

## اثر هیومیک اسید بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و زیست‌شیمیایی و غلظت عنصرهای غذایی آلوئه ورا در نش شوری<sup>۱</sup>

### Effect of Humic Acid on Some Morphological and Biochemical Properties and Nutrients Concentration of *Aloe vera* under Salinity Stress

صدیقه صفرزاده شیرازی<sup>\*</sup>، صبا کاویان، حسین غلامی<sup>۲</sup>

#### چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر هیومیک اسید و شوری بر رشد، ترکیب شیمیایی و برخی ویژگی‌های زیست‌شیمیایی گیاه آلوئه ورا انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح به طور کامل تصادفی و در سه تکرار در شرایط گلخانه انجام شد. تیمارها شامل سه سطح شوری (صفر، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار) از منبع کلرید سدیم و سه سطح هیومیک اسید (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. برخی ویژگی‌های گیاه مانند ارتفاع، طول ریشه، وزن خشک برگ و ریشه، مقدار کلروفیل کل، قدرت مهار کنندگی رادیکال‌های آزاد و غلظت برخی عنصرها اندازه‌گیری شد. نتیجه‌ها نشان داد که کاربرد ۱۲۰ میلی‌مولار شوری سبب کاهش معنی‌دار میانگین ارتفاع گیاه (٪۴۷)، طول ریشه (٪۴۷)، وزن خشک برگ و ریشه (٪۲۶)، کلروفیل کل (٪۴۵)، غلظت فسفر و پتاسیم در برگ (۱۵ و ۲۳٪) و سبب افزایش معنی‌دار قدرت مهار کنندگی رادیکال‌های آزاد (٪۲۰) و سدیم برگ (٪۱۱۳) شد. کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید سبب افزایش معنی‌دار (۵، ۱۸، ۲۰، ۱۷ و ۲۹٪) درصدی میانگین ارتفاع، وزن خشک و طول ریشه، قدرت مهار رادیکال‌های آزاد و کلروفیل کل شد. برهمکنش شوری و هیومیک اسید بر کل ویژگی‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود.

**واژه‌های کلیدی:** هیومیک اسید، شوری، قدرت مهار کنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH)، کلروفیل کل، غلظت عنصرها.

#### مقدمه

شوری خاک یکی از اصلی‌ترین تنفس‌های محیطی تأثیرگذار بر رشد گیاه و تولید محصول‌های کشاورزی است (۱). رشد گیاهان در شرایط شور ممکن است به دلیل تنفس اسمزی و بر اثر پایین رفتگ پتانسیل آب در محیط رشد ریشه، با به دلیل اثرهای ویژه بون‌ها در فرآیندهای سوخت و سازی کاهش یابد (۲۳). گزارش شده است که تنفس شوری سبب کاهش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک ساقه و برگ و رنگدانه‌های فتوستتری و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) می‌شود (۴۰). گیاهان برای مقابله با تنفس اکسیدانیو از سیستم دفاعی مؤثری که شامل افزایش فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، گلوتاتیون ردوکتاز، ترکیب‌های فنولی و شمار دیگری از ماده‌های آنتی‌اکسیدان است، استفاده می‌کنند (۵۶). غلظت این زیست مولکول‌ها پس از مواجهه گیاه با تنفس به سرعت افزایش یافته و تنفس را در گیاه تعديل می‌کنند (۲۱). تاکنون راهکارهای مختلفی برای کاهش اثرهای تنفس شوری پیشنهاد شده است. به طور مثال، استفاده از هیومیک اسید می‌تواند سبب کاهش اثرهای تنفس شوری در گیاهان و افزایش تحمل به تنفس و بهبود فعالیت‌های

تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۶

۱- تاریخ دریافت: ۹۸/۷/۱۳

۲- به ترتیب استادیار و دانشجوی دکتری بخش علوم و مهندسی خاک و دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد بخش علوم باغبانی داشتکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران.

\* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: [safarzadeh@shirazu.ac.ir](mailto:safarzadeh@shirazu.ac.ir), [rsafar2010@gmail.com](mailto:rsafar2010@gmail.com)

متابولیکی گیاه شود (۲، ۴۰). هیومیک اسید شامل محلوطی از ترکیب‌های آلی مختلف است که از باقیمانده گیاهان و حیوانات به دست می‌آید و از آن جا که این ماده pH اسیدی (۳/۸ تا ۵) دارد و از هوموس مشتق شده است، به نام هیومیک اسید شناخته می‌شود (۲۹). هیومیک اسید سبب افزایش غلظت کلروفیل برگ، افزایش عملکرد گیاهان (۳۹)، بهبود وضعیت فیزیکی خاک، افزایش کلات‌کندگی عصرهای کم‌صرف، تحریک فعالیت ریزجانداران و توسعه ریشه‌ها می‌شود (۱۵). هیومیک اسید می‌تواند با افزایش حرکت‌های رشد گیاهان بر رشد گیاهان اثر معنی‌داری بگذارد (۱۰). با توجه به اثرهای منفی شوری بر رشد گیاهان، مطالعه‌هایی در زمینه اثر هیومیک اسید بر رشد گیاهان و افزایش تحمل گیاهان در برابر شوری انجام شده است. در پژوهشی، افزایش سطح برگ و تولید کلروفیل بیشتر در برگ‌های گیاه لوبیا را با استفاده از تیمار هیومیک اسید گزارش شده است (۲). نریمانی و همکاران (۱۳۹۷) بیان کردند که کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در سطح‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مolar شوری سبب افزایش ارتفاع، وزن تر و خشک ساقه و برگ در گیاه دارویی بادرشبو شد (۴۰).

گیاه صیر زرد با نام علمی آلوئه‌ورا (*Aloe vera*) گیاهی دارویی است که بومی مناطق گرم و خشک بوده که به تیره سوسن‌سانان (Liliaceae) تعلق دارد (۳۶). در پژوهشی، Moghboli و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که شوری ۵ دسی زیمنس بر متر آب آبیاری سبب کاهش ۴۸ درصدی وزن تر برگ و ژل آلوئه ورا شد (۳۴). همچنین، Aghdam و Nejad (۲۰۱۴) با کاربرد سطح‌های مختلف شوری (صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر) بیان کردند که با افزایش شوری، وزن خشک ژل، تعداد برگ و وزن خشک گیاه آلوئه ورا کاهش یافت (۴۱).

بررسی‌های انجام شده نشان داد که گزارش‌های اندکی در مورد آستانه تحمل شوری آلوئه ورا وجود دارد و تا کنون پژوهشی در مورد کاربرد هیومیک اسید بر رشد گیاه آلوئه‌ورا در شرایط تنفس شوری گزارش نشده است، بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر هیومیک اسید و شوری بر رشد و ترکیب شیمیایی و برخی ویژگی‌های زیست‌شیمیایی گیاه آلوئه‌ورا در خاک آهکی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، مقدار کافی خاک از افق سطحی (صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) خاک سری‌کوی استاید با اسم علمی Loamy-skeletal over fragmental, carbonatic, mesic, Fluventic Xerorthents دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه استان فارس (۱۸۱۰ m, ۵۲۸۳۵۰ E, ۲۹۸۳۵۰ N) تهیه و پس از خشک کردن در هوای عبور از الک دو میلی‌متری، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله بافت خاک (۱۲)، پیاج خاک در گل اشباع (۵۴)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به وسیله هدایت‌سنگ الکتریکی (۴۴)، کربن آلی (۴۲)، فسفر قابل استفاده به وسیله عصاره‌گیری با بی‌کربنات سدیم (۷) و عنصرهای کم‌صرف (آهن، روی، مس و منگنز) به وسیله عصاره‌گیری با دی‌تی بی‌ا (DTPA) (۲۸) و اندازه‌گیری به وسیله دستگاه جذب اتمی، Shimadzu AA-670 تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی.

Table 1. Some physical and chemical properties of the studied soil.

Soil texture	بافت خاک	pH	پیاج	قابلیت هدایت الکتریکی	قابلیت هدایت Electrical conductivity (dS m <sup>-1</sup> )	فسفر قابل استفاده Available P (mg Kg <sup>-1</sup> )	کربن آلی Organic carbon (%)	منگنز Mn	مس Cu	آهن Fe	روی Zn
(mg kg <sup>-1</sup> ) قابل جذب (Available)											
لوم رسی Clay loam		7.8	1.2		25	0.81	3.47	2.21	1.43	1.02	

### تیمارها و طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح به طور کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه سطح شوری (صفر، ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار) از منبع کلرید سدیم (معادل شوری ۱/۲ و ۵/۱ و ۱۰/۳ دسی زیمنس بر متر در خاک) و سه سطح هیومیک اسید (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر) بود. به منظور جلوگیری از کمود احتمالی عنصرهای غذایی، برخی عنصرهای غذایی، پیش از کشت براساس آزمون خاک به گلدان‌های حاوی سه کیلوگرم خاک افزوده شد. سپس پاچوش‌های همسن گیاه آلوئه ورا با ارتفاع حدود ۱۵ سانتی‌متر در گلدان‌ها کشت شد (یک عدد پاچوش در هر گلدان). تیمارهای هیومیک اسید در چهار دوره به فاصله زمانی ۱۵ روز یکبار به صورت مصرف خاکی دو هفته پس از کاشت گیاهان و استقرار آن‌ها در گلدان‌ها، اضافه گردید. تیمارهای شوری پس از دو ماه و نیم از زمان کاشت گیاهان و در سه مرحله به فاصله زمانی دو روز یک بار به گیاه افزوده شد تا از شوک اسمزی جلوگیری شود. در طول فصل رشد گیاه، روزانه رطوبت گلدان‌ها به وسیله آب مقطر در حد ظرفیت مزرعه نگهداری شد و خروج آب اضافی و آب ثقلی، به دلیل نگهداری رطوبت گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی، از ته گلدان‌ها صورت نمی‌گرفت. پس از ۸ ماه از کاشت گیاهان در گلدان‌ها برخی ویژگی‌های گیاه مانند ارتفاع گیاه، طول ریشه، وزن تر و خشک برگ (اندام هوایی) و ریشه اندازه‌گیری شد.

#### اندازه‌گیری عنصرهای غذایی در نمونه‌های گیاهی

پس از برداشت و جadasازی برگ و ریشه گیاه، برای تعیین برخی عنصرهای غذایی در نمونه‌های گیاه، همه نمونه‌ها با آب مقطر شستشو داده شدند. نمونه‌ها تا رسیدن به وزن ثابت در آون در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک شده و سپس توزین و در آسیاب برقی پودر شدند. سپس برای اندازه‌گیری غلظت عنصرها در گیاه از روش خشک سوزانی استفاده شد، بدین صورت که یک گرم از ماده خشک گیاهی پودر شده در کوره الکتریکی به مدت ۴ ساعت در دمای ۵۵ درجه سلسیوس خاکستر شد و سپس در اسید کلریدریک دو نرمال حل شده و پس از عبور از کاغذ صافی با آب مقطر به حجم ۵۰ سی سی رسانده شد (۷). سپس در این عصاره، غلظت فسفر به روش آمونیوم مولبیدات و آنادات (۲۷) و سدیم و پتاسیم به روش شعله‌سنگی اندازه‌گیری شدند (۷).

#### اندازه‌گیری کلروفیل کل برگ

محتوای کلروفیل کل در برگ‌ها با استفاده از روش دی‌متیل‌سولفوکساید<sup>۱</sup> اندازه‌گیری شد (۲۰). سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (Epoch Microplate Spectrophotometer, BioTek Instruments, Inc., USA) جذب عصاره‌ها در طول موج‌های ۶۴۵ نانومتر خوانده شدند. از DMSO به عنوان شاهد دستگاه استفاده شد. محتوای کلروفیل نمونه‌ها به صورت میلی‌گرم در هر گرم وزن تازه برگ، با استفاده از فرمول ارائه شده به وسیله Gross (۱۹۹۱) محاسبه (رابطه ۱) و گزارش شد (۱۷). رابطه (۱):

$$\text{Total Chlorophyll (mg/g.FW)} = \frac{20.2(A_{645}) + 8.02(A_{663}) \times \text{Volume made}}{\text{Wt.of the sample}}$$

که در آن Wt. وزن تر نمونه، A، جذب در طول موج مشخص  $\lambda$  (نانومتر) و volume made، مقداری از عصاره که به حجم رسانده شد می‌باشد.

#### آزمون مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH)

به منظور عصاره‌گیری از نمونه‌ها جهت سنجش برخی ویژگی‌های زیست‌شیمیایی، از متانول ۷۰٪ به نسبت ۵ به ۱ (حجمی- وزنی) استفاده شد. مقدار ۱ گرم نمونه پودرشده برگ خشک توزین شد و به لوله فالکون انتقال یافت. سپس ۵ میلی‌لیتر حلال به آن اضافه و به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه (rpm) تکان داده شد. در مرحله بعد، نمونه به مدت ۱۵ دقیقه در داخل سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت. رونشین صاف شده به عنوان عصاره جهت انجام آزمایش‌های بعدی در دمای ۲۰-درجه سلسیوس نگهداری شد (۵۷). جهت تعیین درصد مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد از آزمون (DPPH) و روش Oke و همکاران (۲۰۰۹) استفاده شد (۴۴). ابتدا یک میلی‌لیتر از محلول متانولی نمونه مورد نظر در یک لوله آزمایش ریخته شد. سپس به آن ۱ میلی‌لیتر محلول ۴٪ درصد متانولی DPPH اضافه

شد. محتويات هر لوله بهطور کامل مخلوط شد و پس از گذشت ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای اتاق و در تاریکی، جذب آنها در طول موج ۵۱۷ نانومتر و به روش اسپکتروفوتومتری با دستگاه اپوج (شرکت BioTek آمریکا) اندازه گیری شد. درصد مهار کنندگی رادیکال های آزاد (I%) با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد:

رابطه (۲):

$$\frac{\text{عدد خوانده شده در نمونه} - \text{عدد خوانده شده در نمونه شاهد}}{\text{عدد خوانده شده در نمونه شاهد}} \times 100 = \text{درصد مهار کنندگی رادیکال های آزاد}$$

که در آن عدد خوانده شده نمونه شاهد در حقیقت جذب شاهد است (نمونه ای که حاوی تمام اجزای واکنشگر بدون نمونه باشد). تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزارهای آماری (2016) Excel و SPSS نسخه شماره ۲۲ و مقایسه میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح آماری ۵٪ انجام شد.

## نتایج و بحث

### ارتفاع گیاه

براساس نتیجه های تجزیه واریانس داده ها، اثر شوری و هیومیک اسید در سطح احتمال ۵٪ بر ارتفاع گیاه آلوئه ورا معنی دار بود، اما بر همکنش این عوامل معنی دار نشد. از این رو، تنها میانگین های اثرهای اصلی در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به داده های جدول ۲، با افزایش سطح شوری میانگین ارتفاع گیاه آلوئه ورا روند کاهشی داشت. میانگین ارتفاع گیاه آلوئه ورا در سطح های ۶۰ و ۱۲۰ میلی مولار شوری نسبت به شاهد به ترتیب کاهش ۳ و ۷ درصدی داشت. یزدی (۱۳۸۳) گزارش نمود که ارتفاع گیاه یکی از ویژگی های ریخت شناسی است که به شدت زیر تأثیر شوری قرار می گیرد. در گیاهان زیر تنش شوری، عدم آماس مناسب یاخته ها و اختصاص بیشتر ماده های ساخته شده جهت مقابله با تنفس، کوتاه شدن دوره رشد گیاه و نیز سازو کارهای فرار از تنفس و کاهش فتوسنتز، همگی می توانند مانع از رشد عادی یاخته ها و در نتیجه کاهش ارتفاع گیاه شوند (۵۸). در پژوهشی، Fuentes و همکاران (۱۹۸۸) نشان دادند که طول برگ و ارتفاع رسمه های مختلف گیاه آلوئه ورا با افزایش شوری کاهش یافت (۱۱). با افزایش سطح های هیومیک اسید میانگین ارتفاع گیاه افزایش معنی داری نسبت به شاهد داشت. به طوری که کاربرد ۳۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید باعث افزایش معنی دار ۵ درصدی ارتفاع آلوئه ورا نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲). اسید هیومیک با تأثیر بر سوت و ساز یاخته های گیاهی و افزایش جذب عنصرهای غذایی، سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می شود. (۳۹).

جدول ۲- اثر سطح های مختلف شوری و هیومیک اسید بر میانگین ارتفاع (سانتی متر)، طول ریشه (سانتی متر) و وزن خشک برگ و ریشه (گرم در گلدن) آلوئه ورا.

Table 2. Effect of different salinity and humic acid levels on the average of height (cm), root length (cm) and shoot and root dry weight ( $\text{g pot}^{-1}$ ) of *Aloe vera*.

تیمار Treatment		ارتفاع Height	وزن خشک برگ Leaf dry weight	طول ریشه Root length	وزن خشک ریشه Root dry weight
Salinity levels (mM)	0	28.13 <sup>a*</sup>	18.31 <sup>a</sup>	25.92 <sup>a</sup>	4.12 <sup>a</sup>
	60	27.09 <sup>ab</sup>	15.86 <sup>ab</sup>	16.07 <sup>b</sup>	2.95 <sup>b</sup>
	120	26.07 <sup>b</sup>	13.59 <sup>c</sup>	13.67 <sup>b</sup>	2.06 <sup>c</sup>
Humic acid levels ( $\text{mg l}^{-1}$ )	0	26.63 <sup>b</sup>	15.02 <sup>a</sup>	16.87 <sup>b</sup>	2.86 <sup>b</sup>
	150	26.66 <sup>b</sup>	16.28 <sup>a</sup>	18.44 <sup>ab</sup>	2.88 <sup>b</sup>
	300	28 <sup>a</sup>	16.46 <sup>a</sup>	20.35 <sup>a</sup>	3.38 <sup>a</sup>

\* Within each measured properties, means of salinity or humic acid levels in each column followed by the same letters are not significantly different ( $p \leq 0.05$ ) based on Duncan Multiple Range Test.

در هر ویژگی اندازه گیری شده، میانگین های سطح های شوری یا هیومیک اسید که در هر سوتون دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه ای دانکن از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

### وزن خشک اندام هوایی

نتیجه های تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر شوری در سطح احتمال ۱٪ بر وزن خشک برگ گیاه آلوئه ورا معنی دار بود، اما اثر هیومیک اسید و بر همکنش این عوامل معنی دار نشد. بنابراین، تنها میانگین های اثرهای اصلی در جدول ۲ نشان

داده شده است. مقایسه میانگین اثر عامل‌های اصلی (جدول ۲) نشان داد که بیشترین میانگین وزن خشک برگ گیاه آلوئه ورا در تیمار بدون تنفس شوری بود. با کاربرد ۱۲۰ میلی‌مولاًر کلرید سدیم میانگین وزن خشک برگ نسبت به شاهد کاهش معنی‌دار ۲۶ درصدی داشت. بین سطح‌های مختلف تیمار هیومیک اسید و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کاهش رشد در اثر شوری به احتمال به دلیل افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش جذب آب توسط گیاه (۵)، کاهش فعالیت آنزیم‌ها (۲۶)، کاهش رشد ریشه و انتقال عنصرهای غذایی از ریشه به برگ (۴۹) می‌باشد. در یک بررسی، Aghdam و Nejad (۲۰۱۴) با کاربرد سطح‌های مختلف شوری (صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر) بیان کردند که با افزایش شوری، وزن خشک ژل، تعداد برگ و وزن خشک گیاه آلوئه ورا کاهش یافت (۴۱). همانگونه که در جدول ۲ نشان داده شده است، هیومیک اسید اثر معنی‌داری بر وزن خشک برگ نداشته است که شاید بتوان گفت مقدار هیومیک اسید به کار رفته ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) جهت تأثیر بر رشد گیاه آلوئه ورا در پژوهش حاضر کافی نبوده است، لذا پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های بعدی از مقادیر بیشتری از هیومیک اسید استفاده شود.

### وزن خشک ریشه

از آنجایی که مطابق با نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها اثر شوری و هیومیک اسید بر وزن خشک ریشه گیاه آلوئه ورا معنی‌دار بود، اما برهمکنش این عوامل معنی‌دار نشد، تنها میانگین‌های اثرهای اصلی در جدول ۲ نشان داده شده است. مقایسه میانگین اثر عامل‌های اصلی نشان داد که با کاربرد سطح‌های ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولاًر کلرید سدیم، وزن خشک ریشه گیاه آلوئه ورا نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۲). کمترین وزن خشک ریشه در تیمار ۱۲۰ میلی‌مولاًر شوری مشاهده شد که نسبت به سطح صفر شوری، کاهش ۵۰ درصدی داشت. همچنین، Babaie و همکاران (۱۳۸۹) کاهش ارتفاع بوته، شمار شاخه جانبی، وزن خشک برگ و ریشه گیاه آویشن باعی<sup>۱</sup> را در شوری‌های ۳۰ تا ۱۵۰ میلی‌مولاًر گزارش نموده‌اند (۳).

با قرار گرفتن گیاه در محیط شور، کاهش شدت فتوسنترز گیاه منجر به کاهش وزن ریشه می‌شود (۳۷). در یک بررسی دریافتند با افزایش کاربرد کلرید سدیم از ۵۰ تا ۴۰۰ میلی‌مولاًر، وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاه جو کاهش یافت که این کاهش در ریشه قابل ملاحظه بود (۲۵). همچنین، کاهش وزن خشک ریشه گیاه ریحان در نتیجه کاربرد شوری در خاک گزارش شده است (۴). کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید اثر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه آلوئه ورا نسبت به شاهد نداشت، اما کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید سبب افزایش معنی‌دار ۱۸ درصدی میانگین وزن خشک ریشه نسبت به شاهد شد (جدول ۲). قاسمی و همکاران (۱۳۹۱) نیز بیان نمودند که افزایش وزن خشک ریشه در ژوخه‌های کوچک سیب‌زمینی در اثر کاربرد هیومیک اسید به دلیل اثرهای شبیه هورمونی هیومیک اسید است (هیومیک اسید سبب افزایش زیست‌ساخت هورمون‌های سیتوکینین، جیبرلین و اکسین در گیاه می‌شود) که موجب افزایش رشد ریشه و افزایش وزن خشک آن می‌شود (۱۳).

### طول ریشه

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری و هیومیک اسید بر طول ریشه گیاه آلوئه ورا در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بوده است، اما برهمکنش این عوامل معنی‌دار نشده است، بنابراین تنها میانگین‌های اثرهای اصلی در جدول ۲ نشان داده شده است. مقایسه میانگین اثر عامل‌های اصلی نشان داد که میانگین طول ریشه گیاه آلوئه ورا در سطح ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولاًر شوری به ترتیب نسبت به شاهد کاهش معنی‌دار ۳۸ و ۴۷ درصدی داشت (جدول ۲). طول ریشه و ساقه شاخص‌های مهمی جهت ارزیابی واکنش گیاهان به تنفس شوری می‌باشد (۲۲). سفرنژاد و همکاران (۱۳۸۶) نیز بیان کردند که مؤلفه‌های رشد شامل طول ساقه و ریشه، وزن تر و خشک ساقه و ریشه و زیست‌توده کل در گیاه سیاه‌دانه<sup>۲</sup> با افزایش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (۴۷). مقایسه میانگین اثرهای عامل‌های اصلی نشان داد که افزودن سطح‌های هیومیک اسید بر طول ریشه گیاه اثر معنی‌داری داشت به طوری که در سطح‌های ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید، به ترتیب میانگین طول ریشه گیاه آلوئه ورا نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار ۹ و ۲۰ درصدی داشت (جدول ۲). همچنین در پژوهشی در گیاه

دارویی خاکشیر<sup>۳</sup> دریافتند که اگر چه افزایش شوری باعث کاهش شدید طول ریشه می‌گردد، اما مصرف هیومیک اسید در سطح ۵۰ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند اثرهای شوری را کاهش دهد که نتیجه‌های پژوهش حاضر با این یافته‌ها همخوانی دارد که شاید این اثر ناشی از ویژگی ضد تنفسی ماده‌های هیومیکی باشد. کاربرد ماده‌های هیومیکی می‌تواند در شوری کم موجب بهبود رشد گیاه شود (۳۸).

### **فعالیت و قدرت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH) گیاه آلوئه ورا**

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای اصلی شوری و هیومیک اسید در سطح احتمال ۱ و ۵٪ بر مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH برگ معنی‌دار بود، اما برهمکنش آن‌ها معنی‌داری نشد. بنابراین، تنها میانگین‌های اثرهای اصلی در جدول ۳ نشان داده شده است. با افزایش شوری، قدرت مهار رادیکال‌های آزاد DPPH افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشته است. بیشترین قدرت مهارکنندگی در سطح تنفس شوری ۱۲۰ میلی مولار مشاهده شد که افزایش معنی‌دار ۲۰ درصدی نسبت به شاهد داشت (جدول ۳). کاهش محتوای آب برگ و افزایش پتانسیل اسمزی، به همراه افزایش غلظت یون سدیم، پراکسیداسیون چربی‌ها و اختلال در کارکرد و ساختار غشاها یاخته (۱)، سبب افزایش تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن در یاخته‌ها شد و به دنبال آن میزان ظرفیت مهار رادیکال‌های آزاد افزوده می‌شود (۱۹). افزایش قدرت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد در اثر تنفس شوری در گیاهانی مانند بادرشبو (۴۰) و گیاه مریم گلی<sup>۲</sup> (۵۵) گزارش شده است. با افزودن ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید، مقدار فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد (مقدار حذف رادیکال‌های آزاد) نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار ۱۷ درصدی داشت. هر چند که بین سطوح‌ها ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). در پژوهشی با بررسی اثر هیومیک اسید و سلنیوم بر گیاه سیر<sup>۳</sup> نشان داده شد که هیومیک اسید سبب افزایش قدرت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد شد (۱۴).

جدول ۳- اثر سطوح‌های مختلف شوری و هیومیک اسید بر فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH)، میزان کلروفیل کل (میلی‌گرم در هر گرم وزن تازه) و غلظت سدیم، پتانسیم و فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) در برگ گیاه آلوئه‌ورا.

Table 3. Effect of different salinity levels and humic acid on the average of the ability of reactive oxygen species scavenging (DPPH) (%), total chlorophyll content ( $\text{mg g}^{-1}$  FW), and the Na, K, and P concentrations (mg  $\text{kg}^{-1}$ ) in *Aloe vera* leaf.

تیمار Treatment	مهارکنندگی رادیکال‌های (DPPH آزاد scavenging)	کلروفیل کل Total chlorophyll	سدیم Na			فسفر P
			کلروفیل کل	پتانسیم K		
سطح شوری Salinity levels (mM)	0	68 <sup>a</sup>	0.42 <sup>A</sup>	8682 <sup>B</sup>	24371 <sup>A</sup>	1215 <sup>A</sup>
	60	71 <sup>AB</sup>	0.29 <sup>B</sup>	15960 <sup>A</sup>	19804 <sup>B</sup>	1106 <sup>B</sup>
	120	82 <sup>A</sup>	0.23 <sup>C</sup>	18494 <sup>A</sup>	19318 <sup>B</sup>	1029 <sup>B</sup>
سطح هیومیک اسید Humic acid levels (mg l <sup>-1</sup> )	0	68 <sup>b</sup>	0.27 <sup>B</sup>	16333 <sup>A</sup>	21347 <sup>A</sup>	1097 <sup>A</sup>
	150	73 <sup>AB</sup>	0.31 <sup>AB</sup>	13735 <sup>B</sup>	21087 <sup>A</sup>	1147 <sup>A</sup>
	300	80 <sup>A</sup>	0.35 <sup>A</sup>	13068 <sup>B</sup>	21059 <sup>A</sup>	1105 <sup>A</sup>

\* Within each measured properties, means of salinity or humic acid levels in each column followed by the same letters are not significantly different ( $p \leq 0.05$ ) based on Duncan Multiple Range Test.

\* در هر ویژگی اندازه‌گیری شده، میانگین‌های سطوح‌های شوری یا هیومیک اسید که در هر ستون دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

### **مقدار کلروفیل کل در گیاه آلوئه‌ورا**

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای اصلی شوری و هیومیک اسید بر مقدار کلروفیل کل در برگ گیاه آلوئه‌ورا معنی‌دار شد، اما برهمکنش آن‌ها بر کلروفیل کل گیاه از نظر آماری اثر معنی‌داری نداشت. از این‌رو، تنها میانگین‌های

اثرها اصلی در جدول ۳ نشان داده شده است. با افزایش سطح‌های مختلف شوری، کلروفیل کل نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳). کمترین مقدار کلروفیل کل در سطح تنفس شوری ۱۲۰ میلی‌مولاًر مشاهده شد که نسبت به شاهد کاهش ۴۵ درصدی داشت. می‌توان کاهش کلروفیل و به طور کلی فتوسنتز را به کمبود یون پتابسیم در یاخته‌های برگ فتوسنتز کننده (۱۸) و یا فعالیت بیشتر آنزیم کلروفیلاز نسبت داد (۹). گزارش شده است که اثر سطح‌های مختلف شوری بر گیاه آلئه ورا باعث کاهش کلروفیل کل گیاه نسبت به شاهد شد که نتیجه‌های پژوهش حاضر با این نتیجه‌ها همسو می‌باشد (۵۰). کاربرد سطح‌های ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید، سبب افزایش محتوای کلروفیل برگ‌ها شد که تنها در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش معنی‌دار ۲۹ درصدی نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۳). هیومیک اسید به دلیل افزایش نفوذپذیری غشای یاخته، جذب اکسیژن، تنفس، فتوسنتز و طول ریشه بر کلروفیل گیاه اثر مثبت دارد (۴۶) و با افزایش غلظت یا محتوای کلروفیل برگ، سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود (۳۹). شاید دلیل دیگر افزایش غلظت کلروفیل، ویژگی‌های شبه سایتوکینینی ماده‌های هیومیکی باشد که موجب تأخیر در پیری و کاهش تخریب کلروپلاست‌ها می‌شود (۳۹). در بررسی اثر ماده‌های هیومیکی بر محتوای کلروفیل برگ‌های گیاه گوجه‌فرنگی دریافتند که هیومیک اسید سبب افزایش ۶۳ درصدی غلظت کلروفیل برگ شد (۵۲).

#### غلظت سدیم در برگ گیاه آلئه‌ورا

نتیجه‌های تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری و هیومیک اسید بر غلظت سدیم برگ گیاه آلئه ورا به ترتیب در سطح ۱ و ۵٪ معنی‌دار بوده است، اما برهمکنش شوری و هیومیک اسید اثر معنی‌داری نداشت. بنابراین، تنها میانگین‌های اثرهای اصلی در جدول ۳ نشان داده شده است. نتیجه‌های مقایسه میانگین عوامل اصلی نشان داد که با افزایش سطح‌های شوری، غلظت سدیم در برگ گیاه آلئه ورا افزایش یافت به طوری که در غلظت‌های ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولاًر، غلظت سدیم در برگ به ترتیب نسبت به شاهد افزایش ۸۳ و ۱۱۳ درصدی معنی‌داری داشت (جدول ۳). رونقی (۱۳۹۱) گزارش کرد که با کاربرد ۱، ۲ و ۳ گرم کلرید سدیم در مقایسه با سطح بدون تنفس، غلظت سدیم در برگ اسفناج به ترتیب ۱۱۴، ۲۳۵ و ۴۳۰ درصد افزایش یافت (۴۵). غلظت زیاد سدیم در اندام هوایی منجر به بروز دامنه‌ای از مشکل‌های اسمزی و سوت و سازیدر گیاه می‌شود که سمتی احتمالی ناشی از انباست بیش از حد این یون در اندام گیاهی و کاهش تولید ماده خشک گیاه را به دنبال خواهد داشت (۵۳). یکی از ویژگی‌های تحمل به شوری در گیاهان، توانایی در حفظ نسبت ثابتی از پتابسیم و سدیم در درون یاخته می‌باشد. در مقادیر بالای شوری مقدار یون‌های پتابسیم کاهش یافته و با سدیم جایگزین می‌شود که این عمل افزون بر به هم‌زدن تعادل یونی باعث اختلال در سوت و ساز یاخته‌ای نیز می‌شود (۶). سمتی یون‌ها و جذب بیش از حد سدیم در شرایط شور می‌تواند سبب کاهش رشد شود و افزایش غلظت سدیم و کل بر جذب رقابتی بسیاری از عنصرهای ضروری و انتخاب‌پذیری یونی در غشا اثر دارد (۵۱). کاربرد ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید به ترتیب سبب کاهش معنی‌دار ۱۵ و ۱۹ درصدی میانگین غلظت سدیم گیاه آلئه ورا نسبت به شاهد شد، اما تفاوت معنی‌داری بین دو سطح هیومیک اسید مشاهده نشد (جدول ۳). هیومیک اسید به واسطه ویژگی کلات‌کنندگی قوی که دارد یون‌های سدیم را روی خود نگه داشته و مانع جذب آن‌ها به وسیله گیاه می‌شود. این که چگونه ماده‌های هیومیکی بر جذب یون‌ها توسط گیاه اثر دارند به غلظت ماده‌های هیومیکی، پی‌اق محیط کشت و گونه‌های گیاهی بستگی دارد (۳۹).

#### غلظت پتابسیم در برگ گیاه آلئه‌ورا

نتیجه‌های تجزیه واریانس نشان داد که از بین تیمارها تنها اثر شوری بر غلظت پتابسیم در برگ گیاه آلئه ورا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. بنابراین، تنها میانگین‌های اثرهای اصلی در جدول ۳ نشان داده شده است. با کاربرد ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولاًر شوری میانگین غلظت پتابسیم نسبت به شاهد به ترتیب کاهش معنی‌دار ۱۸/۷ و ۲۱ درصدی داشت (جدول ۳). مظلومی و رونقی (۱۳۹۱) مشاهده کردند که با افزایش سطح‌های شوری، غلظت پتابسیم در یک رقم اسفناج کاهش و در رقم دیگر افزایش یافت (۳۲). اثر افزایش غلظت کلرید سدیم در محلول غذایی بر جذب برخی آنیون‌ها و کاتیون‌ها در دو گیاه ذرت و چغندر قند بررسی و مشاهده شده که با افزایش غلظت کلرید سدیم از صفر به ۱۰۰ میلی‌مولاًر، غلظت پتابسیم در چغندر قند

کاهش و در ذرت افزایش یافت (۳۱). می‌توان بیان کرد که یکی از ویژگی‌های تحمل به شوری در گیاهان، توانایی در حفظ نسبت ثابتی از K و Na در درون یاخته می‌باشد. بنابراین معمولاً در مقادیر بالای شوری مقدار پتانسیم کاهش یافته و با سدیم جایگزین شده که این عمل افزون بر به همزن تعادل یونی، باعث اختلال در متabolیسم نیز می‌شود (۶). نتیجه‌های پژوهش Bhatt و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که با افزایش سطح شوری از  $3/0$  تا  $10$  دسی زیمنس بر متر، غلظت پتانسیم برگ‌ها و ساقه گیاه عناب به طور معنی‌داری افزایش یافت (۳۰).

### **غلظت فسفر در برگ گیاه آلوئه‌ورا**

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها اثر شوری در سطح  $5\%$  بر غلظت فسفر در برگ گیاه آلوئه ورا معنی‌دار بود و برهمکنش آن‌ها اثر معنی‌داری بر غلظت فسفر نداشت. بنابراین، تنها میانگین‌های اثرهای اصلی در جدول  $3$  نشان داده شده است. نتیجه‌ها نشان داد که کاربرد  $60$  و  $120$  میلی‌مولار کلرید سدیم به ترتیب سبب کاهش معنی‌دار  $8$  و  $15$  درصدی غلظت فسفر در برگ نسبت به شاهد شد (جدول  $3$ ). در پژوهشی بیان نمودند که شوری، جذب و انباست فسفات را در گیاهان کشت شده در خاک‌هایی با قابلیت دسترسی فسفات کم، کاهش می‌دهد. مقدار قابل استفاده فسفات در خاک‌های شور به دلایلی از جمله اثرهای مربوط به یون مشترک که باعث کاهش فعالیت فسفات می‌شود (۱۵) و نیز حلالیت پایین کانی‌های فسفات کلسیم که غلظت فسفر محلول خاک را در سطح پایینی نگه می‌دارند، کم می‌باشد. بنابراین، علت کاهش غلظت فسفات در محصول‌های زراعی را باید در بالا بودن شوری خاک دانست. در بیشتر موارد، شوری غلظت فسفر بافت‌های گیاهی را بین  $20$  تا  $50\%$  کاهش می‌دهد، اما این کاهش دلیلی برای کمبود فسفر در گیاهان نمی‌باشد (۴۸). نتیجه پژوهش حاضر نشان داد که هیومیک اسید (جدول  $3$ ) اثر معنی‌داری بر غلظت فسفر نداشت.

### **نتیجه گیری**

نتیجه‌ها نشان داد که شوری سبب اثرهای منفی بر ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه آلوئه ورا شد به طوری که سبب کاهش ارتفاع، طول ریشه، وزن خشک برگ و ریشه، کلروفیل کل و غلظت فسفر و پتانسیم در برگ و همچنین، افزایش قدرت مهار رادیکال آزاد (DPPH) و غلظت سدیم در برگ شد. البته اثر تیمار شوری  $60$  میلی‌مولار بر بیشتر ویژگی‌های مورد مطالعه نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. در تیمار بالای شوری نیز گیاه شرایط تنفس را تحمل نمود، بنابراین شاید بتوان آلوئه ورا به عنوان گیاهی متحمل تا  $60$  میلی‌مولار ( $5/1$  دسی زیمنس بر متر) در برابر تنفس شوری معرفی کرد. هیومیک اسید بسیاری از اثرهای مضر شوری را کاهش داد، بهویژه باعث کاهش مقدار سدیم در برگ شد. همچنین، این ترکیب سبب افزایش وزن خشک ریشه، ارتفاع، قدرت مهار رادیکال آزاد و کلروفیل کل در گیاه گردید. البته، از آنجایی که برهمکنش هیومیک اسید و شوری در مورد بیشتر ویژگی‌های مطالعه شده معنی‌دار نبود، به نظر می‌رسد مقادیر بالاتری از هیومیک اسید جهت جبران خسارت وارد به گیاه و افزایش عملکرد آن لازم باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های بیشتری در این زمینه با مقادیر بالاتری از هیومیک اسید صورت گیرد.

### **References**

- Allakhverdiev, S. I., A. Sakamoto, Y. Nishiyama, M. Inaba, and N. Murata. 2000. Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. Plant Physiol. 123(3): 1047-1056.
- Astaraei, A. R. and R. Ivani. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root media on nutrition in cowpea plant. Am-Eurasia J. Agr. Environ. Sci. 3: 352-356.
- Babaei, K., M. Amini, A. M. Modarres, and R. Jabbari. 2010. Effect of saline stress on morphological, physiologic and chemical characteristics of Thyme. Agron. J. (Pajouhesh & Sazandegi). 86: 71-79. (In Persian)
- Banejad, H. G., E. Mokari, M. Esnaashariand, A. M. Liaghat. 2013. Assessment of the interaction of magnetic water and salinity on yield and components of basil plant. Iranian. J. Irrig. Drain. 7 (2): 178-183.
- Bernstein, L. and H. Hayward. 1958. Physiology of salt tolerance. Annual. Review. Plant Physiol. 9(1): p. 25-46.
- Blumwald, E. 2000. Sodium transport and salt tolerance in plants. Curr. Opin. Cell. Biol. 12(4): 431-434.

### **منابع**

7. Chapman, H. D., and Pratt, D. F. 1961. Methods of Analysis for Soil, Plant, and Water. University. California. Division Agriculture. Soil Sci. Pp: 60-62.
8. Delatorre-Herrera, J., I. Delfino, C. Salinas, H. Silva, and L. Cardemil. 2010. Irrigation restriction effects on water use efficiency and osmotic adjustment in Aloe Vera plants (*Aloe barbadensis Miller*). Agr. Water Manag. 97(10): 1564-1570.
9. Drazkiewicz, M. 1994. Chlorophyllase: occurrence, functions, mechanism of action, effects of external and internal factors (Review). *Photosynthetica*, 30:321-331.
10. Ertani, A., D. Pizzeghello, A. Baglieri, V. Cadili, F. Tambone, M. Gennari, and S. Nardi. 2013. Humic-like substances from agro-industrial residues affect growth and nitrogen assimilation in maize (*Zea mays L.*) plantlets. *J. Geochem. Explor.* 129:103-111.
11. Fuentes, V., N. Rodriguez, C. Rodriguez, and R. Ramos. 1988. Salinity tolerance including *Aloe arborescens* and other species. *Agrotecnia de Cuba*, 20(1): 1-6.
12. Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle size analysis, hydrometer methods. P 383-411. In: Methods of Soil Analysis. D.L. Sparks et al. (eds.) Part 2. Am. Soc. Agron. Inc: Madison, WI.
13. Ghasemi, E. M., R. Tookaloo, and H. R. Zabihi. 2012. Effect of nitrogen, potassium and humic acid on vegetative growth, nitrogen and potassium uptake of potato minituber in greenhouse condition. *J. Agron. Plant Breed.* 8:39-50. (In Persian)
14. Ghasemi, K. S., Bolandnazar, S. J. Tabatabaei, H. Pirdashti, M. Arzanlou, M. A. Ebrahimzadeh, and H. Fathi. 2015. Antioxidant properties of garlic as affected by selenium and humic acid treatments. *NewZealand J. Crop Hort. Sci.* 43(3): 173-181.
15. Gihuni, M. 2010. Comprehensive study of humic materials and their application in agriculture. Technical Journal 3. (In Persian)
16. Grattan, S. and C. Grieve. 1998. Salinity–mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci. Hort.* 78(1): 127-157.
17. Gross, J. 2012. Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids. Springer Science and Business Media.
18. Guo, F. and Z. Tang. 1999. Reduced  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$  permeability of  $\text{K}^+$  channel in plasma membrane isolated from roots of salt-tolerant mutant of wheat. *Chinese Sci. Bullet.* 44(9): 816-821.
19. Hernández, J. A., M. A. Ferrer, A. Jiménez, A. R. Barceló, and F. Sevilla. 2001. Antioxidant systems and  $\text{O}_2^-/\text{H}_2\text{O}_2$  production in the apoplast of pea leaves. Its relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins. *Plant Physiol.* 127(3): 817-831
20. Hiscox, J. T. and G. A. Israelstam. 1979. Method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canad. J. Bot.* 57(12): 1332-1334.
21. Iqbal, M. and M. Ashraf. 2007. Seed preconditioning modulates growth, ionic relations, and photosynthetic capacity in adult plants of hexaploid wheat under salt stress. *J. Plant Nutr.* 30(3): 381-396.
22. Jamil, M. and E. S. Rha. 2004. The effect of salinity ( $\text{NaCl}$ ) on the germination and seedling of sugar beet (*Beta vulgaris L.*) and cabbage (*Brassica oleracea L.*). *Plant Res.* 7(3):226-232.
23. Kashani, S. 2009. Study of the effect of salinity stress on chlorophyll content in sainfoin and alfalfa. *J. Plant. Biom. Res.* 18: 89-77. (In Persian)
24. Khan, M. A., M. U. Shirazi, M. A. Khan, S. M. Mujtaba, E. Islam, S. Mumtaz, and M. Y. Ashraf. 2009. Role of proline,  $\text{K}/\text{Na}$  ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum L.*). *Pak. J. Bot.* 41(2): 633-638.
25. Khosravinejad, F., R. Heydari, and T. Farboodnia. 2009. Effect of salinity on organic solutes contents in barley. *Pakistan J. Biol. Sci.* 12(2): 158-165.
26. Krishnamurthy, R., M. Anbazhagan, and K. A. Bhagwat. 1987. Effect of  $\text{NaCl}$  on the inorganic ions, growth and yield of rice. *Oryza*, 24:66-69.
27. Kuo, S., B.Huang, and R. Bembeneck. 2005. Effects of long-term phosphorus fertilization and winter cover cropping on soil phosphorus transformations in less weathered soil. *Biol Fert. Soil.* 41(2): 116-123.
28. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421-428.
29. Mackowiak, C., P. Grossl, and B. Bugbee. 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65(6):1744-1750.
30. Bhatt, M., J. Patel, A. D. Bhatti, P. M. and A. N. Pandey. 2008. Effect of soil salinity on growth, water status and nutrient accumulation in seedlings of *Ziziphus mauritiana* (Rhamnaceae). *J. Fruit. Ornam. Plant Res.* 16: 383-401.
31. Marschner, H. 1997. Functions of mineral nutrients, macronutrients. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press.
32. Mazlomi, F., and A. Ronaghi. 2012. Effect of Salinity and P on Growth and Chemical Composition of Two Spinach Cultivars. *J. Sci. Technol. Greenhouse Crop.* 3 (9): 85-95. (In Persian).

33. Mehrabian, S., A. Majid, and A. Khayri. 2011. Comparative study of anti-mutagenic and anticancer effects of leachate extracts and aloe vera gel in Karaj and Dezful provinces. J. Faculty Medicine. Tehran University Med. Sci. 12 (69): 768-774. (In Persian).
34. Moghboli, E., S. Fathollahi, H. Salari, G. Ahmadi, F. saliqehdar, A. Safari and M. S. Hosseini Grouh. 2012. Effects of salinity stress on growth and yield of *Aloe vera* L. J. Med. Plants Res. 6(16): 3272-3277.
35. Morton, J. F. 1961. Folk uses and commercial exploitation of Aloe leaf pulp. Econ. Bot. 15(4), 311-319.
36. Muhammad, Z. and F. Hussain. 2010. Vegetative growth performance of five medicinal plants under NaCl salt stress. Pak. J. Bot. 42(1): 303-316.
37. Munns, R., J. Guo, J. B. Passioura, and G. R. Cramer. 2000. Leaf water status controls day-time but not daily rates of leaf expansion in salt-treated barley. Func. Plant Biol. 27(10), 949-957.
38. Naderi, R. A. Yazdani, A. Bijan Zadeh, and U. Baathi. 2013. Study of the effect of humic acid on germination and early growth characteristics of Descurainia Sophia in salinity conditions, the second National Congress of Organic and Traditional Agriculture, August 30, Ardabil, Iran, (In Persian).
39. Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo, and A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biol. Biochem. 34(11), 1527-1536.
40. Narimani, R., M. Moghaddam, A. Ghasemi Pirbalouti, S. H. Nemati. 2018. Effect of humic acid and ascorbate on growth and biochemical traits of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) under salinity stress. J. Plant Proc. Func. 7: 297-312. (In Persian)
41. Nejad, S. M. H. and A. R. Aghdam. 2014. The study of gel production and morphological parameters of *Aloe vera* plant under salinity. Int. J. Agric. Crop Sci. 7(10): 737-741.
42. Nelson, D. W., and L. E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. 3<sup>rd</sup> Ed. P 961-1010. In: Sparks, D. L., et al., (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical and microbiological properties. Soil Science of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
43. Oke, F., B. Aslim, S. Ozturk, and S. Altundag. 2009. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. Food Chem. 112(4): 874-879.
44. Rhoades, J. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. 3<sup>rd</sup> Ed. p. 417-435. In: Sparks, D. L., et al., (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical and microbiological properties. Soil Science of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
45. Ronaghi, A., E. Adhamy, and N. A. Karimian. 2002. Effect of phosphorus and zinc on growth and chemical composition of corn. Sci. Tech. Agric. Nat. Res. 6: 105 -118. (In Persian).
46. Russo, R. O. and G. P. Berlyn. 1991. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. J. Sus. Agr. 1(2): 19-42.
47. Safarnejad, A. S., A. S. Sadr, and H. Hamidi. 2007. Effect of salinity stress on morphological characteristics of black currant. Quarterly journal of genetic research and conservation of Iranian pasture and forest plants. Indusut. Esfahan. 84: 15 (In Persian).
48. Salardini, A. U. 2003. Soil Fertility, Tehran University Press. (In Persian).
49. Shalhevet, J., M. G. Huck, and B. P. Schroeder. 1995. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. Agron. J. 87(3):512-516.
50. Shams, J. 2015. Effects of Salinity and Drought on Morphological and Chemical traits of *Aloe vera* plant. In Biological Forum. Research Trend.
51. Shiyab, S. 2011. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on macro and micro elements and protein content of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). J. Food. Agr. Environ. 9(2):350-356.
52. Sladký, Z. and V. Tichý. 1959. Application of humus substances to over ground organs of plants. Biol. Plant. 1(1): p. 9-15.
53. Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. Ann. Bot. 91(5): 503-527.
54. Thomas, G. 1996. Soil pH and soil acidity. 3<sup>rd</sup> .Ed. p. 475-490. In: Sparks, D. L., et al., (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical and microbiological properties. Soil Science of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
55. Valifard, M., S. Mohsenzadeh, B. Kholdebarin, and V. Rowshan. 2014. Effects of salt stress on volatile compounds, total phenolic content and antioxidant activities of *Salvia mirzayanii*. South Afr. J. Bot. 93: 92-97.
56. Walker, M. A. and B. D. McKersie. 1993. Role of the ascorbate-glutathione antioxidant system in chilling resistance of tomato. J. Plant Physiol. 141(2): 234-239.
57. Wojdylo, A., J. Oszmiański, and R. Czemerys. 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. Food Chem. 105(3): 940-949.
58. Yazdi, M. 2004. Evaluation of Salinity Tolerance of Safflower Cultivars Using Abrasive. Master's degree in Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).

## **Effect of Humic Acid on Some Morphological and Biochemical Properties and Nutrients Concentration of *Aloe vera* under Salinity Stress**

**S. Safarzadeh Shirazi\***, **S. Kavian and H. Gholami<sup>1</sup>**

The objective of this study was to investigate the effects of humic acid and salinity on the growth and chemical composition, and some biochemical properties of *Aloe vera*. The experiment was conducted as a factorial arranged in a completely randomized design with three replications under greenhouse conditions. Treatments consisted of three salinity levels (0, 60, and 120 mM) and three humic acid levels (0, 150, and 300 mgL<sup>-1</sup>). Some plant properties such as height, root length, leaf and root dry weights, total chlorophyll content, the ability of reactive oxygen species scavenging (DPPH: Diphenylpicrylhydrazyl), and some nutrients concentration were measured. The results showed that application of 120 mM salinity significantly decreased plant height (7%), root length (47%), leaf and root dry weight (26, 50%), total chlorophyll content (45%), leaf P (15%) and K (23%) concentrations, and significantly increased ability of reactive oxygen species scavenging (DPPH) (20%) and Na concentration (113%). Application of 300 mgL<sup>-1</sup> humic acid significantly increased plant height, root length, root dry weight, total chlorophyll content, and DPPH in *Aloe vera*. Interaction of salinity and humic acid did not have any significant effect on the studied properties.

**Keywords:** Humic acid, Salinity, DPPH, Total chlorophyll, Nutrients concentration.

1. Assistant Professor and Ph.D. Student, Department of Soil Science and Former M.Sc. Student, Department of Horticultural Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

\*Corresponding author, Email: (safarzadeh@shirazu.ac.ir and rsafar2010@gmail.com).