مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر اسید هیومیک بر تغییرات غلظت عناصر غذایی برگ، ریشه و ساقه مرزه خوزستانی در شرایط تنش شوری

حدیث زارع منش[۱]، حمیدرضا عیسوند[۱*]، ناصر اکبری[۱]، احمد اسماعیلی[۱] و محمد فیضیان[۲]

[۱] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

[۲] گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰٤/۱٦، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۷/۱۵)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اسید هیومیک بر میزان جذب و تخصیص عناصر به بخش‌های مختلف گیاه مرزه خوزستانی در شرایط تنش شوری، آزمایشی گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل پنج سطح خاک کاربرد اسید هیومیک (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤٠ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و پنج سطح تنش شوری (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم) بود. با افزایش شدت تنش شوری از میزان وزن خشک اندام هوایی کاسته شد به گونه‌ای که سطح ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، میانگین وزنی این صفت را به میزان ١٦ درصد کاهش داد. در مقابل کاربرد اسید هیومیک به‌ویژه سطح ٦٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم، میانگین وزنی اندام هوایی را نسبت به شاهد ۲۵ درصد افزایش داد. اثرات اصلی شوری و هیومیک اسید و همچنین اثر متقابل آنها بر غلظت عناصر اندازه‌گیری شده بجز نیتروژن ساقه و برگ، در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که در بین اندام‌های مختلف گیاه (ریشه، ساقه و برگ) بیشترین میزان سدیم، پتاسیم، فسفر، روی و نیتروژن در برگ و به ترتیب در سطوح تیماری S_4H_5، S_1H_5، S_1H_4، S_2H_2، S_1H_5 و با مقادیر ٥٠٦٤، ۹۰۰۰، ۱۳، ۱۹/۹ و ۳/۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک مشاهده شد. بیشترین غلظت آهن در بین اندام‌های مختلف متعلق به ریشه و در تیمار S_2H_1 با مقدار ۷۵۹/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بود. به‌طورکلی با افزایش میزان شوری و کاهش میزان هیومیک اسید غلظت املاح نظیر سدیم افزایش و از غلظت عناصر مفید و ضروری برای گیاه کاسته شد. با توجه به نتایج می‌توان بیان داشت که احتمالاً استفاده خاک کاربرد اسید هیومیک در مقادیر بالا (٤٠ و ٦٠ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بتواند به‌واسطه تأثیر بر تغییرات عناصر غذایی اندام‌های گیاهی باعث تعدیل اثرات تنش شوری شود.

کلمات کلیدی: تنش‌های غیرزیستی، عناصر ریزمغذی، کود زیستی، مرزه

مقدمه

شوری خاک از عوامل محدودکننده پایداری تولید کشاورزی در کشور است به‌طوری‌که بخش‌های زیادی از مناطق خشک و نیمه‌خشک، به‌ویژه دشت‌های ساحلی جنوب، فلات مرکزی و دشت خوزستان به سطوح مختلف شوری مبتلا هستند و این امر تولید کشاورزی و درنتیجه امنیت غذایی و محیط زیست کشور را به چالش کشیده است. در مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی که در ایران انجام شده است، ٦/٨ میلیون

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: eisvand.hr@lu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]

هکتار از زمین‌های کشاورزی کشور دارای خاک‌های مبتلا به درجات مختلف شوری تشخیص داده شده‌اند (جمشیدی و همکاران، ١٣٩٤). با توجه به تغییرات جهانی آب‌وهوا، یکی از خطرات مورد انتظار، افزایش شوری در مناطق زیر کشت جهان است. بیش از ۲۰ درصد از مناطق زیر کشت دنیا تحت تأثیر شوری قرار دارند و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۵۰ درصد از اراضی دنیا تحت تأثیر تنش شوری قرار گیرند (Nimir Eltyp *et al*., 2015). لذا نیاز به توسعه محصولات زراعی سازگار با شوری و همچنین استفاده از روش‌های مختلف مدیریت زراعی در جهت کاهش اثرات شوری امری ضروری است.

اثرات مخرب شوری بر رشد گیاه شامل عدم تعادل تغذیه‌ای و اثر یون خاص (تنش شوری)، پتانسیل اسمزی پایین در محلول خاک یا ترکیبی از این عوامل است. نمک‌های محلول در غلظت‌های بالا به‌علت عدم تعادل تغذیه‌ای تأثیر نامطلوبی بر رشد گیاه دارند. تحت شرایط تنش شوری، تجمع بالای یون‌های سمی از قبیل کلر و سدیم در کلروپلاست رخ می‌دهد (Heidari *et al*., 2011). پیچیدگی پاسخ گیاهان به تنش شوری می‌تواند مربوط به تأثیر شوری از طریق مکانیسم‌های مختلفی مانند ایجاد تنش اسمزی، سمیت یونی، عدم تعادل عناصر غذایی، کاهش غلظت دی‌اکسید کربن (با بسته‌شدن روزنه‌ها)، افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و القای تنش اکسیداتیو باشد (Chawla *et al*., 2013). به‌طورکلی تحقیقات نشان داده است که شوری خاک از طریق اثرات اولیه و ثانویه منجر به کاهش رشد و به‌تبع آن کاهش بیوماس گیاهی می‌شود که از این نظر اندام‌های گیاه، ریشه، ساقه و سرشاخه به‌دلیل حساسیت متفاوت نسبت به شوری، واکنش متفاوتی نشان می‌دهند (Setia *et al*., 2013). در این شرایط کاربرد ترکیباتی نظیر اسید هیومیک رشد گیاهان را از طریق تغییر فیزیولوژی گیاه و با بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تغییر می‌دهد. همچنین اسید هیومیک می‌تواند به‌طور مستقیم اثرهای مثبتی بر رشد گیاه بگذارد به‌طوری‌که رشد قسمت هوایی و ریشه گیاه توسط آن تحریک می‌شود اثر اسید هیومیک بر روی ریشه برجسته‌تر است، حجم ریشه را افزایش داده و منجر به اثربخشی بهتر سیستم ریشه می‌گردد. همچنین جذب نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر را توسط گیاه افزایش می‌دهد (Balakumbahan and Rajamani, 2010). هیومیک اسید تجاری، حاوی ۵۱ درصد کربن، ۱/۲ درصد نیتروژن، ۲/٦ درصد هیدروژن و ٤٥/۲ درصد اکسیژن است که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر رشد گیاه اثر دارد. این ماده آلی به‌طور مستقیم بر تعدادی از مسیرهای رشدی در گیاهان اثر مثبت دارد و جوانه‌زنی بذر، رشد نشاء، تشکیل و رشد ریشه، توسعه شاخه و جذب عناصر پرمصرف (پتاسیم، کلسیم و فسفر) و عناصر کم مصرف (آهن، روی و منگنز) را در تعدادی از محصولات افزایش داده و منجر به افزایش عملکرد می‌شود و به‌طور غیرمستقیم بر خصوصیات خاک از جمله تراکم، تهویه، نفوذپذیری، قابلیت نگهداری آب و انتقال و دسترسی به عناصر کم‌مصرف را افزایش می‌دهد (Mora *et al*., 2012). همچنین، مواد معدنی می‌توانند به سطح نقاط تبادلی ترکیبات هیومیکی بچسبند و قابل استفاده گیاهان شوند (Mikkelsen, 2005). افزایش جذب پتاسیم و فسفر تحت تأثیر اسید هیومیک تحت تنش شوری در فلفل (Cimrin *et al*., 2010) گزارش شده است. Aghaei fard و همکاران (۲۰۱٦) در توت‌فرنگی نشان دادند که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم، فسفر و منیزیم در برگ شد (Aghaei fard *et al*., 2016). در طالبی رقم گالیا (*Cucumis melo* Galia) در شرایط تنش شوری، کاربرد خاکی اسید هیومیک (صفر، ۷، ١٤ و ۲۱ لیتر در هکتار)، میزان جذب عناصر نیتروژن و پتاسیم برگ را افزایش و میزان جذب سدیم را کاهش داد (Shalaby and EL-Messairy, 2018). در بررسی اثرات شوری آب آبیاری بر کاهوی بومی اهواز و استفاده از هیومیک اسید با هدف کاهش اثرات شوری، نتایج حاکی از آن بود که در وضعیت عدم مصرف هیومیک اسید، با افزایش شدت شوری جذب عناصر فسفر و آهن و کلروفیل برگ کاهش یافت ولی میزان سدیم در برگ افزایش یافت. اما با افزایش غلظت هیومیک اسید به مقدار ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]

خاک، جذب عناصر فسفر و آهن برگ و میزان کلروفیل افزایش یافت و حداقل جذب عنصر سدیم را به‌دنبال داشت. براساس نتایج این بررسی، هیومیک اسید را می‌توان به‌عنوان یک راهکار در جهت کاهش تنش شوری در محصولات کشاورزی به‌کار برد که بیشترین تأثیر این تیمارها در سطوح تنش بالا آشکار گردید (سیلاوی و افتخاری، ۱۳۹۵).

مرزه خوزستانی (*Satureja khuzestanica*) گیاه دارویی از تیره نعناعیان و بومی مناطق گرم و خشک جنوب غرب زاگرس است که به‌علت غنی‌بودن از ترکیبات فنولی به‌ویژه کارواکرول و رزمارینیک اسید دارای اثرات دارویی متعدد می‌باشد که این اثرات دارویی با بررسی‌های علمی اخیر بخوبی به اثبات رسیده است (Gunes *et al.*, 2007). یاری و همکاران در سال ۱۳۹۳ گزارش دادند که مرزه خوزستانی، گیاهی حساس نسبت به شرایط شوری است (یاری و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین در تحقیق وجودی مهربانی و همکاران (۱۳۹۶) بر روی گیاه مرزه با افزایش غلظت نمک بر مقدار یون سدیم برگ‌ها افزوده شد. بالاترین تجمع یون سدیم، در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد. بیشترین مقدار پتاسیم مربوط به سطوح شاهد و سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و کمترین مقدار مربوط به غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار بود که نشان از تأثیر شوری در کاهش مقدار پتاسیم برگ‌ها داشت. یکی از مهم‌ترین نیازها جهت حصول عملکرد بالا و با کیفیت بخصوص در مورد گیاهان دارویی، ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است، لذا با تغذیه صحیح گیاه و حاصلخیزی خاک می‌توان ضمن حفظ محیط زیست، در جهت افزایش محصول با کیفیت حرکت کرد. با توجه به پتانسیل اقتصادی در گیاهان دارویی در صورتی که بتوان این گیاهان را با استفاده از کودهای آلی در زمین‌های حاشیه‌ای و یا دچار تنش محیطی کشت کرد قطعاً حرکت بسیار خوبی در جهت ایجاد اشتغال و تولید ماده مؤثره ارگانیک خواهد بود. لذا پژوهش حاضر با هدف مطالعه تأثیر سطوح مختلف شوری و هیومیک اسید به‌صورت کاربرد خاکی بر الگوی جذب عناصر مهم تغذیه‌ای و همچنین عناصر مضر موجود در محیط شور در مرزه خوزستانی انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌صورت آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در چهار تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۳۹۶ انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل اسید هیومیک (شرکت سروستان پاک ایرانیان، Spi) 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 (جدول ۱)، که بعد از سبزشدن و استقرار در مرحله ٤-٦ برگی رشد گیاه اعمال شدند (۹۶/٦/۱۸). به‌طور متوسط هر گلدان، دو بار در هفته با محلول‌های شوری مد نظر آبیاری می‌شد. خاک مورد استفاده در این آزمایش از نسبت‌های خاک (۲)، ماسه (۱) و کود گوسفندی (۰/۵) تشکیل شده بود که بعد از مخلوط‌کردن کامل آن‌ها با یکدیگر مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲). گلدان‌های استفاده‌شده، گلدان‌های پلاستیکی چهار کیلوگرمی (گلدان‌ها از جنس پلی‌اتیلن، وزن خالی هر گلدان حدود ۲۸۰ گرم با قطر ۲۱ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر)، بود. جهت سبزشدن یکنواخت، بذور بلافاصله بعد از کاشت، گلدان‌ها آبیاری شده و توسط پلاستیک پوشش داده شد. قبل از اعمال تیمارها نمونه خاک تهیه و بعد از انجام مراحل مقدماتی از قبیل خشک‌کردن، کوبیدن و الک‌کردن خاک به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انتقال داده شد و مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک اندازه‌گیری شد. پس از پرکردن 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 (۹۶/۵/۷). کاشت سطحی در عمق حدود ۲-۱ سانتی‌متر بود و پس از سبزشدن در مرحله چهار برگی تنک صورت گرفت (۹۶/۵/۲۷)، به‌طوری‌که در هر گلدان ۱۰ بوته باقی ماند. برداشت نهایی نیز در تاریخ‌های ۷، ۸ و ۹ آبان ۹۶ صورت گرفت.

نیتروژن گیاه از روش احتراق با دستگاه آنالیز و عنصری (CHNS-O Elemental Analyzer مدل ECS4010 ایتالیا)،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]

جدول ۱- سطوح مختلف تنش شوری و هیومیک اسید بکار رفته در گلخانه

علامت اختصار	سطح تیمار	سطوح شوری (میلی‌مولار کلرید سدیم)	سطوح اسید هیومیک (میلی‌گرم اسید هیومیک در کیلوگرم خاک)
		علامت اختصار	سطح تیمار
S1	۰	H1	۰
S2	۲۵	H2	۱۰
S3	۵۰	H3	۲۰
S4	۷۵	H4	۳۰
S5	۱۰۰	H5	٤٠

جدول ۲- ویژگی‌های خاک گلدان‌های آزمایش (قبل از اعمال تیمارها)

بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی ds/m	درصد کربن	درصد ماده آلی	وزن مخصوص ظاهری	ظرفیت تبادل کاتیونی	درصد نیتروژن
شنی.رسی.لومی	۷/۰۲	۰/۳۸	۱/۱۸	۱/۷۸	۱/۲۸	۱۱/۳۰	۰/۱۱
مس (mg/kg soil)	مولیبدن (mg/kg soil)	فسفر (mg/kg soil)	سدیم (mg/kg soil)	پتاسیم (mg/kg soil)	آهن (mg/kg soil)	روی (mg/kg soil)	منگنز (mg/kg soil)
۲/۹۵	۰/۷۵	٤٤	٤٦٦/۷٦	۲۸۰/۲۱	۹/۰۸	۰/۹۱۲	۳/۰۱۱

اندازه‌گیری شد (Carl *et al*., 1997). در این روش ۲۰ میلی‌گرم از اندام‌های ریشه و ساقه و برگ مرزه خوزستانی استفاده شد. برای اندازه‌گیری فسفر از روش اسپکتروفتومتر استفاده شد (Rayan *et al*., 2001). بدین منظور یک گرم از ماده خشک هر یک از بخش‌های گیاه، به‌مدت چهار ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و بعد به‌مدت دو ساعت در دمای ٦۰۰ درجه سانتی‌گراد در کوره الکتریکی قرار گرفت. سپس به نمونه ۱۰ سی‌سی اسید کلریدریک دو مولار اضافه و با آب مقطر به حجم ۱۰۰۰ سی‌سی در بالن ژوژه رسانده شد و بعد از کالیبره‌کردن دستگاه اسپکتوفتومتر، نمونه در دستگاه قرار گرفت تا مقدار فسفر مربوط را در طول‌موج ٤۲۰ نانومتر خوانده شود. جهت سنجش آهن، روی، سدیم و پتاسیم گیاه از روش جذب اتمی استفاده شد. بدین جهت ۰/۵ گرم از نمونه گیاهی خشک در ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ حل نموده و سوسپانسیون حاصل به‌مدت ٢٤ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته تا نمونه به‌خوبی در اسید حل شود. در پایان، محلول‌ها با آب دیونیزه به حجم رسیده و مقدار جذب آن‌ها با دستگاه جذب اتمی مدل FS AA ۲٤۰ ساخت کشور آمریکا خوانده شده و مقدار عناصر تعیین شد (White, 1976). به‌منظور استخراج پروتئین‌های محلول گیاه، ۰/۱ گرم از بافت تر برگ با ۱ میلی‌لیتر از بافر فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار، pH= ۷/۸، حاوی EDTA (1mM)، DTT (4mM) و گلیسرول ۱۰ درصد، درون یک هاون و روی یخ همگن شد. مخلوط به‌دست آمده به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد با دور g ۲۱۰۰۰ سانتریفیوژ شد. از محلول رویی به‌منظور اندازه‌گیری پروتئین محلول کل استفاده شد. اندازه‌گیری پروتئین کل براساس روش روش برادفورد (Bradford, 1976)، انجام شد. برای اندازه‌گیری مقدار پروتئین نمونه‌ها، ۵ میلی‌لیتر از معرف برادفورد را در لوله آزمایش ریخته، ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره نمونه مورد نظر را به آن افزوده و مخلوط شد. نمونه‌ها به‌مدت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]

۵ دقیقه در دمای اتاق انکوبه، سپس جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد. محاسبات با استفاده از منحنی استاندارد تهیه‌شده با پروتئین آلبومین سرم گاوی انجام و میزان پروتئین محلول کل، برحسب میلی‌گرم بر گرم ماده تر گزارش شد.

($R^2 = 0.9972$ ،$Y = 0.0159x + 0.0291$)

درنهایت جهت تجزیه داده‌های آزمایشی، ابتدا نرمال‌بودن داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار Minitab ۱۶ بررسی و سپس تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS9.4، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خشک اندام هوایی (ساقه + سرشاخه گلدار): نتایج تجزیه واریانس صفت وزن خشک اندام هوایی در جدول ۳ نشان داده شده است. اثرات اصلی شوری و هیومیک اسید تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر این صفت داشتند؛ در مقابل برهمکنش معنی‌داری بین فاکتورهای آزمایشی مشاهده نشد (جدول ۳). در بررسی اثر اصلی تنش شوری مشخص شد با افزایش شدت تنش شوری از میزان وزن خشک اندام هوایی کاسته شد؛ به گونه‌ای که در سطوح صفر و ۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، میزان وزن خشک برابر با ۲/۸۹ گرم بر بوته بود که این میزان در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم با ۱۶ درصد کاهش نسبت به شاهد به ۲/۴۳ گرم بر بوته رسید (شکل 1a). در مقابل کاربرد اسید هیومیک منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی مرزه شد و از این نظر بین سطوح اسید هیومیک اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). میانگین وزنی اندام هوایی در شرایط شاهد برابر با ۲/۴۴ گرم بر بوته بود که این میزان با ۲۵ درصد افزایش به ۳/۰۴ گرم بر بوته رسید (شکل 1b). محمدیه و همکاران (۱۳۹۴)، در بررسی اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک بر گیاه نعناع سبز تحت سطوح متفاوت شوری شامل صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم گزارش دادند که بیشترین وزن تر ساقه در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمارهای ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار شوری به‌دست آمد که البته از این نظر بین تیمارهای ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار و تیمارهای ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار شوری از لحاظ وزن تر ساقه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. این محققان بیان داشتند که سمیت یونی حاصل از افزایش عناصر مضر در تنش شوری در کلیه فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی گیاه اختلال ایجاد می‌نماید و اندام هوایی به‌شدت تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش می‌یابد. علت افزایش وزن خشک اندام هوایی در شرایط کاربرد هیومیک به این دلیل دانست که اسید هیومیک با اثرات شبه‌هورمونی که دارد موجب افزایش رشد گیاه و به‌تبع آن، افزایش وزن خشک گیاه شود (Hafez *et al.*, 2015).

غلظت پتاسیم ریشه، ساقه و برگ: غلظت پتاسیم اندام‌های مختلف مرزه خوزستانی تحت تأثیر معنی‌دار برهمکنش تنش شوری و اسید هیومیک در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین پتاسیم ریشه، ساقه و برگ در تیمار S_1H_5 به‌ترتیب با میانگین ۴۷۵، ۴۴۱۴ و ۹۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک و کمترین میزان این صفت در ریشه، ساقه و برگ در تیمار S_5H_1 به‌ترتیب با ۷۸، ۷۹ و ۸۲ درصد کاهش به مقادیر ۱۰۵، ۹۱۹ و ۱۵۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک رسید (جدول ٤). جذب پتاس در تنش شوری به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد که این امر عمدتاً به‌دلیل رقابت سدیم و پتاسیم برای جذب در گیاه می‌باشد. نتایج مطالعات نشان داده که غلظت پتاسیم در برنج (Ahmad *et al.*, 2009) و گندم (آقایی کامرانی و همکاران، ۱۳۹٤) تحت شرایط شوری کاهش یافته است. کاهش جذب پتاسیم در محیط شور می‌تواند ناشی از به‌هم‌خوردن تعادل هورمونی گیاه به‌ویژه سیتوکینین در ریشه باشد. همچنین گزارش شده است که اسید هیومیک می‌تواند محتوای فسفر، پتاسیم، منیزیم و آهن در برگ‌ها را نیز افزایش دهد (Nikbakbakht *et al.*, 2008). اثرات مستقیم ترکیبات هیومیکی بر سیستم گیاه از طریق افزایش جوانه‌زنی، به‌دلیل ویژگی جذب آب و تأمین رطوبت مناسب برای بذر، رشد گیاه، افزایش نفوذپذیری غشای سلولی و جذب عناصر غذایی،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]

جدول ۳- تجزیه واریانس تغییرات عناصر اندام‌های گیاه مرزه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری و هیومیک اسید در شرایط کشت گلخانه‌ای

منابع تغییرات	df	وزن خشک اندام هوایی	پتاسیم ریشه	پتاسیم ساقه	پتاسیم برگ	فسفر ساقه	فسفر ریشه	فسفر برگ
بلوک	۳	۰/۰۵۲*	۲۰۹^{ns}	۱۳۰۲٤^{ns}	٤۸۷٤*	۰/۱۲**	۰/۰۷۰^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}
شوری (S)	٤	۰/۷۱**	۱۱۵۵۵۱**	۱۰٤۵۰۹۸۲۹**	۵۱۲٤۸۰۵۲۷**	۲٦٦**	۱۰۰**	۳۱۸/۲**
اسید هیومیک (H)	٤	۱/۰۸**	۱۰۲۹۷۸**	۳۲٦٦۵۰۱**	٤۹۹۳٦۵٤۲**	۱٤/۷**	۱٦/۱**	۱۸/٦**
S×H	۱٦	۰/۰۰۰۰۰۳^{ns}	۷۱۵۷**	۳۲۸۹۹۹**	۱٤۵۲۲۳۷۲**	۳/٤٤**	۹/۰۰**	٤/٤**
خطا	۷۲	۰/۰۱۲	۹۰/٦	٦۹۷۷	٤٤۰۰۳۱۱	۰/۰۱۷	۰/۰۳٤	۰/۰٤
CV%		٤/۰۲	٤/۰۵	۲/۷۷	۰/۵۵	۲/۲۵	۲/٤۵	۲/۵۹

منابع تغییرات	df	وزن خشک اندام هوایی	پتاسیم ریشه	پتاسیم ساقه	پتاسیم برگ	فسفر ساقه	فسفر ریشه	فسفر برگ
بلوک	۳	۰/۰۵۲*	۲۰۹^{ns}	۱۳۰۲٤^{ns}	٤۸۷٤*	۰/۱۲**	۰/۰۷۰^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}
شوری (S)	٤	۰/۷۱**	۱۱۵۵۵۱**	۱۰٤۵۰۹۸۲۹**	۵۱۲٤۸۰۵۲۷**	۲٦٦**	۱۰۰**	۳۱۸/۲**
اسید هیومیک (H)	٤	۱/۰۸**	۱۰۲۹۷۸**	۳۲٦٦۵۰۱**	٤۹۹۳٦۵٤۲**	۱٤/۷**	۱٦/۱**	۱۸/٦**
S×H	۱٦	۰/۰۰۰۰۰۳^{ns}	۷۱۵۷**	۳۲۸۹۹۹**	۱٤۵۲۲۳۷۲**	۳/٤٤**	۹/۰۰**	٤/٤**
خطا	۷۲	۰/۰۱۲	۹۰/٦	٦۹۷۷	٤٤۰۰۳۱۱	۰/۰۱۷	۰/۰۳٤	۰/۰٤
CV%		٤/۰۲	٤/۰۵	۲/۷۷	۰/۵۵	۲/۲۵	۲/٤۵	۲/۵۹

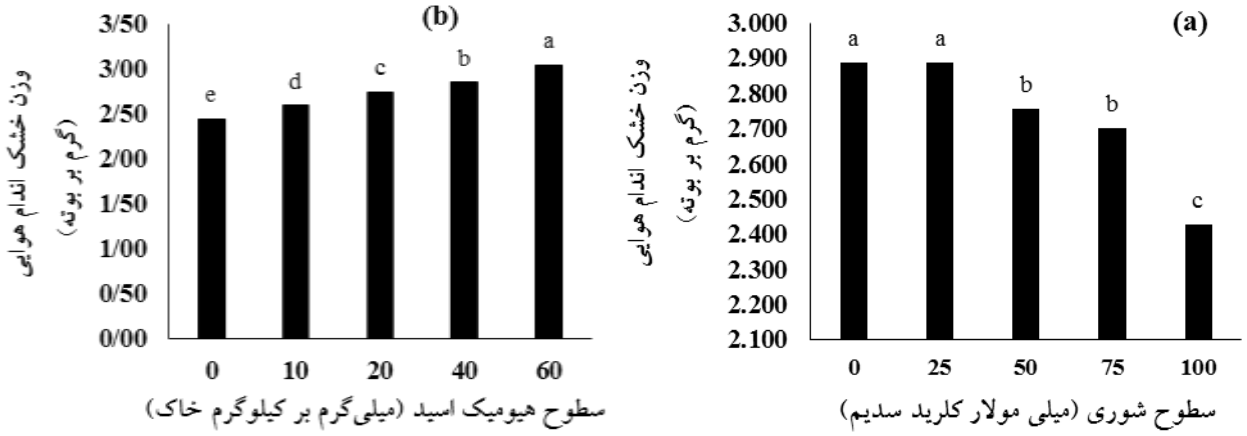
منابع تغییرات	dF	پروتئین محلول کل	سدیم برگ	سدیم ساقه	سدیم ریشه	آهن ریشه	آهن ساقه	آهن برگ
بلوک	۳	۰/۰۰۰۰۹*	۳٦٤۸**	۹۷۰۹^{ns}	۳۹/۲^{ns}	۱۳/۷^{ns}	۲/۲٤^{ns}	۸/۸^{ns}
شوری (S)	٤	۰/۱۷**	۳٤۹۲۲۷۲۸**	۳۸۳٦۸۷۹۷**	۲۹۷۸٦۲۱**	۳۸۲٤۱۲**	۳۵۲۱۷**	۷۷۸۰۹**
اسید هیومیک (H)	٤	۱/۵۷**	٦۲۹۳٤۹**	۱۰۵۹۰۷۹**	۲٤۰٦۸٤**	۱۱۳۲٤۸**	۷۱۳/۷**	٤۳۵**
S×H	۱٦	۰/۰۰۰٤**	۱۷٤۷٦۸۷**	۲٦۰۹۰۲**	۱۱۳۸٦۳**	۳۲۳۸۷**	۲۹۸۹**	۱۰۰۱**
خطا	۷۲	۰/۰۰۰۰۲	۵۰۳/۵	٤۸۹۳	۱۸۲	۱۰/٦	۳/۳	۵/٦
CV%		۰/۸۱	۱/۱۳	۵/۱۷	۱/۷٦	۱/۱۹	۲/۲۹	۲/۲۷

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

تسریع انتقال عناصر غذایی ضروری در ریشه، سنتز و فعالیت‌های آنزیمی و فعالیت‌های شبه‌هورمونی است و به این ترتیب سبب ایجاد تحمل گیاه به شوری خواهد شد (Ounia *et al.*, 2014). در آزمایشی توسط مرادی مرجانه و همکاران (۱۳۹٦)، به‌منظور بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر ویژگی‌های گیاه دارویی رزماری، نتایج آزمایش نشان داد مقدار عنصر پتاسیم با کاربرد کود پتابارور و ازتو بارور دارای بیشترین مقادیر در بین سایر تیمارهای کودی (به‌ترتیب ۵۵٤۲ و ۵۰۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گیاه) بود. تحقیقات نشان داده است که اسید هیومیک با اسیدی‌کردن خاک سبب تسهیل در انحلال پتاسیم شده و میزان دسترسی به عناصر غذایی را افزایش می‌دهد (Sanchez *et al.*, 2002). براساس نتایج تحقیقی پتاسیم در ریشه گیاه باقلا بیشتر از سدیم در حضور اسید هیومیک افزایش یافت و نسبت پتاسیم به سدیم را

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]



شکل ۱- اثرات اصلی شوری (a) و اسید هیومیک (b) بر وزن خشک اندام هوایی (گرم بر بوته) مرزه خوزستانی. میانگین‌های دارای یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

نیز افزایش داد که باعث افزایش قدرت تحمل گیاه به تنش شوری شد (Akinci *et al*., 2009).

غلظت سدیم ریشه ساقه و برگ گیاه: برهمکنش فاکتورهای شوری و اسید هیومیک بر سدیم اندام‌های ریشه، ساقه و برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان سدیم ساقه در سطح تیماری S_5H_1 (۴۳۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و کمترین میزان سدیم ساقه در سطح تیماری S_1H_4 (۱۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) مشاهده شد. در مقابل، در اندام برگ بیشترین غلظت سدیم برگ در سطح تیماری S_4H_5 با میانگین ۵۰٦٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک و کمترین میزان این صفت در سطح تیماری S_1H_5 با میانگین ۱۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک مشاهده شد (جدول ٤). تحقیقات نشان داده است که تجمع سدیم در برگ‌ها باعث مسمومیت گیاه شده و اختلال در رشد و جذب عناصر از جمله پتاسیم را به‌همراه دارد. از تغییرات مهم در غلظت عناصر تحت شوری طی این آزمایش، افزایش غلظت سدیم و کاهش غلظت پتاسیم بود که با نتایج حجازی مهریزی و سعادت‌فر (۱۳۹۸) مطابقت داشت. در این ارتباط افزایش قندهای محلول و اسیدآمینه پرولین عاملی جهت سازش گیاه به شرایط تنش بوده و اهمیت تنظیم اسمزی را نشان می‌دهد. به‌طورکلی در شرایط شور گیاه از سه طریق کاهش پتانسیل آب خاک و درنتیجه کاهش جذب آب توسط گیاه، اثرات سمی یون‌ها (عمدتاً سدیم و کلر) و عدم تعادل عناصر غذایی در گیاه که به‌علت اختلال در جذب یا انتقال آن‌ها می‌باشد تحت تنش قرار می گیرند (Yang *et al*., 2014). در حضور کلرید سدیم، میزان سدیم و کلر در اندام‌های گیاه افزایش و تجمع می‌یابد. این یون‌ها جذب سایر عناصر معدنی را در برهمکنش‌های رقابتی یا به‌وسیله انتخاب‌پذیری یونی غشاء تحت تأثیر قرار دهند و سبب کمبود عناصر غذایی در گیاهان شوند (حجازی مهریزی و سعادت‌فر، ۱۳۹۸).

غلظت فسفر ریشه، ساقه و برگ: بررسی تغییرات غلظت فسفر در اندام‌های مختلف مرزه نیز حاکی از وجود برهمکنش معنی‌دار فاکتورهای شوری × هیومیک اسید از نظر این صفت در سطح یک درصد بود (جدول ۳). بیشترین میزان فسفر ریشه با میانگین ۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک در سطح تیماری S1H4، فسفر ساقه با میانگین ۱۳ (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در سطح تیماری S1H5 و فسفر برگ با میانگین ۱۳میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک، در سطح تیماری S1H4 وجود داشت (جدول ٤). با توجه به اهمیت فسفر در گیاه و نقش آن در بسیاری از ترکیبات مهم سلول‌ها از جمله اسیدهای نوکلئیک و نوکلئوتیدهایی که در متابولیسم انرژی شرکت دارند، تأثیر حاصلخیزی خاک در جهت افزایش این عنصر ضروری به‌نظر می‌رسد. در واقع استفاده از کود فسفر توسط گیاه بستگی به طبیعت خاک و محصول دارد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]

جدول ٤- مقایسه میانگین تغییرات عناصر اندام‌های گیاه مرزه تحت تأثیر اثرات متقابل سطوح مختلف تنش شوری و هیومیک اسید در شرایط کشت گلخانه‌ای

سطح شوری (mM NaCl)	اسید هیومیک (میلی‌گرم اسید هیومیک در کیلوگرم خاک)	سدیم ساقه	سدیم برگ	سدیم ریشه	پتاسیم ریشه	پتاسیم ساقه	پتاسیم برگ	فسفر ساقه	فسفر ریشه	فسفر برگ
		(میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)								
۰	۰	٦٩٢^{j}	٢١٦^{s}	٧٦٠^{j}	٢٠٩^{ij}	٣١٤٢^{d}	٦٧٨٤^{i}	٩/٠^{g}	٨/٧^{g}	٩/٠^{g}
	١٠	٢٢٥^{m}	٢٢٠^{s}	٥٣٣^{n}	٢٥٥^{g}	٣١١٣^{ed}	٧٩١٩^{e}	٩/٤^{f}	١١/٠^{c}	١٠/١^{f}
	٢٠	٢٥٤^{m}	١٧٩^{t}	٥١١^{o}	٤٢٦^{c}	٣٤٠٤^{c}	٧٨٦٣^{ef}	١١/٥^{c}	١٠/٠^{d}	١١/٧^{c}
	٤٠	١٩٧^{m}	٣٢٩^{r}	٥٠١^{o}	٤٥١^{b}	٣٥١٩^{c}	٨٧٢٧^{b}	٩/٨^{e}	١٢/٢^{a}	١٣/٠^{a}
	٦٠	٤٦٧^{l}	١٧٥^{t}	٤٤١^{q}	٤٧٥^{a}	٤٤١٤^{a}	٩٠٠٠^{a}	١٢/٩^{a}	١١/٩^{b}	١٢/١^{b}
٢٥	۰	٥٧٨^{k}	١٦١٧^{n}	١٤٨٦^{a}	١٠٥^{p}	٢٧١١^{f}	٦٦٤٨^{j}	٨/٠^{i}	٧/٣^{h}	٦/٧^{i}
	١٠	٥٦٢^{kl}	٢٦٤١^{g}	١٤٤٢^{b}	٢٣٥^{h}	٣٠٠٤^{e}	٧٢٢٤^{gh}	٧/١^{j}	٦/٩^{i}	٧/١^{h}
	٢٠	٥٧٠^{k}	١٤٦٣^{p}	١٣٧٠^{c}	٢٣٣^{h}	٣٢١٨^{d}	٨٢٠٦^{d}	١٠/٧^{d}	٩/٠^{f}	١٠/٨^{e}
	٤٠	٥٩٨^{kj}	١٥١٧^{o}	١١١٩^{e}	٢٧٤^{e}	٤١٤٤^{b}	٧٣٠٧^{g}	٨/٨^{h}	١٠/٠^{d}	١١/٦^{cd}
	٦٠	٩٧٤^{gfh}	١٧٠٢^{m}	٩٩٢^{g}	٢٨٥^{e}	٤٣٩٢^{a}	٨٥٩٦^{c}	١٢/٠^{b}	٨/٨^{gf}	١٠/٠^{f}
٥٠	۰	١٠٥٨^{gf}	٢٠١٤^{i}	١٢٢٨^{d}	١٦٢^{m}	١١٧٣^{l}	٣١٥٣^{q}	٢/٩^{rq}	٧/٥^{h}	٩/٩^{f}
	١٠	٦٤٣^{kj}	١٨٨٣^{j}	١٠٩٨^{f}	١٨٧^{lk}	١٣١٢^{k}	٣٧٢١^{n}	٣/٩^{k}	٩/٩^{d}	١١/٦^{cd}
	٢٠	٦٢٠^{kj}	١٨٥٧^{jk}	٩٨٦^{g}	٢٢٠^{i}	١٣٥٢^{jk}	٥١٠٩^{k}	٣/٩^{mn}	٩/٨^{d}	١٢/٧^{a}
	٤٠	٩٩١^{gfh}	٢٠٢٠^{i}	٩٤١^{h}	١٩٨^{jk}	١٥٢٥^{i}	٧٢١٤^{gh}	٤/١^{k}	٤/٩^{e}	١١/٤^{d}
	٦٠	٦٠٩^{kj}	١٤٥٦^{p}	٨٨٤^{i}	٢٥٩^{fg}	٢٤٨٣^{g}	٦٤٧٥^{ij}	٣/٢^{op}	٩/٤^{e}	٩/٩^{f}
٧٥	۰	٢١٤٣^{e}	٣١٤٠^{f}	٥٩٤^{l}	١٠٦^{p}	١٣١٧^{jk}	٢٥٣٥^{t}	٢/٩^{r}	٤/٢^{o}	٣/٥^{kl}
	١٠	١٠٦٦^{f}	٣٥٠٥^{d}	٥٥٣^{m}	١٥٣^{nm}	١٣٢١^{jk}	٢٨٥٧^{s}	٣/٥^{mn}	٤/٦^{n}	٣/٩^{j}
	٢٠	٩٦١^{gh}	٣٢٢٨^{e}	٥٧٠^{m}	٢١٨^{i}	١٣٦٦^{jk}	٣٢٥٦^{p}	٣/٧^{l}	٦/٥^{j}	٣/٧^{jk}
	٤٠	٩١٣^{h}	٤٧٣٨^{b}	٦٠١^{l}	٢٧٢^{fe}	١٤٣٠^{ij}	٤٤٠٧^{m}	٣/٤^{no}	٦/٠^{k}	٣/٢^{mn}
	٦٠	٨١٠^{i}	٥٠٦٤^{a}	٩٨٦^{g}	٣٢٨^{d}	١٧٠٤^{h}	٤٩٠٦^{l}	٣^{rq}	٥/١^{l}	٣/٢^{mn}
١٠٠	۰	٤٣٢٩^{a}	٣٦١٣^{c}	٦٨٠^{k}	١٠٥^{p}	٩١٩^{m}	١٥٠٥^{w}	٢/٩٨^{rq}	٤/٧^{mn}	٣/٢^{mn}
	١٠	٣٧١١^{b}	٢٢١٣^{h}	١٥١^{r}	١٢٤^{o}	٩٨٣^{m}	١٩٤٣^{v}	٢/٩^{r}	٥/٠^{ml}	٣/٦^{kl}
	٢٠	٣٦١١^{cd}	١٧٦٥^{l}	١٦٦^{r}	١٤٢^{n}	١٠٠٩^{m}	٢٤٥٨^{u}	٣/٦^{ml}	٤/١^{o}	٣/٠^{n}
	٤٠	٣٦٩٧^{cb}	١٨٣٩^{k}	١١٨^{s}	١٨٣^{l}	١٠٠٨^{m}	٢٩٥٦^{r}	٣/١^{pq}	٦/٠^{k}	٣/٢^{mn}
	٦٠	٣٥٢٣^{d}	١٢٤٢^{q}	٤٦١^{p}	٢٥٦^{g}	١٣٠٩^{k}	٣٤٠٧^{no}	٣/٣^{on}	٥/٩^{k}	٣/٤^{ml}

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

بررسی نتایج اثر تنش شوری روی اسفناج نشان داد که با افزایش غلظت نمک کلرید سدیم غلظت فسفر اندام هوایی و ریشه اسفناج روندی کاهشی نشان داد و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید. درصد کاهش فسفر در تیمارهای با شوری ۳ و ٦ دسی‌زیمنس بر متر در اندام هوایی به‌ترتیب ۰/۲۷ و ۲۸/۰۷ درصد و در ریشه به‌ترتیب ۱/٤۰ و ۱۸/٤٥

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]

ادامه جدول ٤-

سطوح شوری (mM NaCl)	اسید هیومیک (میلی‌گرم اسید هیومیک در کیلوگرم خاک)	آهن ریشه	آهن ساقه	آهن برگ	روی ریشه	روی ساقه	روی برگ	نیتروژن ساقه	نیتروژن ریشه	نیتروژن برگ
		(میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)						(٪)		
۰	۰	۳۸۲^{d}	۱٤۲/۲^{b}	۱٦٥/۸^{c}	۱۷/۲^{a}	۱۲/۲۲^{f}	۱۳/۸۱^{h}	۰/۹۲^{mn}	۰/٥۸۰^{t}	۱/۸۰^{mn}
	۱۰	۳٥۱^{g}	۱۲٤/۲^{d}	۱٥۱/۱^{d}	۱۱/٦^{ef}	۱۰/۹۱^{l}	۱۷/۸۳^{bc}	۱/۲٥^{i}	۰/۷۹۷^{m}	۲/٤۷^{j}
	۲۰	۳۳٥^{h}	۷۱/٤^{k}	۱۷٤/۳^{b}	۱۳/۲^{c}	۱۱/۲٥^{k}	۱۳/۹۰^{h}	۱/٤۳^{i}	۰/۹۱۲^{k}	۲/۸۲^{i}
	٤۰	۳٥٦^{f}	۸۲/٤^{i}	۱٦۳/۰^{c}	۱٥/٥^{b}	۱۱/٤٥^{i}	۱٦/۷۳^{de}	۱/۸٥^{bc}	۱/۱۸٦^{c}	۳/٦۷^{bc}
	٦۰	۲٥٤^{m}	۱۲۳/۹^{d}	۱٤۳/۸^{e}	۱۰/۱^{ij}	۱۰/۹۲^{l}	۱۳/۸۱^{h}	۱/۹۷^{a}	۱/۲٦٦^{a}	۳/۹۱^{a}
۲٥	۰	۷٥۹^{a}	۱۰٥/۷^{f}	۱٥۰/٥^{d}	۱۲/۷^{d}	۱٤/٤۸^{b}	۱۸/۳۹^{b}	۰/۸۹^{n}	۰/٥٥۹^{u}	۱/۷٤^{n}
	۱۰	۳۱۹^{i}	۱۰۱/۹^{g}	۱۸۱/۳^{a}	۱۱/۸^{e}	۱۳/٦٤^{d}	۱۹/۹۲^{a}	۱/۱۹^{jk}	۰/۷٥٥^{o}	۲/۳٤^{jk}
	۲۰	۲۸٦^{k}	۱۳۱/٤^{c}	۱٦٥/۲^{c}	۱۱/٥^{ef}	۱۳/۹۹^{c}	۱٥/۷٤^{f}	۱/۳۸^{i}	۰/۸۷۹^{l}	۲/۷۲^{i}
	٤۰	۲٦٥^{l}	۱٦۲/۰^{a}	۱٤۳/۸^{e}	۱۱/۲^{gf}	۱٤/۷۸^{a}	۱٥/۰۳^{g}	۱/۸۱^{cd}	۱/۱٦۳^{d}	۳/٥۹^{cd}
	٦۰	۵۰۰^{b}	۷۷/۲^{j}	۱٥۳/٥^{d}	۱۱/۳^{efg}	۱۱/٤۰^{j}	۱٦/٥۷^{e}	۱/۹۱^{ab}	۱/۲۲٦^{b}	۳/۷۹^{ab}
٥۰	۰	٤۱٤^{c}	۷٥/٤^{j}	۱۰٤/٥^{h}	۱۱/٥^{ef}	۱۲/٦۳^{e}	۱٦/٥۱^{e}	۰/۷۲^{o}	۰/٤٥۳^{v}	۱/٤۱^{o}
	۱۰	۳٥۹^{f}	۸۳/٤^{i}	۱۳۲/۷^{f}	۱۰/۹^{gh}	۱۱/۷٦^{g}	۱٥/۸۲^{f}	۱/۰٤^{l}	۰/٦٥۹^{r}	۲/۰٥^{l}
	۲۰	۳۰٤^{j}	۱۱٦/٤^{e}	۱٥۱/۳^{d}	۱۰/٤^{hi}	۹/۷۲^{n}	۱۷/۲۳^{cd}	۱/۲۳^{j}	۰/۷۸۷^{n}	۲/٤٤^{j}
	٤۰	۲٦۹^{l}	۱٤۳/۲^{b}	۱۳۱/٥^{f}	۱۰/۱^{ij}	۱۱/٥۸^{h}	۱۳/۹۰^{h}	۱/٦٥^{f}	۰/۰٥۹^{g}	۳/۲۸^{f}
	٦۰	۳۷۰^{e}	۹٤/٤^{h}	۱۲۱/٤^{g}	۹/۷^{j}	۱۰/۱۱^{m}	۱۲/۰٤^{i}	۱/۷۷^{de}	۱/۱۳۲^{e}	۳/٥۰^{de}
۷٥	۰	۱٦۲^{p}	۳۲/۸^{o}	۳٥/٥^{lm}	٤/٥^{l}	٥/٤٤^{r}	٦/٤۷^{n}	۰/٦۷^{o}	۰/٤۱۸^{w}	۱/۳۰^{o}
	۱۰	۱۲۲^{r}	٥٥/٦^{m}	٤۱/۷^{kl}	٤/۰^{ml}	٤/۰۰^{t}	۸/۳۲^{l}	۰/۹۷^{m}	۰/٦۱٤^{s}	۱/۹۱^{m}
	۲۰	۱٤۳^{q}	٦٥/٦^{l}	٥۳/۰^{j}	۳/٤^{ml}	٦/۳۰^{p}	۱۰/۱۲^{j}	۱/۱٥^{k}	۰/۷۳۱^{p}	۲/۲۷^{k}
	٤۰	۱٦۸^{o}	۳٤/۰^{o}	۳۸/۲^{m}	۳/۸^{m}	٥/۳٦^{s}	۹/۲۷^{k}	۱/٥۹^{g}	۱/۰۱٦^{i}	۳/۱٤^{g}
	٦۰	۱۹۲^{n}	٦۷/٥^{l}	٦۲/٦^{i}	٦/۹^{k}	٦/۰۳^{q}	۹/۲٦^{k}	۱/۷۰^{ef}	۱/۰۸۹^{f}	۳/۳۷^{ef}
۱۰۰	۰	۲۸۳^{k}	٤۰/٤^{n}	٤٥/۰^{k}	٤/۲^{ml}	۷/۹٦^{o}	٦/۱۷^{n}	۰/٦۰^{p}	۰/۳۷٤^{x}	۱/۱۷^{p}
	۱۰	۳۳٥^{u}	۹/۹^{r}	۱۳/۷^{o}	۱/٥^{o}	۱/٦۹^{w}	۳/٦۰^{p}	۰/۸۹^{n}	۰/٥٦۳^{u}	۱/۷٥^{n}
	۲۰	٤۷٦^{t}	۱۳/۹^{q}	۱۲/٦^{o}	۳/۱^{n}	۲/۰۱^{u}	٤/۲٥^{o}	۱/۰٦^{l}	۰/٦۷٥^{q}	۲/۰۹^{l}
	٤۰	٤۸۰^{t}	۲٥/٦^{p}	۲۲/۱^{n}	۲/۹^{n}	۱/۸۳^{v}	۳/۲۲^{p}	۱/٥۱^{h}	۰/۹٦٥^{i}	۲/۹۹^{h}
	٦۰	۷٥۸^{s}	۱۰/۲^{r}	٥۲/٤^{j}	۲/۷^{n}	۱/٦٦^{w}	۷/۲۰^{m}	۱/٤۹^{h}	۱/۰۲۹^{h}	۲/۹٦^{h}

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

درصد نسبت به تیمار شاهد بود. بیشترین غلظت فسفر در اندام هوایی و ریشه به‌ترتیب با میانگین ۰/۷۲ و ۰/٤۳درصد در تیمار ۰/٥ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین مقدار آن در اندام هوایی و ریشه به‌ترتیب با مقدار ۰/٥۲ و ۰/۳٥درصد در تیماری با شوری ٦ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (عالی نژادیان بید آبادی و همکاران، ۱۳۹۷). براساس نتایج آزمایش احمدی و همکاران (۱۳۹٦) تجمع فسفر در ریشه و برگ، بیشتر در تیمارهایی با شوری کمتر مشاهده شد و با افزایش شوری،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]

میزان جذب فسفر کاهش یافت که مطابق با نتایج پژوهش حاضر بود. این موضوع می‌تواند کاهش صفات رشدی و عملکردی گیاه را توجیه کند، زیرا فسفر به‌عنوان یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه است که با افزایش شوری در محیط ریشه، میزان جذب آن توسط ریشه و تجمع آن در برگ به‌عنوان اندام تولیدکننده گیاه (نقش فتوسنتزی برگ) کاهش می‌یابد (Chen *et al*., 2003). Vaughan و Malcolm (۱۹۷۹) میزان جذب فسفر را به‌عنوان یک عنصر مؤثر در توسعه سیستم ریشه در سلول‌های ریشه گندم زمستانه در حضور اسید هیومیک بررسی کردند و دریافتند که غلظت‌های ۵ تا ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌داری در جذب فسفر شد (Vaughan and Malcolm, 1979). نیکبخت و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌داری در رشد گیاه و محتوی فسفر، منیزیم، آهن و پتاسیم در برگ‌ها شد (Nikbakbakht *et al*., 2008). در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که هیومیک اسید از طریق ترکیب و ایجاد کمپلکس با آنزیم فسفاتاز باعث افزایش جذب فسفر در گیاه می‌شود (Vaughan and Malcolm, 1979). تأثیر اسید هیومیک بر خصوصیات رویشی و جذب عناصر غذایی کاهو مورد مطالعه قرار گرفته و تیمار هیومیک اسید بر عناصر غذایی مانند کلسیم، فسفر و منیزیم تأثیر معنی‌داری داشت (Cimrin and Yilmaz, 2005).

غلظت آهن در اندام‌های ریشه، ساقه و برگ: برهمکنش معنی‌داری از نظر وضعیت عنصر آهن در اندام‌های ریشه، ساقه و برگ بین فاکتورهای شوری و اسید هیومیک در سطح یک درصد مشاهده شد (جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین میزان حضور آهن درون بافتی برای ریشه در سطح تیماری S_2H_1 با میانگین ۷۵۹/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک، برای ساقه در سطح تیماری S_2H_4 با میانگین ۱٦۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک، و برای برگ در سطح تیماری S_2H_2 با میانگین ۱۸۱/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک، مشاهده شد (جدول ٤). مطالعات نشان داده که وقتی آهن فقط به شکل معدنی آهن قابل دسترسی است، کمبود آهن به‌صورت بروز کلروزیس یا زردی رخ داده، درحالی‌که حضور یا Fe-HA یا Fe-EDDHA به‌شدت سنتز کلروفیل را اصلاح کرد، FeEDDHA به‌نظر می‌رسد که مؤثر از FeHA در ترغیب تشکیل کلروفیل است. این آزمایش به وضوح نشان می‌دهد که تحت pH خنثی، HA (هیومیک اسید) رشد گیاه را تحریک می‌کند و سلامت گیاه را به‌وسیله ترغیب قابلیت دسترسی Fe و سنتز کلروفیل اصلاح می‌کند. این مطلب با سایر گزارشات یکسان است (Fang *et al*., 2015)؛ همچنین این محققان بیان داشتند که فاکتورهای محیطی نظیر دما و شوری می‌تواند منجر به شکستن پیوند بین اسید هیومیک و ترکیبات آهن شود که از این طریق منجر به کاهش بارگیری ترکیبات نظیر آهن شده و در اختیار گیاه قرار داده شوند. Ahmad و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده نمودند که در شرایط شوری غلظت آهن در برنج کاهش یافت. مقادیر زیاد کلرید سدیم در محیط می‌تواند جذب آهن را تحت تأثیر قرار داده و کمبود یا سمیت آهن را تشدید کند (Yousefi *et al*., 2007). در مطالعه‌ای دیگر نتایج نشان داد که تیمارهای خاکی هیومیک اسید نسبت به تیمارهای محلول‌پاشی تأثیر بیشتری در جذب آهن گیاه داشته است. همچنین با افزایش غلظت هیومیک اسید تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر میزان آهن در برگ نیز افزایش یافته است (طالبی و همکاران، ۱۳۹۵). مولکول‌های هیومیک اسید می‌توانند از غشاء سلول عبور و در آپوپلاست باعث احیای آهن شوند و در دسترس‌بودن آهن را افزایش دهند. اثر افزایش جذب آهن توسط هیومیک اسید احتمالاً به خاصیت احیاکنندگی آن بر می‌گردد که در دسترس‌بودن و تجمع آهن را در بافت گیاهی افزایش می‌دهد (Nikolic *et al*., 2003).

غلظت روی ریشه، ساقه و برگ: در بررسی تغییرات غلظت روی در اندام هوایی مشاهده شد که برهمکنش معنی‌داری بین فاکتورهای شوری و اسید هیومیک در سطح یک درصد وجود نداشت (جدول ۳). بیشترین میزان روی در ریشه در سطح تیماری S1H1 با میانگین ۱۷/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک، در ساقه در سطح تیماری S2H4 با میانگین ١٤/٨ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک، و در برگ با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

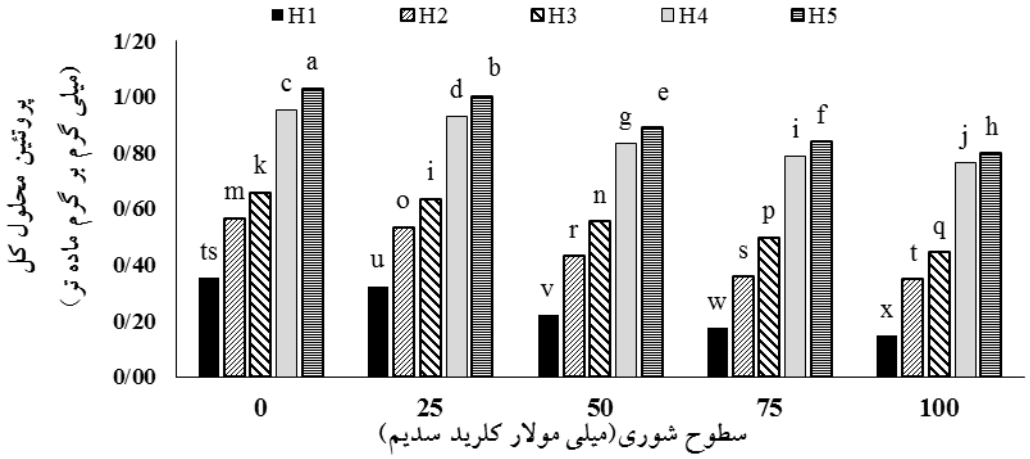
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]

میانگین ۱۹/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک در سطح S2H2 مشاهده شد (جدول ٤). اثرات تحریکی مواد هیومیکی همبستگی مستقیم با افزایش جذب عناصر ماکرو نظیر ازت، فسفر و گوگرد و عناصر میکرو نظیر آهن، روی، مس و منگنز دارد. ترکیبات هیومیکی از طریق فعال‌نمودن باکتری‌ها جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهند. هیومیک اسیدها از طریق بهبود دسترسی به عناصری نظیر آهن و روی در اصلاح کلروزیس گیاهی کمک می‌کنند، نفوذپذیری غشاءهای گیاهی را افزایش می‌دهند و سیستم‌های آنزیمی گیاهان را تشدید می‌کند. آنها همچنین منجر به تشدید تقسیم سلولی، نمو بیشتر ریشه و کاهش تحت تأثیر هیومیک اسیدها، گیاهان رشد بیشتر نشان می‌دهند و مقاومت بیشتری به بیماری دارند (Sabzevari and Khazaie, 2016). محققان دریافتند که با افزایش شوری قدرت یونی محلول خاک افزایش یافته، در نتیجه اکتیویته روی در محلول کاهش یافته و جذب روی در سطح تبادلی کانی‌های رسی کم شده و همین امر سبب افزایش غلظت روی دوظرفیتی در محلول خاک می‌شود که این یافته می‌تواند نتایج این پژوهش را تفسیر نماید (Casagrande *et al*., 2004). مکانیسم افزایش جذب روی توسط هیومیک اسید به خاصیت کلات کنندگی آن بر می‌گردد (Khaled and Fawy, 2011). کاربرد هیومیک اسید به‌صورت محلول در خاک‌های آهکی می تواند سبب افزایش وزن خشک و جذب عناصر غذایی روی، مس، آهن و سایر عناصر غذایی شود (Celik *et al*., 2008).

غلظت نیتروژن و پروتئین محلول کل: برهمکنش معنی‌داری بین فاکتورهای شوری و اسید هیومیک در سطح یک درصد از نظر درصد نیتروژن ریشه و پروتئین محلول کل مشاهده شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان این صفات در سطح تیماری S_1H_5 به‌ترتیب با میانگین ۱/۲٦٦ درصد و ۱/۰۳۱ میلی‌گرم در گرم ماده تر بود که در سطح تیماری S5H1 به کمترین مقادیر خود به‌ترتیب با میانگین ۰/۳۷٤ درصد و ۰/۱٤٦ میلی‌گرم در گرم ماده تر کاهش یافت. همچنین مقدار نیتروژن ساقه و برگ در تیمار S_1H_5 به‌ترتیب با میانگین ۱/۹۷ درصد و ۳/۹۱ درصد مشاهده شد که با تیمار S_2H_5 اختلاف معنی‌داری نداشتند. کمترین مقدار نیتروژن ساقه و برگ در ترکیب تیماری S_5H_1 به‌ترتیب با میانگین ۰/٦۰ درصد و ۱/۱۷ درصد مشاهده شد (جدول ٤ و شکل ۲). نیتروژن به‌عنوان عنصر کلیدی در ساختمان بسیاری از ترکیبات موجود در سلول‌های گیاهی مطرح است. میزان نیتروژن مورد نیاز گیاه تا حدود زیادی به گونه گیاه و شرایط موجود در خاک بستگی دارد. برای تثبیت نیتروژن، عنصر آهن در ترکیب لگ هموگلوبین و واکنش‌های مربوط به تثبیت نیتروژن شرکت دارد. علاوه بر این، آهن در ترکیب با آنزیم‌ها (نیترات و نیتریت ریداکتاز)، به‌ترتیب در سیتوپلاسم و کلروپلاست نیز شرکت دارد، که در نتیجه، علاوه بر تثبیت نیتروژن، بر روی مقدار احیای نیتروژن در گیاه اثر مستقیم دارد (Hafez *et al*., 2015)؛ همچنین تحقیقات مختلف نشان داده است که اسید هیومیک سبب تشکیل کمپلکس‌های محلول با عناصر ریزمغذی می‌گردند و از این طریق تیمار اسید هیومیک بیشترین تأثیر را بر درصد نیتروژن دارد. از نظر درصد پروتئین نیز با توجه به اینکه درصد پروتئین به درصد نیتروژن وابسته می‌باشد، مشاهده شد که اسید هیومیک تأثیری که بر درصد نیتروژن داشت بر درصد پروتئین هم نشان داد و این نشان‌دهنده رابطه مستقیم و تأثیری است که نیتروژن بر میزان پروتئین می‌گذارد. برخی محققان نشان دادند که جذب کلی نیتروژن به‌صورت خطی در ارتباط با مقادیرکاربرد نیتروژن است ولی در شرایط شوری، این جذب کلی بدون توجه به مقدار نیتروژن، متوقف می‌شود و جذب کلی نیتروژن در سطوح پایین شوری به‌صورت معنی‌داری بیشتر از جذب آن در سطوح بالای شوری است (Khan *et al*., 2017). کاهش مقدار نیتروژن در اندام‌های هوایی را در محیط‌های شور را می‌توان ناشی از ممانعت یون کلر از جذب نیترات به‌دلیل رابطه آنتاگونیستی بین یون کلر با یون نیترات در محیط‌های شور دانست (حاجی آقایی و همکاران، ۱۳۹٤). بالابودن میزان نیتروژن را چنین می‌توان توجیه کرد که هیومیک اسید با تحریک جذب $NO3^-$ توسط افزایش بیان پروتئین حامل نیتروژن در سطح غشای سلولی و همچنین تغییر در میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]



شکل ۲- برهمکنش شوری و هیومیک اسید بر پروتئین محلول کل. میانگین‌های دارای یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

کاتیون‌ها جذب نیتروژن را افزایش می‌دهد. همچنین می‌توان اثر هورمونی شبیه جیبرلین این ماده را در جذب نیتروژن دخیل دانست (Khaled and Fawy, 2011). براساس نتایج پژوهشی بر خصوصیات گل رز، اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری بر میزان تجمع پروتئین کل در برگ گیاه داشته است. بیشترین میزان پروتئین کل مربوط به تیمار ۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بود (طالبی و جبارزاده، ۱۳۹۷).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این پژوهش حاکی از تأثیرپذیری معنی‌دار ماده خشک تولیدی مرزه خوزستانی از فاکتورهای آزمایشی داشت به‌طوری‌که تنش شوری در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار بیشترین کاهش ماده خشک تولیدی این گیاه را سبب شد که نسبت به شرایط شاهد (بدون شوری)، ١٦ درصد کاهش را نشان داد. از طرفی دیگر کاربرد کود هیومیک اسید منجر به بهبود ماده خشک تولیدی شد و از این نظر کاربرد بالاترین سطح هیومیک اسید یعنی ٦٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم هیومیک اسید، عملکرد ماده خشک تولیدی را ۲۵ درصد افزایش داد. از دلایل واکنش ماده خشک تولیدی مرزه به فاکتورهای آزمایشی می‌توان به تغییرات غلظت عناصر غذایی اندام‌های گیاهی (ریشه، ساقه و برگ) در این شرایط اشاره نمود، به‌طوری‌که تحت تنش شوری با افزایش شدت تنش تا ۱۰۰ میلی‌مولار میزان سدیم اندام‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین تنش شوری موجب کاهش غلظت عناصر مفید به‌ویژه در شرایط عدم استفاده از هیومیک اسید شد که با کاربرد اسید هیومیک و افزایش کاربرد آن به‌خصوص در تیمار ٦٠ میلی‌گرم هیومیک اسید توانست اثرات منفی شوری را تخفیف دهد و غلظت عناصر ضروری برای رشد گیاه افزایش یابد. پروتئین محلول کل نیز با افزایش شدت تنش شوری تا ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش پیدا کرد ولی کاربرد هیومیک اسید توانست اثرات این تنش را کاهش دهد و مخصوصاً در شرایط بدون شوری و استفاده از ٦٠ میلی‌گرم در کیلوگرم از اسید هیومیک میزان پروتئین محلول به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

منابع

احمدی، ع.، بیات، ح. و توکلی نکو، ح. (١٣٩٦) پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک نونهال‌های پده (*Populus euphratica* Oliv.) به تنش شوری در شرایط گلخانه. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ٢٥: ١٣٦-١٢٧.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]

جمشیدی، م.، افتخاری، ک.، نویدی، م. ن. و مؤمنی، ع. (۱۳۹٤) چهل سال مطالعات خاکشناسی در مؤسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. تهران.

حاجی آقایی کامرانی، م.، رحیمی چگنی، ا.، حسین نیا، ه. و بابایی، ع. (۱۳۹٤) اثر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم بر غلظت عناصر در برگ گندم در شرایط آب کشت. بوم‌شناسی گیاهان زراعی ۱۱: ۳۱-٤۰.

حجازی مهریزی، م. و سعادت‌فر، ا. (۱۳۹۸) تأثیر متقابل شوری و تغذیه روی و مس بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه رزماری در یک خاک آهکی. مهندسی زراعی ٤۲: ٦۱-٤۹.

سیلاوی، ب. و افتخاری، س. ع. (۱۳۹۵) بررسی اثرات شوری آب آبیاری بر میزان کلروفیل برگ و جذب عناصر غذایی کاهوی بومی اهواز با کاربرد مقادیر مختلف هیومیک اسید. سومین همایش ملی یافته‌های نوین در علوم کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار. جیرفت.

طالبی، پ. و جبارزاده، ز. (۱۳۹۷) تأثیر کاربرد اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گل رز مینیاتوررقم هفت رنگ. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۷: ۲۷۳-۲٦۳.

طالبی، پ.، جبارزاده، ز. و رسولی صدقیانی، م. ر. (۱۳۹۵) تأثیر نحوه کاربرد و غلظت‌های مختلف هیومیک اسید بر عملکرد و میزان جذب عناصر معدنی گل رز مینیاتور رقم هفت رنگ. مجله به‌زراعی کشاورزی ۱۸: ۷۸۹-۸۰٤.

عالی نژادیان بید آبادی، ا.، حسنی، م. و ملکی، ع. (۱۳۹۷) تأثیر مقدار و شوری آب بر شوری خاک و رشد و غلظت عناصر غذایی اسفناج در گلدان. مجله تحقیقات خاک و آب ایران ٤۹: ٦۵۱-٦٤۱.

محمدیه، ز.، مقدم، م.، عابدی، ب. و سمیعی، ل. (۱۳۹٤) تأثیر تنش شوری بر برخی پارامترهای عملکردی و خصوصیات مورفولوژیک گیاه نعناع سبز در شرایط هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ٦: ۹۷-۱۰٦.

مرادی مرجانه، ا.، گلوی، م.، رمرودی، م. و سلوکی، م. (۱۳۹٦) بررسی برخی ویژگی‌های کمی و فیزیولوژیک گیاه دارویی رزماری تحت تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی در چین‌های مختلف. مجله به‌زراعی کشاورزی ۱۹: ۱۰۷٦-۱۰٦۱.

وجودی مهربانی ،ل.، حسن‌پور اقدم، م. ب. و ولی‌زاده کامران، ر. (۱۳۹٦) بررسی رشد و برخی صفات فیزیولوژیکی مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش شوری. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۱۱: ۱۱۰-۹۹.

یاری، م.، کریمی، ن.، قاسمپور، ح. ر. و مرادی، ا. (۱۳۹۳) بررسی تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی و شاخص‌های آن در گیاه دارویی مرزه *Satureja hortensis*. اولین همایش ملی گیاهان دارویی، طب سنتی و کشاورزی ارگانیک، همدان ،دانشگاه شهید مفتح.

Aghaei fard, F., Babalar, M., Fallahi, E. and Ahmadi, A. (2016) Influence of humic acid and salicylic acid on yield, fruit quality and leaf mineral elements of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* duch.) cv. Camarosa. Journal of Plant Nutrition 39: 1821-1829.

Ahmad, M. S. A., Javed, F., Javed, S. and Alvi, A. K. (2009) Relationship between callus growth and mineral nutrients uptake in salt-stressed Indica rice callus. Journal of Plant Nutrition 32: 382-394.

Akinci, S., Buyukkeskin, T., Eroglu, A. and Erdogan, B. E. (2009) The effect of humic acid on nutrient composition in broad bean (*Vicia faba* L.) roots. Journal of Science Biology 1: 81-87.

Balakumbahan, R. and Rajamani, K. (2010) Effect of biostimulants on growth and yield of Senna (*Cassia angustifoliavar* KKM.1). Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, IDOSI Publication 2: 16-8.

Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annals of Biochemistry 72: 248-254.

Carl, F. and Zimmermann Carolyn, W. (1997) Keefe "Determination of Carbon and Nitrogen in Sediments and Particulates of Estuarine/Coastal Waters Using Elemental Analysis", university of Maryland System Center for Environmental Estuarine Studies, Chesapeake Biological Laboratory.

Casagrande, J. C., Alleon, L. R. F., Camargo, O. A. and Arnone, A. D. (2004) Effects of pH and ionic strength on zinc sorption by a variable charge soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 35: 2087-2095.

Celik, O., Atak, C. and Rzakulieva, A. (2008) Stimulation of rapid regeneration by a magnetic field in paulownia node

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]

cultures. Journal of Central European Agriculture 9: 297-304.
Chawla, S., Jain, S. and Jain, V. (2013) Salinity induced oxidative stress and antioxidant system in salt tolerant and salt sensitive cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology 1: 27-34.
Chen, S., Li, J., Wang, S. H., Fritz, E., Hüttermann, A. and Altman, A. (2003) Effects of NaCl on shoot growth, transpiration, ion compartmentation, and transport in regenerated lants of *Populus euphratica* and *Populus tomentosa*. Canadian Journal of Forest Research 33: 967-975.
Cimrin, K. M. and Yilmaz, I. (2005) Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science 55: 58-63.
Cimrin, K. M., Turkmen, O., Turan, M. and Tuncer, B. (2010) Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling. African Journal of Biotechnology 9: 5845-5851.
Fang, K., Yuan, D., Zhang, L., Feng, L., Chen, Y. and Wang, Y. (2015) Effect of environmental factors on the complexation of iron and humic acid. Journal of Environmental Sciences 27: 188-196.
Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E. G. and Cicek, N. (2007) Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. Journal of Plant Physiology 164: 728-736.
Hafez, M. M., Shafeek, M., Mahmoud, A. R. and Ali, A. H. (2015) Beneficial effects of nitrogen fertilizer and humic acid on growth, yield and nutritive values of spinach (*Spinacia olivera* L.). Journal of Applied Sciences 5: 597-603.
Heidari, A., Toorchi, M., Bandehagh, A. and Shakiba, M. R. (2011) Effect of NaCl stress on growth, water relations, organic and inorganic osmolytes accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.) lines. Universal Journal of Environmental Research and Technology 1: 351-362.
Khaled, H. and Fawy, H. A. (2011) Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. Soil and Water Research 6: 21-29.
Khan, A., Tan, D. K. Y., Afridi, M. Z., Luo, H., Tung, S. A., Ajab, M. and Fahad, S. (2017) Nitrogen fertility and abiotic stresses management in cotton crop: A review. Environmental Science and Pollution Research 24: 14551-14566.
Mikkelsen, R. L. (2005) Humic materials for agriculture. Science Research 89: 6-7.
Mora,V., Baigorri, R., Bacaicoa, E. and Zamarreno, A. (2012) The humic acid-induced changes in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture causedby humicacid in cucumber. Environmental and Experimental Botany 76: 24-32.
Nikbakbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y. P., Luo, A. and Etemadi, N. A. (2008) Effect of humic acid on plant growh, nutrient uptake and post havest life of Gerbera. Journal of Plant Nutrition 31: 2155-2167.
Nikolic, M., Cesco, S., Romheld, V., Varanini, Z. and Pinton, R. (2003) Uptake of iron (Fe-59) complexed to water-extract able humic substances by sunflower leaves. Journal of Plant Nutrition 26: 2243-2252.
Nimir Eltyb, A. N., Lu, Sh., Zhou, G., Guo, W., Ma, B. and Wang, Y. (2015) Comparative effects of gibberellic acid, kinetin and salicylicacid on emergence, seedling growth and the antioxidantdefence system of sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) under salinity and temperature stresses. Crop and Pasture Science 66: 145-157.
Ounia, Y., Ghnayaa, T., Montemurrob, F., Abdellya, C. H. and Lakhdara, A. (2014) The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity. International Journal of Plant Production. 8: 353-374.
Rayan, J. R., Estefan, G. and Rashid, A. (2001) Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. 2nd Ed. ICARDA, Syria.
Sabzevari, S. and Khazaie, H. (2016) The effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Bum/shinasi-i kishavarzi 1: 53-63.
Sanchez, A., Sanchez-Anderu, J., Juarez, M., Jorda, J. and Bermudez, D. (2002) Humic substances and amino acid improve effectiveness of Chelate feEDDHA in Lemons trees. Journal of Plant Nutrition 25: 2433-2442.
Setia, R., Gottschalk, P., Smith, P., Marschner, P., Baldock, J., Setia, D. and Smith, J. (2013) Soil salinity decreases global soil organic carbon stocks. Science of the Total Environment 465: 267-272.
Shalaby, O. and EL-Messairy, M. (2018) Humic acid and boron treatment to mitigate salt stress on the melon plant. Acta Agriculturae Slovenia 111: 349-356.
Vaughan, D. and Malcolm, R. E. (1979) Effect of soil organic matter on peroxidase activity of wheat roots. Soil Biology and Biochemistry 11: 57-63.
White, R. E. (1976) Studies on the mineral ion absorption by plant, The interaction of aluminium phosphate and pH on the growth of *Medicago sativa*. Journal of Plant and Soil 46: 195-208.
Yang, S. J., Zhang, Z. L., Xue, Y. X., Zhang, Z. F. and Shi, S. Y. (2014) Arbuscular mycorrhizal fungi increase salt tolerance of apple seedlings. Botanical Studies 55: 70-76.
Yousefi, S., Wissal, M., Mahmoudi, H., Abdelly, C. and Gharsalli, M. (2007) Effect of salt on physiological responses of barley to iron deficiency. Journal of Plant Physiology and Biochemistry 45: 309-314.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]

An investigation of effects of humic acid on changes in nutrients concentration of leaf, root and stem of *Satureja khuzestanica* under salinity stress

Hadis Zaremanesh[1], Hamid Reza Eisvand[1*], Naser Akbari[1], Ahmad Ismaili[1], Mohammad Feizian[2]

[1] Department of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University
[2] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University
(Received: 06/07/2020, Accepted: 06/10/2020)

Abstract

To investigate the influence of humic acid on the amount of absorption and allocation of elements on different parts of *Satureja khuzestanica* under salinity stress conditions, a greenhouse experiment was done as factorial based on a randomized complete block design in four replications. Factors included humic acid (zero, 10, 20, 30 and 40 mg kg^{-1} soil), and salinity stress (zero, 25, 50, 75 and 100 mM NaCl). It was found that the shoot dry weight was decreased with increasing the intensity of salinity stress; at a level of 100 mM sodium chloride, the average of this trait was reduced by 16%. In contrast, the use of humic acid, particularly 60 mg/kg soil, increased the shoot dry weight by 25% compared to the control. The effect of humic acid, salinity, and their interaction were significant ($P\leq0.01$) on measured characteristics except stem and leaf nitrogen. Results showed that among organs (root, stem and leaf), the highest amount of sodium, potassium, phosphorus, zinc and nitrogen (5064, 9000, 13, 19.92 and 3.91 mg kg^{-1} dry weight) were observed in leaf in the S_1H_5, S_2H_2, S_1H_4, and S_1H_5 treatments, respectively. Among different organs, maximum iron content (759.9 mg kg^{-1} of dry weight) was observed in roots under S_2H_1. In general, with increasing salinity and decreasing humic acid, the concentration of salts such as sodium increased whereas the concentration of useful and essential elements for the plant decreased. According to the results, it can be stated that probably soil application of humic acid at high amounts (40 and 60 mg/kg soil) can moderate the effects of salinity stress by affecting the nutrient changes of plant organs.

Key words: Abiotic stresses, Micronutrients, Biofertilizer, *Satureja khuzestanica*

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]

Corresponding author, Email: eisvand.hr@lu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.15.5]