

## بررسی اثر اسید هیومیک بر شاخص‌های جوانه‌زنی و برخی صفات رشدی مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad) اکوتیپ اندیمشک تحت تنش شوری

حدیث زارع منش<sup>۱</sup>، حمیدرضا عیسوند<sup>۲\*</sup>، ناصر اکبری<sup>۳</sup>، احمد اسماعیلی<sup>۴</sup>، محمد فیضیان<sup>۵</sup>

۱. دانش آموخته دکترای اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
  ۲. دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
  ۳. استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
  ۴. استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
  ۵. دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵)

### چکیده

به منظور کاهش اثرات شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی مرزه خوزستانی توسط اسید هیومیک، دو آزمایش انجام شد. آزمایش نخست بذرها در غلظت‌های صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک (به ترتیب H1، H2، H3 و H4) پرایم شدند و جوانه‌زنی آنها در شوری صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم (به ترتیب S1، S2، S3، S4 و S5) در پتری بررسی شد. آزمایش دوم شامل کاربرد اسید هیومیک در پنج سطح صفر، ۱۰، ۳۰ و ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک (به ترتیب H1، H2، H3، H4 و H5) و تنش شوری شامل صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم (به ترتیب S1، S2، S3، S4 و S5) بود. نتایج بخش آزمایشگاهی نشان داد که با افزایش شوری، درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت، به گونه‌ای که درصد جوانه‌زنی از ۹۵ درصد در تیمار شاهد، به ۴۵/۸ درصد در تیمار S5 رسید. درحالی‌که کاربرد اسید هیومیک به ویژه ۶۰ میلی گرم بر لیتر، منجر به بهبود درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور شد. بیشترین شاخص بیه بذور در تیمار H4S1 با میانگین ۶۹/۹ مشاهده شد که در تیمار H1S5 به کمترین مقدار (۶/۳) رسید. همچنین بیشترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به ترتیب با میانگین ۲۷/۵ و ۴۲/۹ میلی‌متر در سطح تیماری H4S1 مشاهده شد. در آزمایش گلدانی نیز افزایش شوری منجر به کاهش معنی‌دار صفات رشدی گردید، به گونه‌ای که در شوری S5 قطر ساقه و ریشه با میانگین ۲/۱۵ و ۱/۵۴ میلی‌متر به کمترین میزان خود رسیدند؛ در حالی‌که کاربرد اسید هیومیک منجر به بهبود این صفات رشدی شد. تحت سطوح شوری، بیشترین میزان وزن خشک ریشه و ساقه به ترتیب با میانگین ۰/۲۶۰ و ۰/۹۹۵ گرم در بوته در شوری S1 و کمترین میزان این صفات در تیمار S5 به ترتیب با میانگین ۰/۱۹۷ و ۰/۷۵۹ گرم در بوته مشاهده شد. در مقابل، بیشترین میزان وزن خشک ریشه و ساقه به ترتیب با میانگین ۰/۲۵۷ و ۱/۰۸ گرم در بوته در سطح تیماری H5 مشاهده شد. بیشترین شاخص سبزیگی در S1 و با میانگین ۱۰۶ مشاهده شد که با افزایش شوری به S5 به کمترین مقدار خود (۵۵/۶) کاهش یافت. اسید هیومیک بطور معنی‌داری شاخص سبزیگی را بهبود بخشید و بیشترین مقدار آن در H4 مشاهده شد. نتایج مثبت کاربرد اسید هیومیک در کاهش اثرات مضر شوری، علاوه بر آزمایشگاه (پرایمینگ) در گلدان (خاک کاربرد) نیز به اثبات رسید. بنابراین به طور کلی با توجه به نتایج مثبت این پژوهش مبنی بر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشدی گیاه مرزه خوزستانی، می‌توان کاربرد اسید هیومیک را به‌عنوان راهکار جبهه کاهش اثرات نامطلوب شوری توصیه کرد.

کلمات کلیدی: تنش شوری، خاک، گیاهان دارویی، مرزه خوزستانی، اسید هیومیک

## The effect of humic acid on germination indices and some growth traits of Khuzestani savory (*Satureja khuzistanica* Jamzad) Andimeshk's ecotype under salinity stress

Hadis Zaremanesh<sup>1</sup>, Hamid Reza Eisvand<sup>2\*</sup>, Naser Akbari<sup>3</sup>, Ahmad Ismaili<sup>4</sup>, Mohammad Feizian<sup>5</sup>

1. PhD. Graduated in Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Lorestan University
2. Associate Professor, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Lorestan University
3. Assistant Professor, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Lorestan University
4. Professor, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Lorestan University
5. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University

(Received: Sept. 18, 2020 – Accepted: Feb. 13, 2021)

### Abstract

In order to reduce the effects of salinity on germination and growth characteristics of Khuzestani savory by humic acid, two experiments were performed. The first experiment was done by seed priming with zero concentrations, 20, 40 and 60 mg/l of humic acid (H1, H2, H3 and H4, respectively) and then germination them in zero salinity (distilled water), 50, 25, 75 and 100 mM sodium chloride (S1, S2, S3, S4 and S5, respectively) in petri dishes. Factors in the second experiment at the greenhouse were humic acid (zero, 10, 20, 30 and 40 mg/kg soil i.e. H1, H2, H3, H4 and H5, respectively) and salinity stress of sodium chloride (S1, S2, S3, S4 and S5). The results of the first experiment showed that germination percentage and rate were decreased by increasing in salinity, so, germination of 95% in control reduced to 45.8% in S5 treatment. While, germination rate and percentage were improved by humic acid priming particularly at 60 mg/l. Maximum and minimum vigor indexes (69.9 and 6.3) were observed at H4S1 and H1S5, respectively. Also, the most length of radicle and plumula with average of 27.5 and 42.5 were recorded in H4S1. In the second experiment (greenhouse), salinity also decreased the growth characteristics, so the minimum stem and root diameters (2.15 and 1.54 cm) were obtained by S5 salinity level. While the use of humic acid led to the improvement of these growth traits. Under salinity stress, the highest dry weight of root (0.260 g/plant) and stem (0.995 g/plant) produced by S1 and their minimum ones (0.759 and 0.197 g/plant) were produced in S5 treatment. In contrast, the highest dry weight of roots and stems was observed with an average of 0.257 and 1.08 g/plant in H5 treatment level, respectively. The highest chlorophyll index was observed in S1 with an average of 106, which decreased to its lowest value (55.6) with increasing salinity to S5. Humic acid significantly improved the chlorophyll index and its highest amount was observed in H4. The positive results of using humic acid in reducing the harmful effects of salinity, in addition to laboratory (seed priming) were also proven in pots (soil application). Therefore, in general, according to the positive results of this study on improving the germination and growth indices of Khuzestani savory plant, the use of humic acid can be recommended as a solution to reduce the adverse effects of salinity.

**Key words:** Humic acid, Khuzestani savory, Medicinal plant, Salinity stress, Soil

\* Email: eisvand.hr@lu.ac.ir

## مقدمه

تنش‌های محیطی تهدیدی جدی در مسیر تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شوند و از مهمترین آنها می‌توان به خشکی، شوری، سرما و گرما اشاره کرد (Nakabayashi and Saito, 2015). پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۵۰ درصد از اراضی دنیا تحت تاثیر تنش شوری قرار گیرند. با افزایش جمعیت جهان، نیاز به توسعه محصولات زراعی سازگار به شوری به خوبی احساس می‌شود. تنش شوری موجب سمیت یونی، تنش اسمزی و کمبود عناصر معدنی می‌شود. اثر عمده شوری در بازدارندگی رشد عمدتاً از طریق کم شدن پتانسیل آب در محیط ریشه، تجمع یون‌های عمده عامل شوری و برهم زدن تعادل تغذیه ای گیاه انجام می‌شود که منجر به تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و متابولیسمی می‌شود (Parvin et al., 2012).

مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad)، گیاهی چند ساله، معطر، خودرو و از جمله گیاهان دارویی مهم در طب سنتی ایران است (Jamzad, 1996). مرزه خوزستانی از تیره نعنائیان و از گونه‌های با خصوصیت آنتی‌اکسیدانی چشمگیر است (Kamkar et al., 2013). این گیاه می‌تواند با توجه به کاربردهای وسیع، به صورت زراعی مورد کشت قرار گیرد. با این وجود، مرزه خوزستانی نیز همانند بسیاری از گیاهان زراعی نسبت به محدودیت‌های محیطی نظیر تنش‌های شوری، خشکی و ... واکنش نشان می‌دهد. در این راستا برخی از مطالعاتی که بر روی مرزه خوزستانی انجام شده است حاکی از حساسیت این گونه‌ی دارویی با ارزش نسبت به تنش شوری می‌باشد.

محققان در آزمایشی که به منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی و شاخص‌های آن در گیاه دارویی مرزه اجرا شد، بیان کردند که تنش شوری درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر مرزه *Satureja hortensis* را محدود می‌سازد (Yari et al., 2014). در تحقیقی دیگر

در گیاه مرزه، با افزایش تنش شوری کاهش شدید در پارامترهای رشدی گیاه (سطح برگ، محتوای آب برگ، وزن خشک ریشه، ساقه و برگ) و محتوای رنگیزه (کلروفیل و کاروتنوئیدها) مشاهده شد در حالیکه بر محتوی پرولین و قند محلول نمونه‌ها افزوده شد. این محققان دلیل افزایش این دو پارامتر را به سازوکارهای انطباقی گیاه جهت تحمل تنش شوری نسبت دادند (Najafi et al., 2010). حال با توجه به این محدودیت‌ها، استفاده از تکنیک‌هایی جهت کاهش اثرات نامطلوب شوری، می‌تواند نقش به‌سزایی در بهبود عملکرد کمی و کیفی این گیاه با ارزش داشته باشد. در این راستا، برای کاهش اثرات منفی تنش شوری می‌توان از روش‌هایی از قبیل استفاده از میکروارگانیزم‌های خاک، اسید هیومیک و اسید فولیک، جلبک‌ها و عصاره‌های گیاهی استفاده کرد (Bashan et al., 2014).

بر اساس پژوهشی که در زمینه بررسی نقش اسید هیومیک در کاهش اثرات مضر تنش شوری در گونه مرزه انجام شد، گزارش شد که با اعمال تنش شوری ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه گیاه مرزه کاهش یافت ولی مصرف اسید هیومیک منجر به افزایش معنی‌دار این صفات گردید و نتایج نشان‌دهنده نقش مثبت اسید هیومیک در گیاه مرزه از طریق کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شوری بود (Khosropour et al., 2016).

با توجه اهمیت موضوع تنش شوری و از طرفی اهمیت اقتصادی توسعه کشت گیاهان دارویی در زمینهایی که در حال حاضر بازدهی اقتصادی برای گیاهان زراعی ندارند، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر اسید هیومیک در شرایط تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی مرزه خوزستانی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۹۶-۱۳۹۵ در دو بخش آزمایشگاهی و گلخانه‌ای در دانشگاه لرستان اجرا شد.

آزمایش نخست به صورت آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و با هدف بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی تحت غلظت‌های مختلف تنش شوری و اسید هیومیک اجرا شد. در بخش گلخانه ای نیز اثر کاربرد اسید هیومیک در خاک شور بر برخی صفات رشدی مرزه مورد بررسی قرار گرفت. اختصارات بیماری، H، اسید هیومیک، و S نشان دهنده شوری است.

بذر مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica*) (Jamzad) اکوتیپ اندیمشک (شماره اکسشن ۳۱۳۹۲)، از موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، کود اسید هیومیک از شرکت سروستان پاک ایرانیان (Spi) و نمک کلرید سدیم Merck آلمان از شرکت برنا طب تهیه شد. بذرها ابتدا با محلول هیپوکلریت سدیم دو درصد به مدت سه دقیقه استریل و سپس ۳-۴ بار با آب مقطر استریل شستشو شدند. پس از آن به مدت یک شبانه روز جهت خشک شدن در دمای  $25 \pm 1$  قرار گرفتند. هر تکرار شامل یک عدد پتری استریل با محیط کشت از نوع کاغذ صافی و حاوی ۳۰ عدد بذر بود. عوامل مورد بررسی شامل پرایمینگ بذر با غلظت‌های صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و سپس خشک کردن آن‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، و پنج سطح شوری صفر (آب مقطر)، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بود که جهت اعمال تنش شوری به هر پتری مقدار ۵ میلی‌لیتر از محلول‌های نمک با غلظت‌های تهیه شده اضافه شد. پس از اعمال تیمارها پتری‌دیش‌ها به مدت ۱۴ روز در دستگاه ژرمیناتور با تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در دمای  $25 \pm 1$  درجه سلسیوس قرار داده شدند (Shamsaie et al., 2017). پس از کاشت بذرها، شمارش بذرها، جوانه زده به صورت روزانه انجام شد و آزمون جوانه‌زنی تازمانی ادامه یافت که در سه شمارش متوالی بر تعداد بذرها، جوانه زده افزوده نشد. در این آزمایش بذوری به‌عنوان بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شد که طول

گیاهچه آن‌ها حداقل یک میلی‌متر بود (Bewley, 1997). پس از پایان آزمایش (۱۴ روز پس از کاشت در پتری)، ۱۵ گیاهچه از هر پتری به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه آن‌ها تعیین شد. سپس این ۱۵ گیاهچه به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد آون قرار داده شدند تا میانگین وزن خشک گیاهچه تعیین شود. در نهایت از تقسیم وزن ریشه‌چه به وزن ساقه‌چه، نسبت R/P محاسبه شد. برای محاسبه‌ی شاخص‌های جوانه‌زنی، شامل: سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی از روابط زیر استفاده شد:

جهت برآورد درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی از روش کامبراتو و مک کارتی (Camberato and Mccarty, 1999) استفاده شد

$$\text{رابطه ۱} \quad GP = (Ni/S) \times 100$$

که: GP = درصد جوانه‌زنی، Ni = تعداد بذرها، جوانه‌زده و S تعداد کل بذور کشت شده بود.

$$\text{رابطه ۲} \quad GR = \sum Ni / Ti$$

GR = سرعت جوانه‌زنی، Ni = تعداد بذرها، جوانه‌زده در هر روز و Ti = تعداد روزهای سپری شده از شروع آزمایش.

با در دست داشتن درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه، شاخص بنیه بذر به روش (Abdulbaki and Anderson, 1975) محاسبه شد.

$$\text{رابطه ۳} \quad Vi = \frac{\%Gr \times MSH}{100}$$

در این رابطه: VI شاخص بنیه بذر، %Gr درصد جوانه‌زنی، MSH میانگین طول گیاهچه می باشد.

### بررسی گلخانه‌ای

این بررسی به‌صورت آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در

آن‌ها با کمک ترازوی حساس دیجیتال با دقت یک هزارم (AND مدل GF600) اندازه‌گیری شد. سپس در آون با دمای ۵۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک شد و مجدداً توسط ترازوی دقیق توزین و به‌عنوان شاخص وزن خشک قسمت‌های مختلف گیاه در نظر گرفته شدند.

جهت تعیین نشست الکتروولیت از روش (Shiferaw and Baker, 1996). استفاده گردید. ابتدا میزان مساوی از برگ‌ها در هر تکرار پس از شستشو با آب دو بار تقطیر جهت حذف آلودگی‌های احتمالی، درون لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل منتقل شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه روی شیکر قرار داده شدند و پس از آن هدایت الکتریکی اولیه (EC1) آنها توسط دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC متر مدل AZ 86503) ارزیابی شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو شدند و پس از خنک شدن لوله‌ها هدایت الکتریکی ثانویه (EC2) اندازه‌گیری شد. در نهایت درصد نشست یونی از رابطه زیر بدست آمد.

$$\text{رابطه ۵} \quad \text{EC\%} = (\text{EC1}/\text{EC2}) \times 100$$

برای ارزیابی شاخص سبزیگی برگ از دستگاه کلروفیل متر SPAD مدل (Chlorophyll Meter SPAD 502 Plus) استفاده شد. در مرحله گلدهی کامل، پس از انتخاب پنج برگ سالم از پنج بوته که در بالاترین قسمت بوته و در حداکثر اندازه خود بودند، عدد کلروفیل متر قرائت و میانگین قرائت‌ها برای هر تیمار در نظر گرفته شد.

### تجزیه آماری داده‌ها

نرمال بودن داده‌ها به وسیله نرم افزار Minitab بررسی و سپس تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS9.4، و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل اسید هیومیک در پنج سطح (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) قبل از کاشت، و تنش شوری در پنج سطح (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم)، بود، که بعد از ظهور گیاهچه و استقرار در مرحله ۴-۶ برگی اعمال شدند. تیمارهای مختلف جهت اعمال تنش شوری بر اساس گرم برلیتر محاسبه گردید. به طور متوسط ۲ بار در هفته هر گلدان آبیاری می‌شد. خاک مورد استفاده در این آزمایش از نسبت‌های خاک (۲): ماسه (۱) و کود گوسفندی (۵/۰) تشکیل شده بود که بعد از مخلوط کردن کامل آن‌ها با یکدیگر مورد استفاده قرار گرفت. گلدان‌ها از نوع پلاستیکی چهار کیلوگرمی (از جنس پلی‌تیلن، با قطر ۲۱ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر)، بود. با توجه به ریز بودن بذر مرزه، و حساس بودن مرحله جوانه‌زنی برای جلوگیری از تشکیل سله از ماسه برای پوشش‌دهی بذور کاشته شده استفاده شد.

جهت ظهور یکنواخت گیاهچه، بذور بلافاصله بعد از کاشت، گلدان‌ها آبیاری شده و توسط پلاستیک پوشش داده شدند. قبل از اعمال تیمارها نمونه خاک تهیه و مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۱). پس از پر کردن گلدان‌ها و آماده‌سازی آن‌ها، ابتدا بذور مرزه با محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت سه دقیقه ضدعفونی و سپس تعداد ۲۰ عدد بذر مرزه در هر گلدان کاشته شد. پس از ظهور گیاهچه در مرحله چهاربرگی تنک صورت گرفت، به طوری که در هر گلدان ۱۰ بوته باقی ماند.

در انتهای دوره رشد، تعداد پنج بوته از هر گلدان به صورت تصادفی جهت اندازه‌گیری صفات رویشی انتخاب شدند. جهت اندازه‌گیری قطر ساقه و ریشه از دستگاه کولیس استفاده شد. در مرحله گلدهی کامل ابتدا از هر تیمار پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از جداسازی ریشه و ساقه بلافاصله وزن تر

جدول ۱- تجزیه خاک مورد استفاده در آزمایش گلخانه ای

Table 1- Aanalysis of soil that was used for greenhouse experiment

| بافت خاک<br>Soil texture | pH                       | هدایت الکتریکی<br>EC<br>(ds/m) | کربن آلی<br>Organic Carbon<br>(%) | ماده آلی<br>Organic matter (%) | وزن مخصوص ظاهری<br>Bulk density<br>(g cm-3) | ظرفیت تبادل کاتیونی<br>CEC | جمعیت قارچ<br>Fungi population<br>(cell g-1 of soil) | جمعیت باکتری<br>Bacteria population<br>(cell g-1 of soil) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---|----------------------------|--|---|
| Sandy clay loam          | 7.02                     | 0.38                           | 1.18                              | 1.78                           | 1.28  | 11.30                      | 1000000  | 95000000  |
| مس<br>Cu<br>(mg/kg)      | مولیبدن<br>Mo<br>(mg/kg) | فسفر<br>P<br>(mg/kg)           | سدیم<br>Na<br>(mg/kg)             | پتاسیم<br>K<br>(mg/kg)         | آهن<br>Fe<br>(mg/kg)                        | روی<br>Zn<br>(mg/kg)       | منگنز<br>Mn<br>(mg/kg)                               | درصد نیتروژن<br>N<br>(%)                                  |
| 2.95                     | 0.75                     | 44                             | 466.76                            | 280.21                         | 9.08  | 0.912                      | 3.011  | 0.11  |

یک درصد تأثیر معنی داری بر صفات درصد و سرعت جوانه زنی داشتند (جدول ۲). با افزایش سطوح شوری، درصد و سرعت جوانه زنی کاهش معنی داری را نشان دادند، به گونه ای که درصد جوانه زنی از ۹۵ درصد در تیمار شاهد (آب مقطر) به ۴۵/۸ درصد در S5 (۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم)، کاهش یافت (جدول ۳).

## نتایج و بحث

### صفات بخش آزمایشگاه

#### درصد و سرعت جوانه زنی

از نظر صفات درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی بین فاکتورهای مورد بررسی برهمکنش معنی داری وجود نداشت، اما اثرات اصلی فاکتورهای مورد بررسی در سطح

جدول ۲- تجربه واریانس (میانگین مربعات) برخی خصوصیات جوانه زنی در مرزه خوزستانی (اکوتیپ اندیمشک) در شرایط آزمایشگاهی

Table 2- Analysis of variance (mean squares) of some germination characteristics of *Satureja khuzistanica* (Andimeshk's ecotype) in laboratory conditions

| منابع تغییرات<br>S.O.V.       | درجه<br>آزادی<br>df | درصد جوانه زنی<br>Germination (%) | سرعت جوانه زنی<br>Germination rate | شاخص بیه یادر<br>Seed vigor index | طول ریشه چه<br>Radicle length | طول ساقچه<br>Plumule length | وزن خشک ریشه چه<br>Radicle dry weight | وزن خشک ساقچه<br>Plumule dry weight | وزن خشک گیاهچه<br>Seedling dry weight | نسبت وزنی ریشه چه به ساقچه<br>R/P |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| اسید هیومیک<br>Humic acid (H) | 3                   | 454.9**                           | 45.2**                             | 748**                             | 123.3**                       | 225.6**                     | 0.01**                                | 0.023**                             | 0.076**                               | 0.0086**                          |
| شوری<br>Salinity              | 4                   | 6941.5**                          | 767.6**                            | 7480**                            | 828.1**                       | 1835.2**                    | 0.08**                                | 0.11**                              | 0.39**                                | 0.008**                           |
| اثرات متقابل<br>S×H           | 12                  | 6.34 <sup>ns</sup>                | 0.48 <sup>ns</sup>                 | 25**                              | 1.69**                        | 4.69**                      | 0.00012 <sup>ns</sup>                 | 0.00013 <sup>ns</sup>               | 0.00037 <sup>ns</sup>                 | 0.0026**                          |
| خطا<br>Error                  | 60                  | 8.65                              | 0.8                                | 2.6                               | 0.27                          | 0.22                        | 0.00016                               | 0.00016                             | 0.0006                                | 0.0003                            |
| ضریب تغییرات<br>CV (%)        |                     | 4.24                              | 5.19                               | 4.99                              | 3.19                          | 1.81                        | 7.22                                  | 2.81                                | 4.04                                  | 2.81                              |

ns, \*, and \*\* به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, \*, and \*\* are non-significant and significant at the probability level of 5 and 1 percent, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تنش شوری و اسید هیومیک بر صفات جوانه‌زنی بذر مرزه خوزستانی (اکوتیپ اندیمشک) در شرایط آزمایشگاهی

Table 3- Comparison of the effect of salinity stress and humic acid on germination traits of *Satureja khuzistanica* (Andimeshk's ecotype) seeds under laboratory conditions

|                    | درصد جوانه‌زنی<br>Germination (%) | سرعت جوانه‌زنی<br>Germination rate (seed/day) | وزن خشک گیاهچه<br>Seedling dry weight (mg/seedling) | وزن خشک ساقه‌چه<br>Plumule dry weight (mg/seedling) | وزن خشک ریشه‌چه<br>Radicle dry weight (mg/seedling) |
|--------------------|-----------------------------------|---|---|---|---|
| اسید هیومیک        |                                   |   |   |   |   |
| Humic acid (mg/L)  |                                   |   |   |   |   |
| 0                  | 64 d*                             | 15.5 d  | 0.56 d  | 0.41 d  | 0.14 d  |
| 20                 | 67.3 c                            | 16.6 c  | 0.61 c  | 0.44 c  | 0.16 c  |
| 40                 | 70.6 b                            | 17.7 b  | 0.66 b  | 0.47 b  | 0.19 b  |
| 60                 | 75.1 a                            | 18.9 a  | 0.70 a  | 0.49 a  | 0.20 a  |
| شوری               |                                   |   |   |   |   |
| Salinity (mM NaCl) |                                   |   |   |   |   |
| 0                  | 95 a                              | 26.5 a  | 0.81 a  | 0.55 a  | 0.26 a  |
| 25                 | 86.6 b                            | 21.8 b  | 0.73 b  | 0.51 b  | 0.22 b  |
| 50                 | 63.3 c                            | 15.5 c  | 0.65 c  | 0.47 c  | 0.18 c  |
| 75                 | 55.6 d                            | 12.6 d  | 0.55 d  | 0.42 d  | 0.13 d  |
| 100                | 45.8 e                            | 9.5 e   | 0.42 e  | 0.33 e  | 0.08 e  |

\*در هر بخش (اسید هیومیک و شوری) از جدول، ستون‌های دارای حروف مشترک، از نظر آماری (آزمون دانکن در سطح ۵ درصد)، تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each section (Humic acid and Salinity) of the table, means in a column with common letters are not statistically significant based on the Duncan's multiple range test at the 5 percent level.

شاخص‌های جوانه‌زنی نیز با افزایش شوری کاهش معنی‌داری را نشان داد و در S5 به کمترین میزان خود رسید (جدول ۳). اولین اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر ایجاد اختلال در جذب آب و در واقع ایجاد تنش خشکی می‌باشد. گزارش شده است که اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی صورت خواهد گرفت. افزایش تنش شوری به دلیل افزایش املاح و تنش ثانویه خشکی و سمیت یون‌ها باعث کاهش جوانه‌زنی می‌گردد (Al-Taisan, 2010). عیسوند و شرفی گزارش کردند که هیدروپرایمینگ سبب بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی مرزه خوزستانی تحت تنش خشکی شد (Eisvand and Sharafi, 2017). مکانسیم عمل مواد هیومیکی بر روی تحریک جوانه‌زنی گیاهان مختلف به طور دقیق مشخص نیست، ولی در برخی منابع دلیل این بهبود

اثر متقابل شوری و اسید هیومیک بر شاخص بینه بذر در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان این شاخص در سطح تیماری H4S1 با میانگین ۶۹/۹ مشاهده شد که در سطح تیماری H1S5 به کمترین مقدار خود رسید (جدول ۴). افزایش شاخص بینه گیاهچه را می‌توان به عنوان یک صفت مطلوب و مهم در جوانه‌زنی و استقرار گیاه تلقی کرد که سبب ایجاد سطح سبز یکنواخت در مزرعه خواهد بود. در این آزمایش، بینه بذر به دنبال افزایش شدت تنش شوری، کاهش پیدا کرد. دلیل اصلی خشکی فیزیولوژیک و سپس کاهش بینه بذر، رسوب نمک

### شاخص بینه بذر

۱۵۴

در ریشه در حال رشد است (Gulser *et al.*, 2010). اما در مقابل کاربرد اسید هیومیک منجر به بهبود این شاخص و تخفیف شدت تنش شوری بر آن شد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تنش شوری و اسید هیومیک بر صفات جوانه زنی بذر مرزه خوزستانی (اکوتیپ اندیمشک) در شرایط آزمایشگاهی

Table 4- Comparison of the effect of salinity stress and humic acid on germination traits of *Satureja khuzistanica* (Andimeshk's ecotype) seeds under laboratory conditions

| سطوح اسید هیومیک<br>Humic acid<br>levels (mg/L) | سطوح شوری<br>Salinity levels<br>(mM NaCl) | طول ریشه چه<br>Radicle length<br>(mm) | طول ساقه چه<br>Plumule length<br>(mm) | نسبت وزنی ریشه چه به<br>ساقه چه<br>R/P | شاخص بیه بدر<br>Seed vigor index |
|---|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|----------------------------------|
| 0   | 0   | 22.2 d                                | 34.2 f                                | 0.650 bac                              | 51.20 e                          |
|   | 25  | 18.1 f                                | 29.1 i                                | 0.623 feg                              | 38.52 g                          |
|   | 50  | 13 h                                  | 20.8 l                                | 0.630 c-g                              | 19.21 j                          |
|   | 75  | 9.0 j                                 | 17.1 n                                | 0.530 k                                | 13.05 lk                         |
|   | 100                                       | 5.4 l                                 | 9.9 r                                 | 0.555 j                                | 6.26 o                           |
| 20  | 0   | 25.1 b                                | 38.6 c                                | 0.653 bac                              | 60.10 c                          |
|   | 25  | 20.1 e                                | 32.5 g                                | 0.618 fhg                              | 44.74 f                          |
|   | 50  | 15.1 g                                | 25.3 j                                | 0.598 ih                               | 24.26 i                          |
|   | 75  | 10.5 i                                | 17.9 m                                | 0.585 i                                | 15.16 k                          |
|   | 100                                       | 6.9 k                                 | 11.6 q                                | 0.598 ih                               | 8.20 no                          |
| 40  | 0   | 27.0 a                                | 42.1 b                                | 0.643 bdec                             | 66.20 b                          |
|   | 25  | 23.4 c                                | 34.9 e                                | 0.655 ba                               | 51.54 e                          |
|   | 50  | 18.0 f                                | 28.9 i                                | 0.623 feg                              | 30.47 h                          |
|   | 75  | 13.2 h                                | 21.1 l                                | 0.625 d-g                              | 19.45 j                          |
|   | 100                                       | 8.4 j                                 | 12.9 p                                | 0.668 a                                | 10.13 nm                         |
| 60  | 0   | 27.5 a                                | 42.9 a                                | 0.650 bac                              | 69.90 a                          |
|   | 25  | 24.0 c                                | 37.1 d                                | 0.623 feg                              | 55.97 d                          |
|   | 50  | 19.9 e                                | 31.1 h                                | 0.630 c-g                              | 36.51 g                          |
|   | 75  | 14.9 g                                | 23.7 k                                | 0.530 k                                | 24.15 i                          |
|   | 100                                       | 9.07 j                                | 14.9 o                                | 0.555 j                                | 12.20 lm                         |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد، تفاوت معنی داری ندارند.

In each column, means with common letters are not statistically significant based on the Duncan's multiple range test at the 5 percent level.

### طول ریشه چه و ساقه چه

میزان صفات نامبرده به ترتیب با میانگین ۵/۴ و ۹/۹ میلی متر مشاهده شد (جدول ۴). به طور کلی افزایش شدت تنش شوری باعث کاهش طول ساقه چه و ریشه چه و کاربرد اسید هیومیک منجر به کاهش اثر تنش شوری بر صفات مورد بررسی شد. نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش‌هایی که بر روی طول ساقه چه و ریشه چه پنج رقم گوجه فرنگی و بامیه انجام شد، مطابقت داشت که شوری باعث کاهش طول محور گیاهچه در پنج رقم

برهمکنش معنی داری بین شوری و اسید هیومیک از نظر طول ریشه چه و ساقه چه در سطح یک درصد مشاهده شد (جدول ۲). بیشترین طول ریشه چه و ساقه چه به ترتیب با میانگین ۲۷/۵ و ۴۲/۹ میلی متر در سطح تیماری H4S1 مشاهده شد؛ هر چند که از نظر طول ریشه چه اختلاف معنی داری بین سطح تیماری H4S1 و H3S1 وجود نداشت. در مقابل تحت سطح تیماری H1S5 کمترین

نشان داد که کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم اسید هیومیک بر کیلوگرم خاک در گیاه ذرت، به ترتیب باعث افزایش ۲۰ و ۲۳ درصدی وزن خشک ساقه و ۳۹ و ۳۲ درصدی وزن خشک ریشه و افزایش معنی‌داری در غلظت نیتروژن خاک و نیتروژن ذخیره شده گیاه نسبت به تیمار شاهد شد.

#### نسبت وزنی ریشه‌چه به ساقه‌چه (R/P)

بین فاکتورهای شوری و اسید هیومیک بر همکنش معنی‌داری از نظر نسبت R/P در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. بیشترین میزان این نسبت با میانگین ۰/۶۶۸ در سطح تیماری H3S5 مشاهده شد؛ در مقابل کمترین میزان این صفت در سطح تیماری HIS4 با میانگین ۰/۵۳۰ مشاهده شد (جدول ۴). نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه خصوصیتی انعطاف‌پذیر است که تحت تنش افزایش می‌یابد. با افزایش این نسبت، سطح تعرق‌کننده کاهش یافته ولی ریشه‌های گیاه، آب را از حجم وسیع‌تری از خاک جذب می‌کنند (Lezi et al., 1995). افزایش هورمون اسیدآبسیزیک در پتانسیل‌های پایین آب که می‌تواند به علت شوری در محیط ایجاد شود، اثر متفاوتی بر رشد ریشه و ساقه دارد. به طوری که رشد اندام هوایی را متوقف می‌کند ولی رشد ریشه ادامه می‌یابد. به همین دلیل نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه افزایش می‌یابد (Taize and Zaiger, 2002).

#### صفات بخش گلخانه

##### قطر ساقه و ریشه

قطر ساقه و ریشه تنها تحت تأثیر اثرات اصلی فاکتورهای موردبررسی قرار گرفتند (جدول ۵). مشاهده شد که سطوح شوری منجر به کاهش معنی‌دار صفات مذکور شدند، به گونه‌ای که در شوری S5، قطر ساقه و ریشه با میانگین ۲/۱۵ و ۱/۵۴ میلی‌متر به کمترین میزان خود رسیدند؛ در مقابل اعمال اسید هیومیک منجر به بهبود رشدی صفات موردبررسی شد. تحت سطح تیماری H1، قطر ساقه و ریشه به ترتیب برابر با ۲/۰۹ و ۱/۷۸ میلی‌متر

گوجه‌فرنگی شد و کاربرد توأم اسید هیومیک و پتاسیم باعث افزایش خصوصیات جوانه‌زنی بامیه از جمله طول گیاهچه شد (Paksoy et al., 2010).

#### وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه

صفات مذکور در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات اصلی شوری و اسید هیومیک قرار گرفتند (جدول ۲). تحت شرایط شوری میانگین صفات مذکور به شدت کاهش پیدا کرد، به گونه‌ای که کمترین میزان وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه به ترتیب با میانگین ۰/۰۸، ۰/۳۳ و ۰/۴۲ میلی‌گرم در سطح تیماری S5 (۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم)، مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد این گروه کاهش معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۳). گزارش شده است که شوری با کاهش تقسیم سلولی منجر به کاهش طول ساقه‌چه و به دنبال آن کاهش ارتفاع بوته و وزن خشک می‌گردد (Parihar et al., 2015).

در مقابل اعمال کاربرد اسید هیومیک منجر به افزایش وزن خشک این صفات شد. بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه به ترتیب با میانگین ۰/۲۰ و ۰/۴۹ میلی‌گرم در سطح بالای اسید هیومیک (H4)، مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری را با سایر سطوح تیماری به ویژه شاهد داشتند (جدول ۳). وزن خشک گیاهچه نیز تحت تأثیر اعمال اسید هیومیک قرار گرفت؛ به گونه‌ای که کمترین میزان این صفت در سطح تیماری شاهد یعنی H1 (۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک) و بیشترین میزان آن در سطح تیماری H4 (۶۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک) مشاهده شد (جدول ۳). گزارش شده است که اسید هیومیک می‌تواند به طور مستقیم اثرهای مثبتی بر رشد گیاهچه بگذارد به طوری که رشد قسمت هوایی و ریشه گیاه توسط آن تحریک می‌شود اثر اسید هیومیک بر روی ریشه برجسته‌تر است، حجم ریشه را افزایش داده و باعث اثربخشی بهتر سیستم ریشه می‌گردد. همچنین جذب نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر را توسط گیاه افزایش می‌دهد. شریف و همکاران (Sharif et al., 2002)



موجب بهبود رشد و توسعه قطر ساقه مرزه خوزستانی شده است.

افزایش شوری باعث افزایش تنفس گیاه می شود زیرا مقدار زیادی از  $Na^+$  که از محلول خارجی وارد سلول های ریشه می شود، احتمالاً دوباره از طریق ناقل های غشای پلاسمایی به بیرون بازگردانده می شود (Tester and Davenport, 2003) و این فرآیند احتمالاً انرژی زیادی مصرف می کند و کاهش رشد ریشه گیاه را در پی داشته است. اسید هیومیک با تولید بیشتر اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه، تکثیر سلولی را در کل گیاه و به ویژه در ریشه ها افزایش می دهند (Bronick and Lai, 2005).

بود که در سطح تیماری H5 به ۳/۰ و ۱/۹۸ میلی متر افزایش یافت (جدول ۶).

تحقیقات نشان داده است که قطر ساقه نیز مانند ارتفاع بوته تحت تأثیر بزرگ شدن و تقسیم سلولی در شرایط تنش است. این مساله احتمالاً نتیجه اختلال در تعلق، فتوسنتز، فرآیندهای متابولیکی گیاه و غیره است. مقادیر بسیار کم اسید هیومیک اثر قابل ملاحظه ای بر بهبود ویژگی های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک داشته و به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی بر شاخص های زایشی و رویشی محصولات کشاورزی دارد (Samavat and Malakuti, 2005). بنابراین، می توان گفت اسید هیومیک با افزایش جذب آب و مواد غذایی

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی خصوصیات رشدی مرزه خوزستانی (اکوتیپ اندیمشک) در شرایط گلخانه ای

Table 5- Analysis of variance (mean square) of some growth characteristics in *Satureja khuzistanica* (Andimeshk's ecotype) in greenhouse conditions

| منابع تغییرات<br>S.O.V.       | df | قطر ساقه<br>Stem diameter | قطر ریشه<br>Root diameter | وزن خشک ریشه<br>Root dry weight | وزن خشک ساقه<br>Stem dry weight | نشت الکترولیت<br>Electrolyte leakage | شاخص سبزیگی<br>Chlorophyll index |
|-------------------------------|----|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| تکرار<br>Replicate            | 3  | 0.43                      | 0.040                     | 0.019                           | 0.015                           | 2.88                                 | 25.3                             |
| شوری<br>Salinity              | 4  | 1.04**                    | 0.99**                    | 0.0148*                         | 0.19**                          | 1296.7**                             | 8375**                           |
| اسید هیومیک<br>Humic acid (H) | 4  | 2.73**                    | 0.14**                    | 0.0019*                         | 0.29**                          | 17.67**                              | 565**                            |
| اثرات متقابل<br>S×H           | 16 | 0.006 <sup>ns</sup>       | 0.004 <sup>ns</sup>       | 0.0000007 <sup>ns</sup>         | 0.000000008 <sup>ns</sup>       | 0.97 <sup>ns</sup>                   | 14.5 <sup>ns</sup>               |
| خطا<br>Error                  | 72 | 0.05                      | 0.034                     | 0.0006                          | 0.0026                          | 2.69                                 | 16.1                             |
| ضریب تغییرات<br>CV (%)        |    | 9.20                      | 9.89                      | 10.66                           | 5.75                            | 3.05                                 | 4.7                              |

ns, \*, and \*\* are non-significant and significant at the probability level of 5 and 1 percent, respectively

در سطح تیمار S1 مشاهده شد. هر چند بین سطوح S1 با S2 و S3 با S4 اختلاف معنی داری از این نظر وجود نداشت. کمترین میزان این صفات در سطح تیماری S5 به

### وزن خشک ریشه و ساقه

تحت سطوح شوری، بیشترین میزان وزن خشک ریشه و ساقه به ترتیب با میانگین ۰/۲۶۰ و ۰/۹۹۵ گرم در بوته

ترتیب با میانگین ۰/۱۹۷ و ۰/۷۵۹ گرم در بوته مشاهده شد (جدول ۵). کاربرد اسید هیومیک منجر به افزایش معنی‌دار صفات مذکور شد. به گونه‌ای که بیشترین میزان وزن خشک ریشه و ساقه و سرشاخه به ترتیب با میانگین ۰/۲۵۷ و ۱/۰۸ گرم در بوته در سطح تیماری H5 مشاهده شد (Sabzevari and khazaei, 2016).

(جدول ۶). سبزواری و خزائی نشان دادند که مقدار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک به طور معنی‌داری عملکرد ماده خشک ریشه و ساقه را در گندم افزایش داد که نسبت ریشه به ساقه به مقدار بیشتری افزایش نشان داد (Sabzevari and khazaei, 2016).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و اسید هیومیک بر صفات مرزه خوزستانی (اکوتیپ اندیمشک) در شرایط گلخانه‌ای

Table 6 - Comparison of the interaction of salinity and humic acid on the trait of *Satureja khuzistanica* (Andimeshk's ecotype) under greenhouse conditions

|                            | قطر ریشه<br>Root<br>diameter<br>(mm) | قطر ساقه<br>Stem<br>diameter<br>(mm) | وزن خشک ساقه<br>Stem dry<br>weight<br>(g/plant) | وزن خشک ریشه<br>Root dry<br>weight<br>(g/plant) | شاخص<br>سبزیگی<br>Chlorophyll<br>index | نشت الکترولیت<br>Electrolyte<br>leakage (%) |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---|--|---|
| شوری                       |                                      |                                      |   |   |  |   |
| Salinity<br>(mM NaCl)      |                                      |                                      |   |   |  |   |
| 0                          | 2.10 a                               | 2.74 a                               | 0.260 a   | 0.995 a   | 106 a                                  | 42.84 e                                     |
| 10                         | 2.05 a                               | 2.63 ab                              | 0.262 a   | 0.999 a   | 99.8 b                                 | 50.27 d                                     |
| 20                         | 1.85 b                               | 2.39 c                               | 0.256 a   | 0.929 b   | 86.5 c                                 | 53.53 c                                     |
| 40                         | 1.81 b                               | 2.54 b                               | 0.244 a   | 0.897 b   | 72.7 d                                 | 58.20 b                                     |
| 60                         | 1.54 c                               | 2.15 d                               | 0.197 b   | 0.759 c   | 55.6 e                                 | 64.16 a                                     |
| اسید هیومیک                |                                      |                                      |   |   |  |   |
| Humic acid<br>(mg/kg soil) |                                      |                                      |   |   |  |   |
| 0                          | 1.78 c                               | 2.09 d                               | 0.231 c   | 0.76e   | 77.7 d                                 | 54.69 a                                     |
| 25                         | 1.81 cb                              | 2.19 d                               | 0.238 cb  | 0.84 d  | 80.5 c                                 | 54.48 ab                                    |
| 50                         | 1.84 bc                              | 2.49 c                               | 0.244 abc                                       | 0.92 c  | 84.4 b                                 | 53.99 ab                                    |
| 75                         | 1.93 ab                              | 2.69 b                               | 0.249 ab  | 0.98 b  | 86.8 b                                 | 53.50 b                                     |
| 100                        | 1.98 a                               | 3.00 a                               | 0.257 a   | 1.08 a  | 91.3 a                                 | 52.33 c                                     |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, means with common letters are not statistically significant based on the Duncan's multiple range test at the 5 percent level.

وزن خشک ریشه، ساقه و برگ، در تیمار شاهد و کمترین میزان وزن خشک آنها در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم مشاهده شد. به نظر می‌رسد که اسید هیومیک از طریق تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، افزایش ظرفیت نگهداری آب، بهبود وضعیت تنفس و تشدید فعالیت میکروارگانیسمهای مفید محیط کشت، باعث افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی گیاه شود.

تحقیقات نشان داده است که با افزایش غلظت املاح به دلیل افزایش فشار اسمزی محلول خاک، جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه کاهش می‌یابد و منجر به کاهش سرعت رشد و خصوصیات رویشی گیاه می‌شود و در نهایت وزن خشک گیاه نیز کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج تحقیق وجودی و مهربانی و همکاران (Vojoodi Mehrabani *et al.*, 2017) بر روی مرزه، بیشترین میزان

## درصد نشت الکترولیت

برهمکنش معنی داری از نظر این صفت بین فاکتورهای شوری و اسیدهیومیک مشاهده نشد؛ در مقابل اثرات اصلی فاکتورهای شوری و اسیدهیومیک در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۵). با افزایش سطوح شوری نشت الکترولیت بافت گیاه مرزه افزایش معنی داری یافت. کمترین میزان نشت الکترولیت در سطح تیماری S1 با میانگین ۴۲/۸۴ درصد بود که تحت شدیدترین سطح شوری یعنی S5 به ۶۴/۱۶ درصد افزایش یافت (جدول ۶). در مقابل اعمال کاربرد اسیدهیومیک منجر به کاهش درصد نشت الکترولیت بافت‌های گیاهی مرزه شد. کمترین میزان نشت الکترولیت در بین سطوح تیماری اسیدهیومیک در سطح H5 با میانگین ۵۲/۳۳ درصد مشاهده شد (جدول ۶). نتایج حاصل از اندازه‌گیری نشت الکترولیتی، در این مطالعه نشان داد که افزایش میزان اسید هیومیک باعث کاهش نامحسوس این پارامتر در غشا گیاه مورد نظر می‌شود. این در حالی است که تیمار با غلظت‌های بالای سدیم کلرید باعث افزایش میزان نشت الکترولیتی غشا نسبت به گروه شاهد می‌شود.

غشای سلولی از نخستین اندام‌هایی است که تحت شرایط تنش، آسیب می‌بیند و تراوایی آن افزایش یافته و نشت الکترولیتی از سلول باعث مرگ آن می‌گردد. پایداری غشای سلولی می‌تواند به عنوان معیاری از تحمل به تنش در نظر گرفته شود. به نظر می‌رسد که پایداری غشای سلولی در تنش‌ها با ویژگی‌های سیستم فتوسنتزی، از جمله آنزیم‌های کلیدی و غشاهای تیلاکوئیدی مرتبط می‌باشد (Aydin et al., 2012).

کمتر بودن نشت الکترولیت در کاربرد اسید هیومیک احتمالاً نشان دهنده این است که اسید هیومیک گیاه را در شرایط مناسب‌تری قرار داده است و باعث افزایش قطر دیواره سلولی گیاه شده است. در غلظت‌های زیاد شوری، نفوذپذیری غشاء یاخته‌ای افزایش یافته و در نتیجه پایداری غشاء کاهش می‌یابد و در نهایت منجر به نشت

الکترولیت‌ها می‌گردد (Kaya et al., 2006).

## شاخص سبزینگی

اثرات اصلی فاکتورهای شوری و اسیدهیومیک در سطح یک درصد بر شاخص سبزینگی معنی دار بود (جدول ۵). افزایش شوری منجر به کاهش میزان این شاخص شد؛ به طوری که بیشترین میزان عدد کلروفیل متر در تیمار شاهد (S1)، با میانگین ۱۰۶ مشاهده شد که در سطح تیماری S5 به کمترین مقدار خود یعنی ۵۵/۶ کاهش یافت (جدول ۶). در مقابل کاربرد اسیدهیومیک منجر به افزایش معنی دار شاخص کلروفیل متر شد. بیشترین میزان این شاخص در تیمار H4 با میانگین ۹۱/۳ مشاهده شد که نسبت به سایر سطوح اسیدهیومیک اختلاف معنی داری داشت (جدول ۶). تنش منجر به افزایش غلظت تنظیم کننده‌های رشد مانند اسید آبسزیک و اتیلن می‌شود که تحریک کننده آنزیم کلروفیل‌لاز هستند و به این ترتیب کلروفیل تحت تاثیر این آنزیم تجزیه می‌شود (Orabi et al., 2010). کاربرد اسید هیومیک به صورت خاکی در غلظت ۱۵ و ۳۰ میلی گرم در لیتر و محلول پاشی در غلظت ۴۵ میلی گرم در لیتر برای افزایش رشد، غلظت عنصرهای غذایی، میزان سبزینه و افزایش عملکرد گیاه نخود در خاک‌های آهکی توصیه شده است (Khan et al., 2013).

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این آزمایش به خوبی نشان داد که تنش شوری بر تمامی صفات مورد مطالعه مرزه خوزستانی اکوتیپ اندیمشک نظیر مؤلفه‌های جوانه‌زنی (درصد، سرعت جوانه‌زنی و غیره)، صفات مورفولوژیک (قطر ریشه و قطر ساقه)، وزن خشک ساقه و وزن خشک ریشه، صفات فیزیولوژیک (شاخص کلروفیل و نشت الکترولیت)، اثرات معنی داری داشته و به ویژه در سطوح بالای شوری منجر به تأثیرات نامطلوب بر این صفات شده

است. اما کاربرد اسید هیومیک منجر به بهبود توان گیاه شده و سبب گردید تا گیاه بتواند بخشی از اثرات مضر شوری را کاهش دهد. بنابراین استفاده از اسید هیومیک می‌تواند بعنوان راهکاری برای کاهش اثرات شوری در مراحل جوانه‌زنی و استقرار و رشد اولیه گیاهچه مرزه خوزستانی اکوتیپ اندیمشک پیشنهاد شود.

## Reference

## منابع

- Abdulkaki, A. A., and J. D. Anderson. 1975.** Vigour determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Sci.* 13:630-633.
- Al-Taisan, W. A. 2010.** Comparative effects of drought and salt stresses on germination and seedling growth of *Pennisetum divisum* (Gmel.) Henr. *Am. J. Appl. Sci.* 7 (5):640-646.
- Aydin, A. C., and M. Turan. 2012.** Humic acid application alleviates salinity stress of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *Afr. J. Agric.* 7: 1073-1086.
- Bashan, Y., L. E. Bashan, S. R. Prabhu, and J. P. Hernandez. 2014.** Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and Soil.* 378: 1–33.
- Bewley, J. D. 1997.** Seed germination and dormancy. *Plant Cell.* 9: 1055-1066.
- Bronick, E. J., and R. Lai. 2005.** Soil structure and management. *A Rev. Geoderma,* 124: 3-22.
- Camberato, J., and B. Mccarty. 1999.** Irrigation water quality: part I. Salinity. *South Carolina Turf. Found. News* 6(2): 6-8.
- Gulser, F., F. Sonmez, and S. Boysan. 2010.** Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedling growth under saline condition. *J. Environ. Biol.* 31(5): 873-876.
- Eisvand, H. R., and A. Sharafi. 2017.** Effects of osmopriming at different temperatures on emergence, seedling growth and essential oil of Savory (*Satureja khuzestanica* Jamzad) under drought stress. *Iranian J. Seed Sci. Technol.* 5(2): 23-35.
- Jamzad, Z. 1996.** *Satureja rechingeri* (Labiatae) – a new species from Iran. *Annals of Naturhistorisches Museum Wien,* 98: 75–77.
- Kamkar, A., F. Tooryan, and B.A. Akhondzadeh. 2013.** Chemical composition of summer savory (*Satureja hortensis* L.) essential oil and comparison of antioxidant activity with aqueous and alcoholic extracts. *Iranian J. Vet. Res.* 68 (2): 183-90. (In Persian, with English Abstract)
- Kaya, M.D., G. Okci., M. Atak., Y. Cikili, and O. Kolsarici. 2006.** Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Eur. J. Agron.* 24: 291-295.
- Khan, A., R. Gurmani., A. Urman., F. Muhammad., Z. Khan Hussain., M. Ehsan Akhtar, and S. Khan. 2013.** Effect of humic acid on the growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum Sativum* L.). *J. Chem. Soc. Pakistan.* 35(1): 206-211.
- Khosropour, M., H. Sodaeizadeh, and M. A. Hakimzadeh. 2016.** Investigating the role of humic acid in reducing the effect of salinity stress on satureja species. 4th National Conference on Agriculture and Sustainable Resources. 22 February 2016. Tehran, Iran.
- Lezi, A., M. Fambrini., S. Barotti., C. Pugliesi, and P. Vernieri. 1995.** Seed germination and seedling growth in wilty mutant of sunflower (*Helianthus annuus* L.): Effects of abscisic acid and osmotic potential. *Environ. Exp. Bot.* 35: 427-434.
- Najafi, F., R. A. Khanvari-Nejad, and M. Siah Ali. 2010.** The effect of salt stress on certain physiological parameters in summer savory (*Satureja hortensis*) plant. *J. Stress Physiol. Biochem.* 6: 13-21.
- Nakabayashi, R., and K. Saito. 2015.** Integrated metabolomics for abiotic stress responses in plants. *Curr. Opin. Plant Biol.* 24: 6-10.

- Orabi, S. A., S. R. Salman, and M. A. Shalaby. 2010.** Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. *J. Agric. Sci.* 6(3): 252-259.
- Paksoy, M., O. Turkmen, and A. Dursun. 2010.** Effects of potassium and humic acid on emergence, growth and nutrient contents of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedling under saline soil conditions. *Afr. J. Biotechnol.* 9 (33): 5343-5346.
- Parihar, P., S. Singh., R. Singh., V. P. Singh, and S. M. Prasad. 2015.** Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22(6): 4056-4075.
- Parvin, S., O. R. Lee., G. Sathiyaraj, A. Khoralragchaa, Y. J. Kim, M. J. Miah, and D. C. Yang. 2012.** Modulation of polyamine levels in ginseng hairy root cultures subjected to salt stress. *Russian J. Plant Physiol.* 59(6): 757-765.
- Sabzevari, S. and H. Khazaie. 2016.** The Effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agroecol.* 1(2): 53-63. (In Persian, with English Abstract)
- Samavat, S. and M. Malakuti. 2005.** Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. *Water Soil Res. Tech. Issue*, 463: 1-13. (In Persian, with English Abstract)
- Seid Jamali, Z., A. R. Astaraei, and H. Emami. 2015.** Effects of humic acid, compost and phosphorus on growth characteristics of basil herb and concentration of micro elements in plant and soil. *J. Sci. Technol. Greenhouse Cult.* 6 (22): 187-205.
- Shamsaie, M., H. Sodaie Zadeh, and M. Tajamolian. 2017.** Evaluation of the effects of drought stress of mother plants on some seed germination indices of *Satureja hortensis*. *J. Desert Manage.* 4(8): 27-35. (In Persian, with English Abstract)
- Sharif, M., K. A. Khattak, and M. S. Sarir. 2002.** Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plant. *Plant Analysis*, 33:3567-3580.
- Shiferaw, B., and D.A. Baker. 1996.** An evaluation of drought screening techniques for *Eragrostis*. *Trop. Sci.* 36: 74-85.
- Taize, L. and E. Zaiger. 2002.** *Plant Physiol.* Sinauer Associates, Sunderland, U.K.
- Tester, M. and, R. Davenport. 2003.** Na<sup>2+</sup> tolerant and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Ann. Bot.* 91: 503-527.
- Vojoodi Mehrabani, L., M. B. Hassanpour Aghdam, and R. Valizadeh Kamran. 2017.** Study of growth and some physiological traits of sage (*Satureja hortensis* L.) under salinity stress. *J. Ecophysiol. Crop Plants*, 41:110-99. (In Persian, with English Abstract)
- Yari, M., N. Karimi, H. R. Qasempour, and A. Moradi. 2014.** Investigation of the effect of salinity stress on germination and its characteristics in sage medicinal plant *Satureja hortensis*. The first national conference on medicinal plants, traditional medicine and organic agriculture. Hamedan Shahid Mofteh University. (In Persian, with English Abstract)

