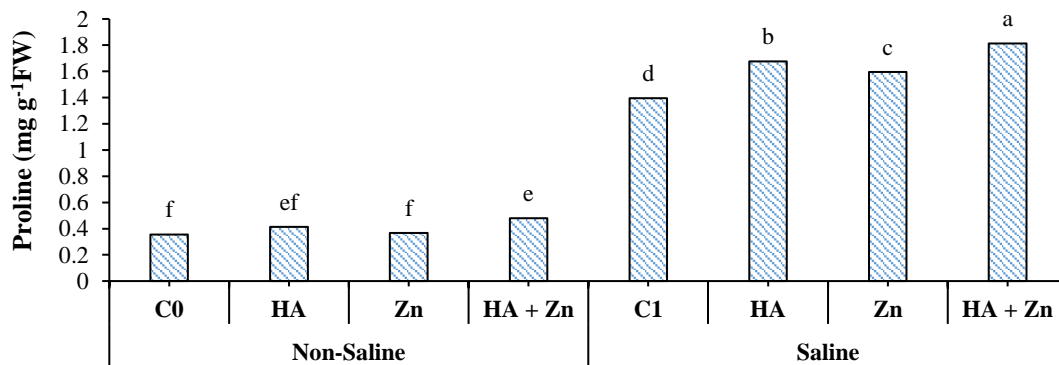
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی شوری، هیومیک‌اسید و سولفات روی بر شاخص کلروفیل در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل شوری و هیومیک‌اسید و روی بر شاخص کلروفیل معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار شاخص کلروفیل شد (جدول ۳). کاربرد توأم هیومیک‌اسید و روی (HA + Zn) سبب افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل گردید به‌طوری‌که کاربرد هیومیک‌اسید و روی باعث افزایش ۴/۸۵ درصدی شاخص کلروفیل نسبت به شاهد (عدم تنش شوری و کاربرد تیمار) شد (جدول ۳). کاهش مقدار کلروفیل در پی تنش شوری می‌تواند به علت افزایش گونه‌های فعال اکسیژنی در کلروپلاست باشد که باعث تخریب غشای کلروپلاست و کلروفیل ناشی از جدا شدن فیتولی از حلقه پورفیرینی باشد (Ashraf and Harris, 2013). افزایش میزان کلروفیل در اثر کاربرد هیومیک‌اسید را می‌توان به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه نسبت داد که باعث افزایش سبزی‌نگی گیاه می‌شود (Sangeetha *et al.*, 2006). مشاهدات Aydin *et al.* (2012) نشان داد که کاربرد هیومیک‌اسید در شرایط تنش شوری، باعث افزایش مقدار کلروفیل گیاه لوبیا می‌شود. به‌طور مشابه با این پژوهش Kaya *et al.* (2017) نیز افزایش مقدار کلروفیل گیاه ذرت در اثر کاربرد هیومیک‌اسید را در شرایط تنش شوری گزارش کردند. اثر مهم

تیمارها مشاهده شد کاربرد توأم HA + Zn توانست به‌طور معنی‌داری اثرات سوء تنش را در این سطح شوری کنترل کند، به‌طوری‌که بیشترین مقدار قطر ساقه مربوط به شرایط عدم تنش شوری و کاربرد HA + Zn و HA به مقدار ۸/۲۹ و ۸/۰۳ بود که به ترتیب افزایش ۱۶/۷۶ و ۱۳/۰۹ درصد را نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش شوری و عدم کاربرد تیمار) نشان داد (جدول ۳). تأثیر مثبت هیومیک‌اسید در افزایش قطر ساقه احتمالاً به این دلیل می‌تواند باشد که هیومیک‌اسید با تأثیر بر رشد و جذب عناصر نیتروژن و مخصوصاً فسفر، رشد گیاه و قطر ساقه را افزایش می‌دهد (Fatma *et al.*, 2015). (Abourayya *et al.*, 2020) در آزمایشی که روی بادام انجام دادند بیان داشتند که کاربرد ۳۰ گرم هیومیک‌اسید باعث افزایش صفات رشدی از قبیل ارتفاع گیاه، قطر ساقه و سطح برگ گردید. از طرفی دیگر نتایج برخی مطالعات نشان داده است که بهبود شرایط تغذیه‌ای و نقش مثبت روی در فتوسنتز و فتوسیستم‌های نوری می‌تواند در افزایش شاخص‌های رشدی از قبیل قطر ساقه مؤثر باشد (Zhang *et al.*, 2010; Tavallali *et al.*, 2020).

#### وزن تر و خشک اندام‌هوایی و ریشه

طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر متقابل تنش شوری و کاربرد هیومیک‌اسید و سولفات روی بر وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود ولی بر وزن تر اندام‌هوایی و ریشه معنی‌دار نشد. همچنین اثر اصلی تنش شوری بر وزن تر اندام‌هوایی و وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود ولی برای وزن تر ریشه در سطح ۵ درصد و اثر اصلی تیمارهای هیومیک‌اسید و روی در سطح معنی‌دار بود (جدول ۲). کاربرد همزمان هیومیک‌اسید و روی (HA + Zn) وزن تر و خشک بخش‌هوایی را به ترتیب ۵۸/۲۷ و ۵۹/۸۹ درصد نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش شوری و عدم کاربرد تیمار) افزایش داد. همچنین این تیمار وزن تر ریشه را به میزان ۶۲/۶۲ درصد و وزن خشک ریشه را به میزان ۶۵/۲۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۳). با توجه به جدول (۳)، شوری موجب کاهش وزن تر و خشک بخش‌هوایی و ریشه شد که دلیل آن را می‌توان به جلوگیری از رشد گیاه تحت تنش شوری به علت کاهش تقسیم سلولی، عدم تعادل یونی، کاهش جذب آب، اختلال در جذب عناصر، تأثیر یون‌های سمی به‌ویژه سدیم، اختلال در جذب، احیا و متابولیسم نیتروژن، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش کارایی فتوسنتز نسبت داد (Parida and Das, 2005). نتایج Liu *et al.* (2019) نشان داد که کاربرد هیومیک‌اسید به همراه ورمی-کمپوست با افزایش غلظت و قابل‌دسترس کردن عناصر نیتروژن،

بدست آمد که نسبت به بیشترین میزان پرولین، ۸۸/۶۶ درصد کمتر بود (شکل ۲). افزایش میزان پرولین در گیاهان تحت تنش شوری در واقع نوعی واکنش از طرف گیاه به کاهش آب در محیط ریشه است. پرولین به تنظیم اسمزی در طول تنش و حفظ ساختمان اولیه ماکرومولکولها و غشاها در طول افزایش دهیدراسیون کمک می‌نماید. پرولین در کنار تنظیم اسمزی وظایف دیگری همچون حفاظت از غشای پلاسمایی و زدودن رادیکال‌های هیدروکسیل و اکسیژن فعال نیز دارد (Sun et al., 2013). هیومیک‌اسید از طریق افزایش جذب آب توسط گیاه باعث تنظیم اسمزی در سلول‌های گیاه شده در نتیجه می‌تواند پیامدهای تنش را به حداقل برساند (Azevedo and Lea, 2011). Khorasaninejad et al. (2018) گزارش کردند هیومیک‌اسید در شرایط تنش خشکی نقش افزایش دهنده در فرآیند تنظیم اسمزی به واسطه افزایش میزان پرولین دارد. همچنین افزایش میزان پرولین با کاربرد روی در شرایط تنش شوری در مطالعه Azarmi et al. (2016) گزارش شد. لذا می‌توان اظهار کرد که هیومیک‌اسید و روی که در تنظیم اسمزی گیاه ذرت (بواسطه افزایش میزان پرولین) نقش مهمی بازی می‌کنند، برای جبران حداقل برخی از اثرات مضر تنش، می‌توانند در مقاومت به تنش شوری این گیاه موثر بوده و ایفای نقش کنند.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر شوری خاک، هیومیک اسید و روی بر مقدار پرولین گیاهچه ذرت (میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ( $P \leq 0.05$ ) ندارند)

جدول ۴- تجزیه واریانس اثرات تنش شوری، هیومیک اسید و روی بر صفات بیوشیمیایی گیاهچه ذرت

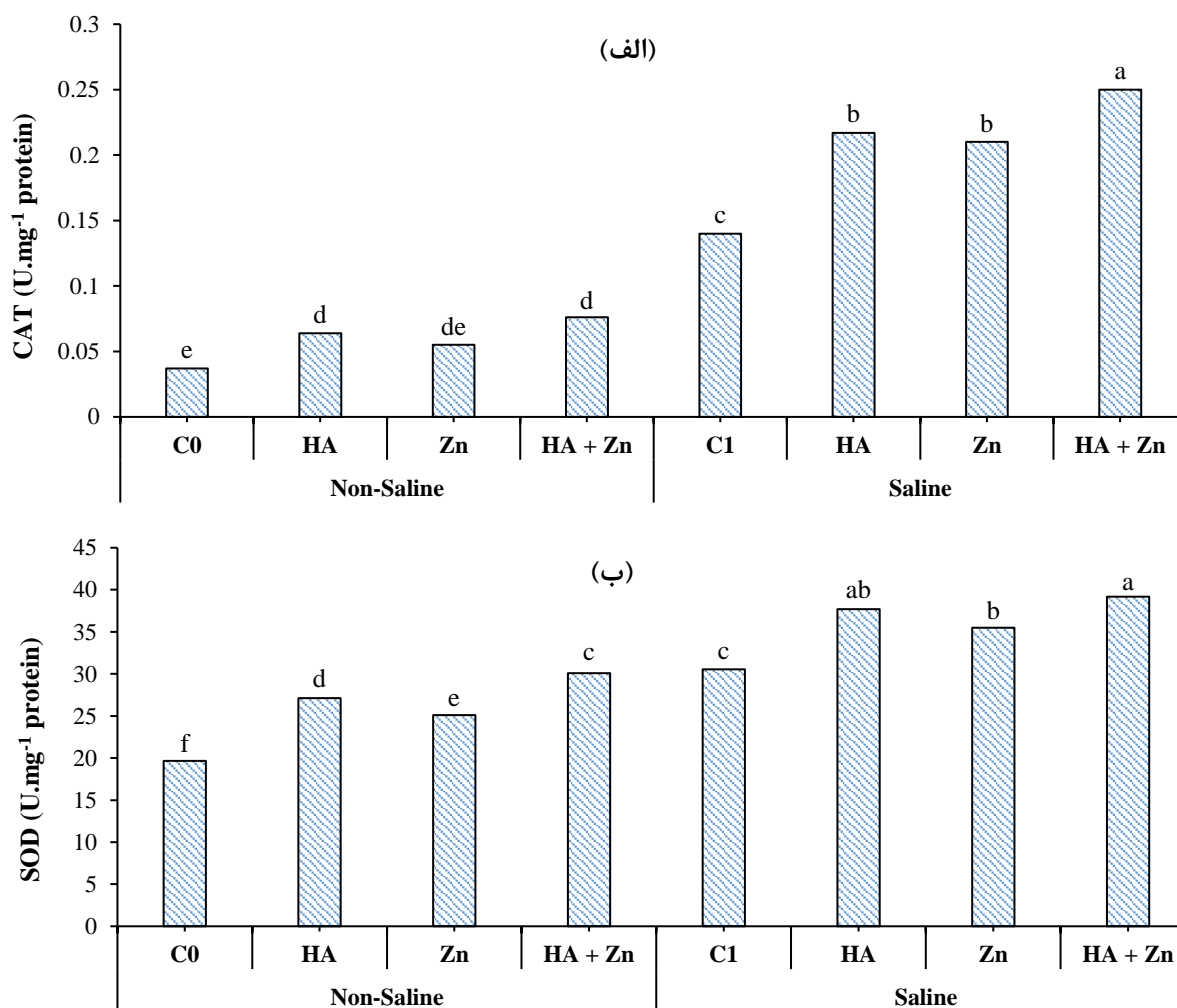
| میانگین مربعات           |                |         | درجه آزادی | منابع تغییرات |
|--------------------------|----------------|---------|------------|---------------|
| فعالیت سوپراکسیددیسموتاز | فعالیت کاتالاز | پرولین  |            |               |
| ۲/۹۱                     | ۰/۰۰۱          | ۰/۰۰۴   | ۲          | تکرار         |
| ۶۱۰/۵۴**                 | ۰/۱۲۷**        | ۸/۸۸**  | ۱          | تنش           |
| ۰/۱۸۴                    | ۰/۰۰۱          | ۰/۰۰۱   | ۲          | تکرار × تنش   |
| ۱۰۱/۰۹**                 | ۰/۰۰۵**        | ۰/۰۶۷** | ۳          | تیمار         |
| ns/۹۳۷                   | ۰/۰۰۱۳**       | ۰/۰۳۲** | ۳          | تنش × تیمار   |
| ۱/۶۸                     | ۰/۰۰۰۱۶        | ۰/۰۰۱۳  | ۱۲         | خطا           |
| ۴/۲۳                     | ۹/۷۱           | ۳/۶۵    |            | CV%           |

ns, \*\* و \* به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

روی در تنظیم روزه‌ها به دلیل حفظ غلظت بالای پتاسیم در سلول‌های نگهبان و حفظ یکپارچگی غشای سلول مربوط می‌باشد (Tavallali et al, 2010). همچنین روی از طریق محافظت از گروه سولفیدریل باعث سنتز کلروفیل می‌گردد. پورفووبیلینوژن پیش- ماده کلروفیل می‌باشد که برای تشکیل این ماده منیزیم و روی مورد نیاز است (Cakmak, 2000). Amiri et al. (2015) گزارش کردند که کاربرد روی سبب افزایش مقدار کلروفیل در بادام می‌شود.

### پرولین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش شوری، هیومیک‌اسید و سولفات روی و برهمکنش آن‌ها بر مقدار پرولین در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین مقادیر پرولین در دو خاک شور و غیر شور تحت تاثیر تیمارهای مختلف نشان داد که افزایش تنش شوری و نیز کاربرد تیمارهای روی و هیومیک اسید و بویژه تیمار همزمان هیومیک اسید و روی باعث افزایش میزان پرولین شده است، بطوریکه بیشترین میزان پرولین (۱/۸۱ میلی‌گرم برگ‌گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار همزمان هیومیک اسید و روی (HA + Zn) در شرایط تنش شوری بدست آمد و کمترین میزان پرولین (۰/۳۵ میلی‌گرم برگ‌گرم وزن تر برگ) در تیمار شاهد بدون تنش شوری



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر شوری خاک، هیومیک اسید و روی بر (الف) فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) و (ب) فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری (P ≤ 0.05) ندارند

#### آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر اصلی شوری، هیومیک-اسید و سولفات روی بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل شوری، هیومیک‌اسید و سولفات روی بر آنزیم کاتالاز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد ولی بر آنزیم سوپراکسید دیسموتاز معنی‌دار نشد (جدول ۴). افزایش تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز شد. همچنین بیشترین میزان فعالیت این آنزیم‌ها تحت شرایط تنش شوری در تیمار HA + Zn و کمترین میزان آن‌ها در تیمار شاهد (عدم تنش شوری) مشاهده شد. کاربرد همزمان هیومیک اسید و روی (تیمار HA + Zn) در شرایط تنش شوری میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز را نسبت به شاهد (عدم تنش) به ترتیب ۸۵/۲ و ۴۹/۸۴ درصد افزایش داد (شکل ۳). زمانی که گیاهان تحت تنش‌های محیطی مختلف از جمله شوری قرار می‌گیرند،

میزانگونه‌های فعال اکسیژنی در گیاهان افزایش پیدا می‌کند. این گونه‌های فعال اکسیژنی بسیاری از عملکردهای گیاهی را مهار کرده و از جهات مختلفی باعث خسارت زیادی به گیاه می‌شوند (Weisang et al., 2012). برای کنترل گونه‌های فعال اکسیژنی، گیاهان به سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی مثل سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گایاکول پراکسیداز مجهز می‌شوند. سوپراکسید دیسموتاز (SOD) به منزله اولین خط دفاعی علیه گونه‌های فعال اکسیژنی (ROS) می‌باشد که سوپراکسید (O<sup>2-</sup>) را به H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> و O<sub>2</sub> کاتالیز می‌کند و کاتالاز، پراکسید هیدروژن (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) را به دو مولکول آب و یک مولکول اکسیژن تبدیل می‌کند و در نتیجه باعث تنظیم سطح H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> در سلول گیاه می‌شوند (Xie et al., 2015). هیومیک‌اسید از طریق گروه‌های عاملی مختلف نظیر فنول‌ها و کربوکسیلیک‌اسید باعث کلات شدن فلزات و ایجاد خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و حذف گونه‌های فعال اکسیژنی می‌شود (Garcia et al., 2013). (Ozfidan-Konakci et al., 2018) افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز،



سوپراکسید دیسموتاز و نیز مقدار پرولین در گیاه ذرت شد اما کاربرد هیومیک اسید و سولفات روی با القای تغییرات فیزیولوژیکی و تأثیرگذاری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و پرولین در گیاه باعث کاهش اثرات منفی تنش‌شوری در گیاهچه ذرت شدند. با توجه به مشاهدات تحقیق حاضر می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که مصرف توأم هیومیک اسید و سولفات روی نسبت به کاربرد انفرادی این ترکیبات می‌تواند در بهبود رشد، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و مقدار پرولین توسط گیاهچه ذرت در شرایط تنش‌شوری سودمند باشد. بنابراین می‌توان مصرف توأم هیومیک اسید و روی را در جهت بهبود رشد گیاهچه ذرت در شرایط تنش‌شوری توصیه کرد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

## REFERENCES

- Abourayya, M. S., Kaseem, N. E., Mohamed Mahmoud, T. S., Rakha, A. M., Ahmed Eisa, R. and Abdelfattah Amin, O. (2020). Impact of soil application with humic acid and foliar spray of milagro bio-stimulant on vegetative growth and mineral nutrient uptake of Nonpareil almond young trees under Nubaria conditions. *Bulletin of the National Research Centre*, 44-38.
- Amiri, A., Baninasab, B., Ghobadi, C. and Khoshgoftarmanesh, A. H. (2015). Zinc soil application enhances photosynthetic capacity and antioxidant enzyme activities in almond seedlings affected by salinity stress. *Photosynthetica*, 54.
- Armstrong, F. A. (2008). Why did nature choose manganese to make oxygen? *Philos. Trans.R.soc. B: Biol.sci.*363, 1263-1270.
- Ashraf, M. and Harris, P. J. C. (2013). Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica*, 51, 163-190.
- Aydin, A., Kant, C. and Tyran, M. (2012). Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vul- garis L.*) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agriculture Reserches*, 7, 1073-1086.
- Azarmi, F., Mozafari, V., Abbaszadeh Dahaji, P. and Hamidpour, M. (2016). Biochemical, physiological and antioxidant enzymatic activity responses of pistachio seedlings treated with plant growth promoting rhizobacteria and Zn to salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38(1), 281-288.
- Azevedo, R. A. and Lea, P. J. (2011). Research on abiotic and biotic stress—what next? *Annals of Applied Biology*, 159(3), 317-319.
- Bates, S., Waldern, R. P. and Teare, E. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soli*, 39, 205-207.
- Bukvic, G. M., Antunovic, S. P. and Rastija, M. (2003). Effect of P and Zn fertilization on biomass yield and its uptake by maize lines (*Zea mays L.*). *Plant Soil Environment*, 49, 505-510.
- Cakmak, I. (2000). Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*, 146, 185-205.
- Cimrin, K. M., Türkmen, O., Turan, M. and Tuncer, B. (2010). Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedlings. *African Journal of Biotechnology*, 9, 5845-5851.
- Daur, I., and Bakhshwain, A. A. (2013). Effect of humic acid on growth and quality of maize fodder production. *Pakistan Journal of Botany*, 45:21-25.
- Dhindsa, R.S., Plumb-Dhinds, D. and Thorpe, T.A. (1981). Leaf Senescence correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*, 32, 93-101.
- Fatma, K. M., Shaaban, M. M. M. and Mahmoud, T. S. M. (2015). Influence of spraying yeast extract and humic acid on fruit maturity stage and storability of "Canino" apricot fruits. *International Journal of ChemTech Research*, 8, 530-543.
- Garcia, A. C., Santos, L. A. and Izquierdo, F. G. (2013). Potentialities of vericompost humic acids to alleviate water stress in rice plant (*oryza satival.*). *J Geochem. Explor*, 136, 48-54.
- Giannopolitis, C. and Ries, S. (1997). Superoxide Desmotase. I. Occurrence in higher plant. *Plant Physiology*, 59, 309-314.
- Hatami, E., Shokouhian, E. E., Ghanbari, A. A. and Naseri, L. A. (2018). Alleviating salt stress in almond rootstocks using of humic acid. *Scientia Horticulturae*, 237, 296-302.
- Hubbard, M., Germida, J. and Vujanovic, V. (2012). Fungal endophytes improve wheat seed

سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات در اثر کاربرد هیومیک اسید در شرایط تنش آلودگی کادمیوم را گزارش کردند. از طرفی با توجه به اینکه روی جزء ساختار اساسی برای عملکرد طبیعی آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (Cu Zn-SOD) محسوب می‌شود، لذا کمبود روی باعث کاهش فعالیت این آنزیم در گونه‌های گیاهی می‌شود. روی با اثر بر جذب و غلظت سایر عناصر به طور غیرمستقیم میزان فعالیت آنزیم‌های دیگر از جمله کاتالاز را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد (Tavallali *et al.*, 2010).

## نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که اعمال تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار طول و قطر ساقه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، مقدار شاخص کلروفیل و افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و

- germination under heat and drought stress. *Botany*, 90, 137-49.
- Kafe, M., Zand, A., Sharifi, H. R., Camkar, B., Abase, F. and Mahdave damgane, M. (2001) *Plant Physiology (1th ed.)*. (In Farsi).
- Kaya, C., AKram, N. A., Ashraf, M. and Sonmez, O. (2017). Exogenous application of humic acid mitigates salinity stress in maize (*Zea mays* L.) plants by improving some key physico-biochemical attributes. *Cereal Research Communications*, 46(1), 67-78.
- Kharam, H., Baloche, H. and Shabane, S. (2011). Effect of Soil Use of Iron and Zinc Sulfate on Yield and Yield Components of Wheat Grains at Different Cultivation Dates. *Journal of Plant Ecophysiology*, Fourth year, first issue. (In Farsi).
- Khorasaninejad, S., Alizadeh Ahmadabadi, A. and Hemmati, K. (2018). The effect of humic acid on leaf morphophysiological and phytochemical properties of *Echinacea purpurea* L. under water deficit stress. *Scientia Horticulturae*, 239, 314-323.
- Liu, M., Wang, C., Wang, F. and Xie, Y. (2019). Maize (*Zea mays*) growth and nutrient uptake following integrated improvement of vermicompost and humic acid fertilizer on coastal saline soil. *Applied Soil Ecology*, 147-154.
- Lu, Y., Li, Y., Zhang, J., Xiao, Y., Yue, Y., Duan, L., Zhang, M. and Li, Z. (2013). Over expression of Arabidopsis molybdenum cofactor sulfuryase gene confers drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). *Plos one*, 8(1), 1-12.
- Marschner, H. (1995) *Mineral Nutrition of Higher Plants* (2th ed.). Academic Press Limited. Harcourt Brace and Company, Publishers, London, pp. 347-364.
- Mass, E. V. and Hoffman, G. J. (1997). Crop salt tolerance current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103(2), 115-134.
- Moghadam, H. R.T. (2013). Humic acid as an ecological pathway to protect corn plants against oxidative stress. *Biological Forum*, 7, 1704-1709.
- Mohamed, S., Sheteiwy, D. Q., Jianyu, A., Song, W., Guan, Y., He, F., Huang, Y., and Hu, J. (2017). Regulation of ZnO nanoparticles-induced physiological and molecular changes by seed priming with humic acid in *Oryza sativa* seedlings. *Plant Growth Regulation*, 83 (1): 27-41.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 1527-1536.
- Narimani, R., Moghaddam, M., Ghasemi Pirbalouti, A. and Nemati, H. (2017). Effect of humic acid and ascorbate on growth and biochemical traits of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) under salinity stress. *Plant Process and Function*, 7(23), 297-313. (In Farsi)
- Ozfidan-konakci, C., Yildiztugay, E., Bahtiyar, M. and Kucukoduk, M. (2018). The humic acids-induced change in the water status,
- Parida, A. K. and Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349.
- Pazira, E. and Homaei, M. (2010) Salt leaching efficiency of subsurface drainage systems at presence of diffusing saline water table boundary: a case study in Khuzestan plains, Iran. In: Proceedings of International of the XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR), Quebec City, Canada, pp: 1-15.
- Pérez-Novo, C., Pateiro-Moure, M., Osorio, F., Nóvoa-Muñoz, J. C., López-Periago, E. and Arias-Estéve, M. (2008). Influence of organic matter removal on competitive and noncompetitive adsorption of copper and zinc in acid soil. *Journal of Colloid and Interface Science*, 322(1), 33-40.
- Pitman, M. G. and Läuchli, A. (2002) Global impact of salinity and agricultural ecosystem. In o. Lauchli, A., Luttge, U (Ed), *Environment-Plants-Molecules*, Dodrecht, TheNetherlands. Kluwer Academic.( p. 3-20).
- Rubio, V., Bustos, R., Irigoyen, M. L., Cardona-Lopez, X., Rojas-Triana, M. and Paz-Ares, J. (2009) Plant hormones and nutrient signaling. *Plant Molecular Biology*, 69(3), 61-73.
- Sangeetha, M., Singaram, P. and Devi, R. D. (2006). Effect of lignite humic acid and fertilizers on the yield of onion and nutrient availability. In: *Proceedings of 18th International Congress of Soil Science*, Pennsylvania, Philadelphia.
- Sarker, A., Hossain, M. D. I., Abul Kashem, M. D. (2014). Salinity (NaCl) tolerance of four vegetable crops during germination and early seedling growth. *Research Science Technolgy*, 3, 91-95.
- Sayyari, M. and Mahmoodi, S. (2002). An investigation of reason of soil salinity and alkalinity on some part of Khorasan province (Dizbad-e Pain Region). In: *Proceedings of 17th International Congress of Soil Science*, Bangkok, Thailand.
- Schroeder, J. I. (2013). Using membrane transporters to improve crops for sustainable food production. *Nature*, 497,60-66.
- Singh, B. and Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Reg*, 39, 137-141.
- Sun, J., Gu, J., Zeng, J., Han, Sh., Song, A., Chen, F., Fang, W., Jiang, J. and Chen, S. (2013). Changes in leaf morphology, antioxidant activity and photosynthesis capacity in two different drought-tolerant cultivars of chrysanthemum during and after water stress. *Scientia Horticulturae*, 161, 249-258.
- Tavallali, V., Rahemi, M. and Eshghi, S. (2010). Zinc alleviates salt stress and increases antioxidant enzyme activity in the leaves of pistachio (*Pistacia vera* L. 'Badami') Seedlings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34(4), 349-359.

- Thiam, M., Champion, A., Diouf, D. and Mame Ourèye, S.Y. (2013). NaCl effects on in vitro germination and growth of some Senegalese cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) *Cultivars. ISRN Biotech*, 11.
- Ullah, A., Hadi, F., Ullah, M., Nauaz, M. A. and Rahman, K. (2017). Potassium and zinc increase tolerance to salt stress in wheat (*Triticum aestivom* L.). *Plant physiology and Biochemistry*, 116, 139-149.
- Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovic, L. and Gasparikova, O. (2006). Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil and Environment*, 52(4), 186-191.
- Weisang, W., Sohrabi, y., Heidari, G., Siasemardeh, A. and Golezani, K. (2012). Changes in antioxidant enzymes activity and plant performance by salinity stress and zinc application in soybean (*Glycine max* L). *plant Omics*, 5(2), 60-67.
- Xie, P. P., Deng, J. W., Zhang, H. M., Ma, Y. H., Cao, D. J., Ma, R. X., Liu, R. J., Liu, C. and Liang, Y. G. (2015). Effects of cadmium on bioaccumulation and biochemical stress response in rice (*Oryza sativa* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 122,392-398.
- Zhang, L., Yan, M., Li, H., Ren, Y., Siddique, K., Chen, Y. and Zhan., S. (2020). Effects of zinc fertilizer on maize yield and water-use efficiency under different soil water conditions. *Field Crops Research*, 248, 1-11.
- Ziaian, A. (2006). The basis of the use of potassium and zinc in corn cultivation . *Journal of Water Science and Soil*, 20, 35-42. (In Farsi).