نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۸، آذر - دی ۱۴۰۳، ص. ۷۹۴-۷۸۳

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.5, Vol. 18, Dec.-Jan. 2024, p. 783-794

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی تعدیل تنش شوری آب در گیاه برگ نو ژاپنی (*Ligustrum japonicum*) با کاربرد اسید هیومیک

فاطمه فضلی ابوخیلی[۱]، مهناز کریمی*[۲]، ویدا چالوی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۲

چکیده

شوری آب و خاک بر رشد و توسعه گیاهان (به‌عنوان نمونه گیاهان مورد استفاده در فضای سبز) تأثیر منفی می‌گذارد. به منظور بررسی اثر اسید هیومیک بر بهبود صفات رویشی و فیزیولوژیکی گیاه برگ نو ژاپنی تحت آبیاری با آب شور، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی اجرا گردید. فاکتور اول شوری آب آبیاری (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار آب شور حاوی کلرید سدیم) و فاکتور دوم اسید هیومیک (صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. طبق نتایج بدست آمده بیشترین طول شاخه، طول و عرض برگ و تعداد برگ‌های جدید در اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدون آب شور بدست آمد. در گیاهانی که تحت شوری ۱۸۰ میلی‌مولار بدون پیش تیمار اسید هیومیک قرار گرفتند صفات مذکور کاهش معناداری در مقایسه با سایر تیمارها داشتند. وزن تر و خشک شاخساره در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بدون آبیاری با آب شور افزایش داشت. بیشترین وزن تر و خشک ریشه به ترتیب در ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بدون شوری و کمترین مربوط به شوری ۱۸۰ میلی‌مولار بدون کاربرد اسید هیومیک بود. میزان کلروفیل کل در تیمار اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدون شوری در حداکثر بود. اسید هیومیک با یون‌های سدیم و دیگر نمک‌های مضر وارد واکنش می‌شود بنابراین در کاهش غلظت یون‌های سمی خاک موثر است. با توجه به نتایج بدست آمده، کاربرد اسید هیومیک به منظور کاهش اثرات منفی شوری آب آبیاری در گیاه برگ نو ژاپنی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، تنش محیطی، کلرید سدیم، گیاه زینتی، کود آلی

مقدمه

برگ نو ژاپنی (*Ligustrum japonicum*) درختچه زینتی همیشه سبز متعلق به خانواده زیتون است. این گیاه کاربرد فراوانی در زیباسازی فضای سبز شهری دارد. گل‌های خوشه‌ای سفید رنگ آن در فصل بهار ظاهر می‌شود. شوری تنش غیرزنده‌ای است که تولیدات کشاورزی را به‌طور جدی تهدید می‌کند. خاک و آب شور بر فرآیندهای مورفولوژیکی و سلولی گیاهان در طی مراحل مختلف رشد اثر دارد (Raza et al., 2022). امروزه به دلیل افزایش خاک و آب شور گیاهان بیشتر تحت‌تاثیر تنش شوری قرار می‌گیرند (Zulfiqar et al., 2023). اثرات شوری بر مراحل اولیه نمو گیاه بسیار مهم است اما به‌طور کلی شوری سنتز کلروفیل و فرآیند فتوسنتز را محدود کرده و می‌تواند مستقیماً بر تولید و عملکرد گیاه تأثیر منفی بگذارد (Sobrinho et al. 2023).

اسید هیومیک از تجزیه میکروبی مواد گیاهی و حیوانی به‌دست می‌آید (Abdel-Latef et al., 2024) و از مهمترین اجزای محرک‌ها و کودهای زیستی محسوب می‌شود. مواد هیومیکی به‌طور قابل توجهی با تأثیرگذاری بر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک کمک زیادی به حاصلخیزی خاک می‌کنند بدین ترتیب تأثیر مثبتی نیز بر تغذیه گیاه دارند. محققان گزارش کرده‌اند که محرک‌های زیستی طبیعی اثرات مثبتی بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و فعالیت‌های فیتوشیمیایی گیاه دارند (Michalak et al. 2021). کاهش هدایت الکتریکی خاک، کاهش تجمع سدیم، افزایش پرولین و اسید آبسیزیک در گیاه از جمله مکانیسم‌هایی است که سبب مقاومت به شوری گیاه در اثر کاربرد اسید هیومیک می‌شود (Mohamed, 2012). مطالعه‌ای روی گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis*)

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: karimi@sanru.ac.ir

تحت تنش شوری انجام گرفت. طبق نتایج بدست آمده تنش شوری منجر به کاهش ارتفاع و تعداد شاخه در گیاه شده و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در پی داشته است (Morsi et al., 2018). یافته‌های پژوهشی روی گیاه تاج خروس (*Celosia argentea*) نشان داد شوری باعث کاهش ارتفاع بوته، تعداد گل‌آذین و تراکم گل در بوته شد و محتوای کاروتنوئید و کلروفیل کاهش یافت. همچنین غلظت سدیم، کلر و پرولین زمانی که گیاهان در معرض شوری بالاتر قرار گرفتند افزایش نشان داد و با کاربرد اسیدهیومیک به طور معنی‌داری محتوای ارزیابی‌شده سدیم و کلر کاهش نشان داد (Abdel-Latef et al., 2024). به‌منظور اصلاح اثرات مضر تنش شوری خاک در گیاه مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک صورت گرفت. نتایج نشان داد سطوح شوری بستر کاشت به‌طور معنی‌داری باعث کاهش اجزای عملکرد، عملکرد روغن‌های فرار، درصد کربوهیدرات کل و محتوای کلروفیل کل گیاه در مقایسه با شاهد شد. کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک در کاهش اثرات شوری مفید واقع شد و به بهبود اجزای عملکرد، شاخص مقاومت به نمک، محتوای کلروفیل کل و تولید اسانس در گیاهان کمک کردند (Heba *et al*., 2021).

در طی سال‌های اخیر درصد خاک‌های شور و غلظت نمک در آب افزایش داشته است. بنابراین کاربرد گیاهان مقاوم به شوری در فضای سبز یا استفاده از ترکیباتی که بتواند مقاومت گیاهان به شوری را افزایش دهد ضروری به نظر می‌رسد. اسید هیومیک به عنوان ترکیب آلی و ارزان قیمت (در مقایسه با دیگر ترکیبات ضد تنش)، اثرات متفاوتی در گونه‌های مختلف گیاهی در مقابله با کاهش اثرات شوری دارد. اثر اسید هیومیک در گیاهان زینتی بویژه درختچه‌های زینتی در کاهش اثرات شوری آب آبیاری کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از پژوهش حاضر بررسی نقش اسید هیومیک در بهبود رشد رویشی و صفات فیزیولوژیکی گیاه برگ نو ژاپنی تحت آبیاری با آب شور بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی گیاه برگ نو ژاپنی در شرایط آبیاری با آب شور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا گردید. تیمار اول آبیاری با آب شور (صفر،۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و تیمار دوم استفاده از غلظت‌های مختلف اسید هیومیک (صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. بوته‌های یکساله، یکنواخت و سالم برگ نو ژاپنی در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر حاوی سه قسمت لوم و یک قسمت کمپوست کاشته شد. برخی از خصوصیات بستر کشت مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. گلدان‌ها در داخل گلخانه پلاستیکی با میانگین دمای ۲±۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد قرار گرفتند. دو ماه بعد از انتقال گیاهان در گلدان، اسید هیومیک با غلظت‌های تعیین‌شده در آب مقطر حل شد و هر ۱۵ روز به‌مدت دو ماه پای گلدان استفاده گردید. بعد از گذشت دو ماه از تیمار اسید هیومیک، آبیاری با آب شور به‌مدت سه ماه هر ۷ روز یک بار با غلظت‌های مشخص شده کلرید سدیم اعمال گردید. غلظت‌های مورد نظر کلرید سدیم وزن و در آب مقطر حل شد و در گلدان‌ها استفاده گردید. آبیاری به حدی صورت می‌گرفت تا آب از زیر گلدان خارج شود و هدایت الکتریکی آب خروجی بررسی می‌شد تا با هدایت الکتریکی آب شور ورودی در داخل گلدان یکسان باشد. بعد از گذشت سه ماه از اعمال تنش، صفاتی شامل طول شاخه اصلی و فرعی، طول و عرض برگ، تعداد برگ جدید، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه، کلروفیل، کاروتنوئید، محتوای فنل، فلاونوئید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای آب نسبی برگ، نشت یونی، پرولین، پراکسید شدن لیپیدها و عناصر پتاسیم، کلسیم، سدیم و کلر اندازه‌گیری شدند.

برای محاسبه وزن خشک شاخساره بعد از توزین وزن تر، در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. برای اندازه‌گیری وزن‌تر ریشه، پس از خارج کردن از خاک و شستشو، به کمک ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. بعد از توزین وزن تر، ریشه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. جهت عصاره‌گیری کلروفیل کل و کاروتنوئید از متانول استفاده شد (Carter and Knap, 2001). فنل کل با روش فولین سیوکالته (Ordonez, 2006) و فلاونوئید با روش کریزک (Krizek, 1998) بررسی شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب، ابتدا نمونه برگ در آب مقطر و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. سپس وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری شد و در نهایت برگ‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفت و وزن خشک اندازه‌گیری گردید (Sánchez et al., 1998). برای ارزیابی میزان نفوذپذیری غشاء، نمونه‌های برگی پس از شستشو با آب مقطر، به‌همراه ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس مقدار نشت یونی توسط دستگاه هدایت‌سنج قرائت گردید. سپس، نمونه‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه به حمام آب گرم با دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و پس از خنک شدن مجدداً نشت یونی قرائت شد (Lutts et al., 1996). برای اندازه‌گیری پرولین پس از استخراج با سولفو سالیسیلیک‌اسید، اسید نین‌هیدرین و استیک اسید عصاره با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد (Bates, 1973). پراکسیدشدن لیپیدها با تعیین محتوای مالون دی آلدئید بررسی شد (Heath and

(Packer, 1968).

برای اندازه‌گیری غلظت عناصر، نمونه‌های برگ در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک و پودر شد. هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک – اسید سالیسیلیک – آب اکسیژنه، به روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید هیدروکلریک در کوره انجام شد. پس از تهیه عصاره، پتاسیم و سدیم با استفاده از دستگاه فلایم‌فتومتر محاسبه گردید. میزان جذب کلسیم با دستگاه جذب اتمی به‌دست آمد. کلر نمونه گیاه نیز در محیط قلیایی خاکستر شده و کلر موجود در خاکستر به وسیله آب مقطر گرم استخراج و در مجاورت معرف کرمات پتاسیم با نیترات نقره استاندارد طی مراحل مختلف مشخص گردید (Wahing et al., 1989). تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SAS و مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

جدول ۱- برخی از خصوصیات بستر کشت مورد استفاده در آزمایش

	بستر کشت	اسیدیته	هدایت الکتریکی (میلی‌زیمنس)	کربن آلی	مواد آلی	ازت کل (درصد)	فسفر کل (میلی‌گرم در لیتر)	پتاسیم کل (میلی‌گرم در لیتر)
خاک		۷/۵	۶/۹	۱۲/۸۷	۲۲/۱۸	۱/۲۸	۸۳	۸۹۶
کمپوست		۸	۳/۴	۱۳/۴۵	۲۳/۱۹	۱/۳۴	۹۶	۱۰۶۰

نتایج و بحث

طبق جدول تجزیه واریانس (۲) برهمکنش شوری و اسید هیومیک بر طول شاخه، طول و عرض برگ و تعداد برگ جدید معنی‌دار بود. بیشترین طول شاخه در گیاهان تیمار شده با اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدون شوری بدست آمد. کمترین طول در شوری ۱۸۰ میلی‌مولار بدون اسید هیومیک ثبت شد. طول و عرض برگ و تعداد برگ‌های جدید ظاهر شده در اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم بدون تیمار شوری در حداکثر بود. در گیاهانی که تحت شوری ۱۸۰ میلی‌مولار بدون پیش تیمار اسید هیومیک قرار گرفتند طول و عرض برگ کمترین بود (جدول ۳).

زمانی که گیاه در تحت شرایط شوری قرار می‌گیرد عناصر تشکیل‌دهنده نمک توسط گیاه به مقدار زیاد جذب شده و باعث کاهش کارایی فتوسنتز و تأثیر منفی بر رشد گیاه می‌شود (Bayat et al., 2024). بنابراین شاخص‌های رشدی گیاه از جمله رشد شاخه و برگ، تحت‌تاثیر این تنش با کاهش رشد همراه می‌شود. به‌طوری‌که در پژوهش حاضر طول شاخه و همچنین طول و عرض برگ کاهش نشان داد و با افزایش غلظت شوری تعداد برگ‌های جدید کمتری تشکیل شد، کاربرد اسید هیومیک اثر منفی شوری را کاهش داد. در پژوهش‌هایی بیان شده است که مواد هیومیکی با افزایش جذب عناصر غذایی و کاهش سمیت برخی عناصر سبب بهبود رشد گیاه می‌شوند (Abdel-Latef et al., 2022).

نتایج تجزیه واریانس (۴) نشان داد اثر شوری و اسید هیومیک در سطح احتمال یک درصد بر زیست‌توده گیاه (وزن تر و خشک شاخه و وزن تر و خشک ریشه) معنی‌دار بود. بیشترین وزن تر شاخه (۲۰۲/۷۲۸ گرم) و وزن خشک شاخه (۹۲/۸۲۵ گرم) در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بدون شوری به‌دست آمد. در گیاهان تیمار نشده با اسید هیومیک که تحت تاثیر غلظت ۱۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم قرار داشتند کمترین وزن تر و خشک شاخه به‌دست آمد. بیشترین وزن تر ریشه (۱۵۰/۸۰۰ گرم) در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و بیشترین وزن خشک ریشه (۱۵۲ گرم) در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بدون شوری بود که نسبت به شاهد ۸۰/۹۵ درصد افزایش نشان داد. کمترین وزن تر و خشک ریشه در شوری ۱۸۰ میلی‌مولار بدون کاربرد اسید هیومیک به‌دست آمد (جدول ۵).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر برخی صفات رشدی برگ نو ژاپنی تحت تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول شاخه	طول برگ	عرض برگ	برگ جدید
شوری (A)	۲	۵۱۰/۵۲**	۸۵۸/۵۸**	۲۲۲/۳۸**	۲۵۶۰/۳۳**
اسید هیومیک (B)	۳	۸۸/۸۲	۴۵/۶۴**	۲۶/۷۱**	۱۸۵/۶۴**
A*B	۶	۹/۰۷**	۱۷/۷۱**	۴/۸۵**	۵/۶۴*
خطا	۳۶	۰/۱۲	۰/۹۰	۰/۴۱	۱/۷۰
ضریب تغییرات (٪)		۰/۸۹	۰/۹۷	۳/۶۵	۵/۲۱

^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر برخی صفات رشدی برگ نو ژاپنی تحت تنش شوری

شوری (میلی مولار)	اسید هیومیک (میلی‌گرم در لیتر)	طول شاخه (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)	عرض برگ (سانتی‌متر)	برگ جدید
۰	۰	۴۳/۲۷۵۰ c	۳۵/۷۹۵۰ c	۲۱/۱۹۵۰ b	۳۸/۵۰۰۰ c
	۵۰۰	۴۷/۷۶۲۵ b	۳۷/۰۵۷۵ b	۲۱/۸۲۲۵ b	۴۲/۵۰۰۰ b
	۱۰۰۰	۵۱/۲۲۵۰ a	۴۳/۱۲۵۰ a	۲۳/۶۰۲۵ a	۴۶/۵۰۰۰ a
۶۰	۰	۴۱/۵۰۰۰ d	۳۴/۳۷۰۰ d	۱۸/۱۵۰۰ d	۲۶/۵۰۰۰ f
	۵۰۰	۴۳/۰۰۰۰ c	۳۵/۵۸۵۰ c	۲۰/۲۰۰۰ c	۳۰/۵۰۰۰ e
	۱۰۰۰	۴۲/۸۲۰۰ c	۳۳/۹۴۰۰ ed	۱۹/۲۹۲۵ c	۳۴/۵۰۰۰ d
۱۲۰	۰	۳۴/۲۱۲۵ g	۲۷/۹۴۷۵ g	۱۶/۳۹۲۵ f	۱۴/۵۰۰۰ i
	۵۰۰	۳۹/۱۲۵۰ f	۳۱/۵۴۰۰ f	۱۷/۱۲۰۰ ef	۱۸/۵۰۰۰ h
	۱۰۰۰	۴۰/۰۰۰۰ e	۳۳/۶۹۵۰ e	۱۷/۷۶۵۰ de	۲۲/۵۰۰۰ g
۱۸۰	۰	۳۰/۳۲۵۰ j	۱۸/۶۴۰۰ i	۹/۳۵۳۸ i	۷/۲۵۰۰ k
	۵۰۰	۳۲/۵۷۵۰ i	۱۹/۰۰۰۰ i	۱۱/۸۷۵۰ h	۸/۷۵۰۰ jk
	۱۰۰۰	۳۳/۵۳۷۵ h	۱۹/۵۰۰۰ h	۱۴/۷۳۰۰ g	۱۰/۵۰۰۰ j

در هر ستون اعداد با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر زیست‌توده برگ نو ژاپنی تحت تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر شاخه	وزن خشک شاخه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
شوری (A)	۲	۳٤٤۹۵/۱۷**	٦٤۱۰/۹۰**	۱۹۰٤۵/٤٦	۱٤۸۳۷/۱۱**
اسید هیومیک (B)	۳	۲۹۷۸/۸۹**	۵۵۷/۸۲**	۱۷۸۲/۰۹**	۲۹۵۷/۰٦**
A*B	٦	٤٦۱/٤۷**	۱۱۱/۰۹**	۲٤۵/۲۸**	۹۵٤/۲۵**
خطا	۳٦	٦۰/٦۰	۱۲/٦۳	۱۹/۹۵	۵۱/٤۱
ضریب تغییرات(٪)		٦/٦۰	٦/۹٦	٤/۹۹	۱۰/۹٤

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر زیست توده برگ نو ژاپنی تحت تنش شوری

شوری (میلی مولار)	اسید هیومیک (میلی‌گرم در لیتر)	وزن تر شاخه (گرم)	وزن خشک شاخه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
۰	۰	۱۶۲/۷۲۵ c	۶۸/۴۵۰ c	۱۲۲/۴۲۵ c	۸۴/۰۰۰ c
	۵۰۰	۲۰۲/۷۲۸ a	۹۲/۸۲۵ a	۱۵۰/۸۰۰ a	۱۰۲/۵۰۰ b
	۱۰۰۰	۱۸۲/۷۷۵ b	۷۸/۳۵۰ b	۱۳۶/۹۱۳ b	۱۵۲/۰۰۰ a
۶۰	۰	۱۲۴/۲۵۰ e	۵۲/۱۲۵ ef	۹۳/۹۷۸ f	۶۱/۵۰۰ ef
	۵۰۰	۱۲۸/۶۵۰ de	۵۶/۵۲۵ de	۱۰۲/۴۲۵ e	۷۵/۲۵۰ cd
	۱۰۰۰	۱۳۹/۱۰۰ d	۵۸/۴۲۵ d	۱۱۱/۷۳۵ d	۶۹/۲۵۰ de
۱۲۰	۰	۹۲/۶۷۵ g	۳۹/۸۲۵ h	۶۸/۸۵۸ h	۴۴/۷۵۰ ghi
	۵۰۰	۱۱۲/۸۵۰ f	۴۳/۸۷۵ gh	۲۱۳/۸۳ g	۵۰/۰۰۰ gh
	۱۰۰۰	۱۰۵/۹۰۰ f	۴۸/۷۵۰ gf	۲۱۰/۷۳ h	۵۴/۷۵۰ gf
۱۸۰	۰	۲۸/۷۷۵ j	۱۷/۵۰۰ j	۲۳/۸۰۳ k	۱۷/۰۰۰ j
	۵۰۰	۶۰/۳۷۵ i	۳۰/۲۷۵ i	۴۸/۹۲۵ j	۳۵/۰۰۰ i
	۱۰۰۰	۷۳/۴۵۰ h	۲۵/۸۵۰ i	۵۶/۶۶۰ i	۴۰/۰۰۰ hi

در هر ستون اعداد با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند

شوری با ایجاد تنش اسمزی سبب کاهش جذب آب و آسیب به سیستم ریشه‌ای می‌گردد که در نهایت کاهش رشد رویشی و وزن تر گیاه می‌گردد. همچنین تجمع یون‌های سمی و کمبود عناصر غذایی در کاهش زیست توده گیاه موثر می‌باشد (Yang and Guo, 2018). اسید هیومیک با اثرات شبه هورمونی سبب بهبود رشد ریشه و جذب مواد مغذی می‌گردد. همچنین بیان شده است مواد هیومیکی با افزایش رنگدانه کلروفیل و فتوسنتز سبب افزایش ماده خشک گیاه می‌شوند (Kazemi et al., 2019). مطابق با نتایج پژوهش حاضر اسید هیومیک سبب بهبود زیست توده گیاه رزماری گردید (حقیقی و همکاران، ۱۴۰۲). در پژوهش حاضر بیشتر صفات رویشی گیاه از جمله طول شاخه، عرض برگ و تعداد برگ جدید در گیاهان تحت تیمار با آب شور که با اسید هیومیک تیمار شده بودند در مقایسه با گیاهان تحت شوری بدون اسید هیومیک، بیشتر بود که این افزایش سبب بهبود زیست توده گیاه گردید.

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر برخی صفات برگ نو ژاپنی تحت تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل	کاروتنوئید	فنل	فلاونوئید	آنتی‌اکسیدان
شوری (A)	۲	۰/۱۷۲۴**	۰/۰۶۰۹**	۰/۸۵۰۱**	۰/۹۳۹۰**	۵۶۹۱/۸۱**
اسید هیومیک (B)	۳	۰/۰۲۶۸**	۰/۰۲۲۸**	۰/۶۴۷۹**	۰/۱۸۷۲**	۳۳۱۱/۷۵**
A*B	۶	۰/۰۰۵۱**	۰/۰۰۲۶**	۰/۱۲۵۰**	۰/۰۱۰۹**	۹۹۶/۰۸**
خطا	۳۶	۰/۰۰۰۵۶	۰/۰۰۰۳۹	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۱۹	۱/۸۰
ضریب تغییرات(٪)		۶/۶۲	۶/۲۸	۵/۳۱	۵/۱۶	۱/۸۷

^{ns} * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) برهمکنش شوری و اسید هیومیک بر میزان کلروفیل کل، کاروتنوئید، محتوای فنل، فلاونوئید و خاصیت آنتی‌اکسیدانی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین میزان کلروفیل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار اسید هیومیک ۱۰۰۰ بدون شوری به‌دست آمد. میزان کلروفیل کل نسبت به تیمار شاهد ۱۷/۵۰ درصد افزایش داشت. حداکثر کاروتنوئید و فنل در گیاهان تیمار شده با اسید هیومیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تحت‌شوری ۶۰ میلی‌مولار بود و کمترین میزان متعلق به شوری ۱۸۰ میلی‌مولار بدون اسید هیومیک بود. میزان فلاونوئید در تیمار اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تحت‌شوری ۶۰ میلی‌مولار بیشترین بود. بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۹۳/۸۱ درصد) در اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. با افزایش غلظت شوری تا ۱۸۰ میلی‌مولار و بدون تیمار اسید هیومیک ظرفیت آنتی اکسیدانی در حداقل میزان قرار گرفت (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر برخی صفات برگ نو ژاپنی تحت تنش شوری

شوری (میلی مولار)	اسید هیومیک (میلی‌گرم در لیتر)	کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	فنل (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	فلاونوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	آنتی اکسیدان (درصد)
۰	۰	۰/۴۵۸۵۰ ^{b}	۰/۳۴۰۰۰ ^{de}	۰/۸۴۰۲۵ ^{ef}	۰/۹۹۹۷۵ ^{cd}	۹۰/۳۲۷۰ ^{b}
	۵۰۰	۰/۴۷۷۷۵ ^{b}	۰/۳۷۲۵۰ ^{bc}	۰/۸۷۲۵۰ ^{e}	۱/۰۱۹۰۰ ^{c}	۹۰/۸۷۳۰ ^{b}
	۱۰۰۰	۰/۵۳۸۷۵ ^{a}	۰/۳۹۵۰۰ ^{b}	۰/۹۰۹۰۰ ^{e}	۱/۱۰۶۵۰ ^{b}	۹۳/۸۱۵۸ ^{a}
۶۰	۰	۰/۳۷۵۵۰ ^{de}	۰/۳۲۲۵۰ ^{ef}	۰/۷۹۱۵۰ ^{gf}	۰/۹۵۱۷۵ ^{d}	۴۴/۴۴۲۸ ^{g}
	۵۰۰	۰/۳۹۵۰۰ ^{cd}	۰/۴۴۰۰۰ ^{a}	۱/۶۱۹۷۵ ^{a}	۱/۰۴۳۵۰ ^{c}	۵۳/۸۶۴۳ ^{f}
	۱۰۰۰	۰/۴۱۸۵۰ ^{c}	۰/۳۶۲۵۰ ^{cd}	۱/۲۳۳۰۰ ^{b}	۱/۲۷۵۲۵ ^{a}	۸۳/۸۶۴۳ ^{e}
۱۲۰	۰	۰/۳۳۲۲۵ ^{f}	۰/۲۹۰۰۰ ^{gh}	۰/۷۴۵۰۰ ^{g}	۰/۶۸۴۷۵ ^{g}	۸۹/۱۰۳۵ ^{d}
	۵۰۰	۰/۳۴۵۲۵ ^{ef}	۰/۲۹۲۵۰ ^{gh}	۱/۱۳۹۲۵ ^{c}	۰/۷۶۵۲۵ ^{f}	۸۸/۱۲۱۸ ^{c}
	۱۰۰۰	۰/۳۵۶۰۰ ^{ef}	۰/۳۱۰۰۰ ^{gf}	۱/۰۵۷۴۳ ^{d}	۰/۸۶۹۷۵ ^{e}	۸۶/۱۳۴۸ ^{bc}
۱۸۰	۰	۰/۱۰۹۰۰ ^{i}	۰/۱۶۰۰۰ ^{j}	۰/۴۵۱۵۰ $^{i(2)}$	۰/۳۴۹۷۵ ^{j}	۸۵/۰۲۱۰ ^{de}
	۵۰۰	۰/۲۱۴۵۰ ^{h}	۰/۲۴۰۰۰ ^{i}	۰/۵۱۷۰۰ $^{i(1)}$	۰/۵۰۵۷۵ ^{i}	۳۱/۵۶۰۸ ^{h}
	۱۰۰۰	۰/۲۸۹۷۵ ^{g}	۰/۲۷۰۰۰ ^{i}	۰/۶۷۵۵۰ ^{h}	۰/۵۹۳۷۵ ^{h}	۲۲/۳۳۷۰ ^{i}

در هر ستون اعداد با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند

گزارش شده است فلاونوئیدها و کاروتنوئیدها با افزایش تحمل تنش در گیاه، مهار رادیکال‌های آزاد اکسیژن و تنظیم خاصیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه تحت تنش شوری مرتبط هستند (Hossain et al., 2022). در مطالعه‌ای تنش شوری محتوای کاروتنوئیدها و سایر رنگیزه‌ها از جمله (لوتئین، لیکوپن، زآگزانتین و فلاوگزانتین) را در گل‌های گل جعفری (*Tagestes eracta* L.) به‌طور معنی‌داری کاهش داد (Alabdallah et al., 2024). در شرایط تنش شوری، ترکیبات فنولیکی نقش بسزایی در جذب و حذف رادیکال‌های آزاد دارند. پژوهشگران دریافتند محتوای فنلی گیاهان آویشن تحت‌تنش شوری در مقایسه با گیاهان شاهد ۲۰ تا ۶۰ درصد افزایش نشان داد (Bistgani et al., 2019). طی تنش شوری تغییراتی در گلیکولیز و چرخه تری کربوکسیلیک در گیاهان ایجاد می‌شود که سبب تناوب در تولید قندها، فنل‌ها و اسیدهای آمینه می‌گردد. این تغییرات متابولیکی به تنظیم اسمزی در سلول کمک می‌نماید (Nadeem et al., 2020). مواد هیومیکی با افزایش دادن قابلیت جذب مواد غذایی از جمله نیتروژن که نقش مهمی در فتوسنتز و تنظیم رشد گیاهی دارند سبب افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شوند (Zeinali and Moradi, 2015). اسید هیومیک با تحریک رشد گیاه و با مکانیسم‌های دخیل در تنفس سلولی، فتوسنتز، سنتز پروتئین، جذب آب و مواد مغذی و فعالیت آنزیم‌ها باعث افزایش عملکرد در گیاه می‌شود (Ramadan et al. 2023) و به همین دلیل آن‌ها می‌توانند باعث تحریک محتوای مواد مغذی، فنل‌ها، فلاونوئیدها و آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاه شوند (Bayat et al. 2021).

جدول ۸- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر برخی صفات برگ نو ژاپنی تحت تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای آب نسبی برگ	پرولین	نشت یونی	پراکسیداسیون لیپیدی
شوری (A)	۲	۲۸۱/۵۶**	۲/۰۸**	۳۱۶۸/۵۴**	۰/۰۱۳ ^{ns}
اسید هیومیک (B)	۳	۱۱۳/۸۳**	۰/۲۲**	۱۱۶۴/۴۱**	۰/۲۵**
A*B	۶	۴۱/۴۸**	۰/۰۰۷۰*	۵۹/۶۳**	۰/۰۳**
خطا	۳۶	۸/۷۰	۰/۰۰۳۵	۱۲/۸۱	۰/۰۰۹۱
ضریب تغییرات(٪)		۳/۴۷	۳/۹۵	۵/۷۱	۱۲/۳۲

^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۸) اثر اسید هیومیک و شوری بر میزان محتوای آب نسبی برگ، نشت یونی و پراکسیداسیون لیپید در سطح احتمال یک درصد و بر میزان پرولین در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. بیشترین میزان آب نسبی برگ در تیمار اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدون شوری بود که با تیمار اسید هیومیک صفر و ۵۰۰ و تیمار اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تحت شوری ۶۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان پرولین و نشت یونی در تیمار شوری ۱۸۰ میکرومولار بدون اسید هیومیک مشاهده شد. بیشترین پراکسیداسیون لیپیدها در تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بدون کاربرد اسید هیومیک بود که با تیمارهای شوری ۶۰ میلی‌مولار + اسید هیومیک صفر و ۵۰۰، شوری ۱۲۰ میلی‌مولار + اسید هیومیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و شوری ۱۸۰ میلی‌مولار + اسید هیومیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان پراکسیدشدن لیپیدها، نشت یونی و میزان پرولین در تیمار ۱۰۰۰ اسید هیومیک بدون شوری به‌دست آمد (جدول ۹).

محتوای نسبی آب یک شاخص مهم فیزیولوژیکی برای وضعیت آب در سلول گیاه است. در پژوهش حاضر، محتوای نسبی آب برگ، تحت‌تاثیر تنش شوری کاهش یافت. افزایش غلظت نمک توانایی گیاه را برای جذب آب کاهش می‌دهد (EL-Bauome et al., 2022). برای محافظت از سلول‌های گیاهی در برابر عوامل نامطلوب اثرات تنش شوری، گیاه اسمولیت از جمله قند محلول و پرولین تولید می‌کند. پرولین رایج‌ترین اسمولیت گیاهی است که دارای ساز و کار دفاعی برای گیاه با حفظ ساختار سلول و تنظیم اسمز محسوب می‌شود. با داشتن حلالیت بالا در آب موجب حفظ پتانسیل اسمزی سلول و استمرار جذب آب تحت تنش شوری می گردد. افزایش مقدار پرولین یکی از فاکتورهای تحمل به تنش در نظر گرفته می‌شود. تجمع اسمولیت‌هایی مانند پرولین و پروتئین‌های محلول در گیاهان، تحت تنش نمک افزایش می‌یابد (Raza et al. 2022). در پژوهش حاضر درصد شاخص نشت یونی تحت‌تاثیر سطوح مختلف شوری به‌صورت معنی‌داری افزایش نشان داد.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر برخی صفات برگ نو ژاپنی تحت تنش شوری

شوری (میلی مولار)	اسید هیومیک (میلی‌گرم در لیتر)	محتوای آب نسبی برگ (درصد)	پرولین (میکرومول بر گرم بافت تر)	نشت یونی (درصد)	پراکسیداسیون لیپیدی (درصد)
۰	۰	۹۰/۶۲۱ ab	۱/۱۹۶۷ ij	۴۶/۱۱۹ f	۰/۵۱۶۲۵ d
	۵۰۰	۹۳/۴۳۵ ab	۱/۱۲۶۲۵ j	۳۶/۶۹۰ g	۰/۸۰۷۵۰ bc
	۱۰۰۰	۹۰/۱۱۸ a	۰/۹۰۸۲۵ k	۳۳/۸۷۹ g	۰/۵۳۰۰۰ d
۶۰	۰	۸۴/۵۸۵ cd	۱/ ۳۷۸۵۰ gf	۸۰/۲۹۳ b	۰/۸۳۰۰۰ abc
	۵۰۰	۸۴/۹۲۷ cd	۱/۳۱۸۰۰ gh	۷۶/۴۷۶ bc	۰/۸۳۷۵۰ abc
	۱۰۰۰	۸۹/۹۸۱ ab	۱/۲۴۵۲۵ hi	۶۲/۸۵۴ d	۰/۷۳۰۰۰ c
۱۲۰	۰	۷۹/۳۸۱ efg	۱/۶۹۴۲۵ d	۷۳/۶۳۰ c	۰/۹۶۲۵۰ a
	۵۰۰	۸۱/۹۵۱ def	۱/۵۸۷۰۰ e	۶۵/۰۱۲ d	۰/۷۹۲۵۰ bc
	۱۰۰۰	۸۷/۷۵۶ bc	۱/۴۴۴۲۵ f	۵۷/۷۰۰ e	۰/۸۶۷۵۰ ab
۱۸۰	۰	۸۲/۸۶۷ de	۲/۱۹۳۲۵ a	۸۷/۰۱۶ a	۰/۸۲۵۰۰ bc
	۵۰۰	۷۶/۲۳۰ g	۲/۰۳۶۵۰ b	۶۷/۲۱۵ d	۰/۸۴۲۵۰ abc
	۱۰۰۰	۷۸/۱۸۴ gf	۱/۹۱۷۲۵ c	۶۴/۹۸۰ d	۰/۷۴۵۰۰ bc

در هر ستون اعداد با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند

غشای گیاهان تیمار شده با اسید هیومیک دارای استحکام بیشتری بود. شوری بر غشای سلول گیاهان تاثیر نامطلوب می‌گذارد و باعث اختلال در ثبات غشا گردیده و افزایش نفوذپذیری نشت یون‌ها به سلول را افزایش می‌دهد. نشت یونی از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی وضعیت آب و آسیب سلولی در شرایط تنش است (EL- Bauome et al., 2020). اثر نامطلوب رادیکال‌های آزاد اکسیژنی که به‌علت تنش شوری در گیاه افزایش می‌یابند باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی می‌گردند و همگام با افزایش غلظت نمک نشت الکترولیت افزایش یافته و افزایش پراکسید هیدروژن و مالون‌دی‌آلدئید که از نشانه‌های پراکسیداسیون چربی‌ها است افزایش می‌یابد (Basak et al., 2024). پایداری غشاء از جمله موارد فیزیولوژیکی است که تحت‌تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد. اسید هیومیک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در شرایط تنش شوری افزایش می‌دهد و با افزایش سطح آنتی‌اکسیدان، گیاهان شرایط تنش را بهتر تحمل می‌کنند و در نتیجه نشت یونی کاهش پیدا می‌کند (Garcia et al., 2016).

طبق جدول ۱۰ برهمکنش اسید هیومیک و شوری در سطح احتمال یک درصد بر میزان سدیم و کلر برگ معنی‌دار بود. اثر مستقل شوری و اسید هیومیک بر میزان عناصر پتاسیم و کلسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین میزان تجمع عناصر سدیم و کلر در گیاهانی بود که تحت شوری ۱۸۰ میلی مولار بدون تیمار اسید هیومیک قرار داشتند (جدول ۱۱). طبق شکل ۱ و ۲ با افزایش غلظت کلرید سدیم تجمع پتاسیم و کلسیم در گیاه افزایش یافت. با کاربرد اسید هیومیک در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر کمترین میزان این عناصر ثبت شد.

گیاهان تحت تنش شوری افزایش محتوای سدیم در اندام ریشه، ساقه و برگ نشان می‌دهند. در حالی که محتوای پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم کاهش می‌یابد. افزایش محتوای سدیم و کاهش محتوای پتاسیم در بافت های گیاهان در معرض تنش شوری توسط مطالعات مختلف تایید شده است (Zahedi et al., 2020).

جدول ۱۰- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر برخی عناصر برگی برگ نو ژاپنی تحت تنش شوری

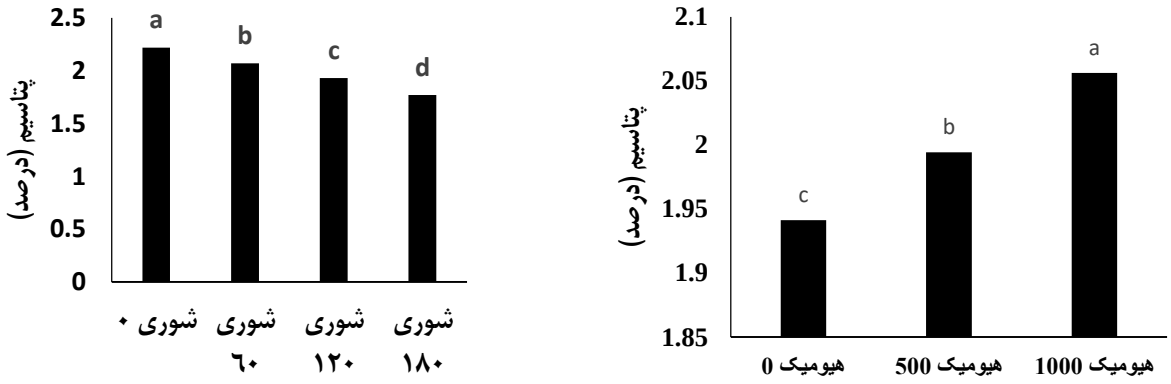
منابع تغییرات	درجه آزادی	پتاسیم	کلسیم	سدیم	کلر
شوری (A)	۲	۰/۴۴**	۲/۴۶**	۰/۰۲**	۲۰۶۱۸/۷۵**
اسید هیومیک (B)	۳	۰/۰۵**	۰/۱۶**	۰/۰۰۰۰۰۸۳ ns	۳۳۱۴/۵۸**
A*B	۶	۰/۰۰۰۷۹ ns	۰/۰۰۱۷ ns	۰/۰۰۰۸۶**	۲۱۴/۵۸**
خطا	۳۶	۰/۰۰۰۵۳	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۰۰۴۴	۴۲/۳۶
ضریب تغییرات (٪)		۱/۱۶	۳/۷۴	۲/۹۰	۱/۲۵

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

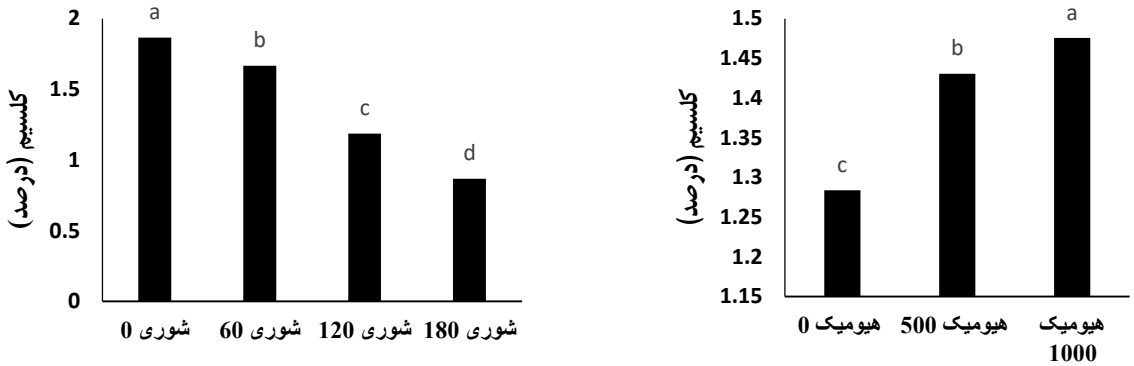
جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر عناصر سدیم و کلر برگ نو ژاپنی تحت تنش شوری

شوری (میلی مولار)	اسید هیومیک (میلی‌گرم در لیتر)	سدیم (درصد)	کلر (میلی اکی‌والان بر لیتر)
۰	۰	۰/۱۹۰۰۰۰ h	۴۸۷/۵۰۰ g
	۵۰۰	۰/۱۸۲۵۰۰ hi	۴۷۰/۰۰۰ h
	۱۰۰۰	۰/۱۷۵۰۰۰ i	۴۵۵/۰۰۰ i
۶۰	۰	۰/۲۰۵۰۰۰ g	۵۱۵/۰۰۰ e
	۵۰۰	۰/۲۱۰۰۰۰ gf	۵۰۲/۵۰۰ f
	۱۰۰۰	۰/۲۱۷۵۰۰ f	۵۰۰/۰۰۰ f
۱۲۰	۰	۰/۲۳۰۰۰۰ e	۵۴۵/۰۰۰ c
	۵۰۰	۰/۲۴۲۵۰۰ d	۵۳۲/۵۰۰ d
	۱۰۰۰	۰/۲۵۰۰۰۰ d	۵۲۵/۰۰۰ d
۱۸۰	۰	۰/۳۰۵۰۰۰ a	۵۹۵/۰۰۰ a
	۵۰۰	۰/۲۰۸۰۰۰۰ b	۵۶۰/۰۰۰ b
	۱۰۰۰	۰/۲۶۲۵۰۰ c	۵۵۰/۰۰۰ c

در هر ستون اعداد با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل ۱- اثر سطوح مختلف شوری (میلی‌مولار) و اسید هیومیک(میلی‌گرم) بر میزان عنصر پتاسیم



شکل ۲- اثر سطوح مختلف شوری (میلی‌مولار) و اسید هیومیک (میلی‌گرم در لیتر) بر میزان عنصر کلسیم برگ

پروتئین‌های غشایی یکپارچه که به‌عنوان رسانا عمل می‌کنند، نقش عمده‌ای در تحمل نمک از طریق تنظیم انتقال سدیم از برگ‌ها به ریشه دارند و از تجمع بیش از حد سدیم در برگ‌ها تحت تنش شوری جلوگیری می‌کنند (Bayat et al., 2021). غلظت بالای کلرید سدیم در خاک به‌عنوان القای خروج پتاسیم از سلول‌های ریشه شناخته شده است که باعث کاهش بیشتر نسبت داخلی پتاسیم به سدیم می‌شود (Himabindu et al., 2016). پژوهشگران دریافتند که اسید هیومیک به وضوح جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم را افزایش می‌دهد و کیفیت گیاه را تحت تنش شوری حفظ می‌کند (Zarate et al., 2023).

نتیجه‌گیری

طبق یافته‌های پژوهش حاضر، آبیاری با آب شور بیشتر صفات مورفولوژیکی را تحت تاثیر قرار داد بطوریکه طول شاخه و تعداد برگ کاهش نشان داد. تیمار اسید هیومیک توانست اثر منفی شوری را کاهش دهد،گیاهانی که تحت شوری ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار بودند در غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، طول شاخه، عرض برگ و تعداد برگ های جدید بیشتری در مقایسه با گیاهان تحت شوری بدون هیومیک داشتند. زیست توده گیاهان نیز در تیمارهای شوری بدون اسید هیومیک کاهش نشان داد. رنگدانه‌های گیاه (کلروفیل و کارتنوئید) تحت تیمار اسید هیومیک افزایش داشت بطوریکه در شوری ۱۸۰ میلی مولار با کاربرد اسید هیومیک در مقایسه با شوری ۱۸۰ میلی‌مولار بدون کاربرد اسید هیومیک تفاوت معناداری مشاهده گردید. اسید هیومیک سبب کاهش نشت یونی سلول وکاهش تجمع سدیم در گیاه گردید. بنابراین به منظور کاهش صدمات ناشی از آبیاری با آب شور در گیاه برگ بو ژاپنی، استفاده از اسید هیومیک قابل توصیه است.

منابع

حقیقی، م.، کریمی، م. و مرادی، ح. ۱۴۰۲. بررسی اثر اسید هیومیک بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی رزماری (*Rosmarinus officinalis*) تحت تنش شوری. فرایند و کارکرد گیاهی. ۱۲ (۵۷): ۲۸۵–۲۹۸. DOI:2010.22034/12.57.285

Abdel-Latef, M.S., El-Sayed, A.A., El-Leithy, A.S. and Bazraa, W.M. 2024. Effect of salinity, humic Acid, salicylic acid and their interaction on growth and chemical component of *Celosia argentea*. Egyptian Journal of Chemistry. 76(5): 323-334. 10.21608/EJCHEM.2023.238749.8664

Basak, H., Mesut Cimrin, K. and Turan, M. 2024. Effects of mycorrhiza on plant nutrition, enzyme activities, and lipid peroxidation in Pepper grown under salinity stress. Journal of Agricultural Science and Technology. 26 (2): 359-369. https://doi.org/10.1016/j.rhisph. 2024.100852.

Bates, L., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil. 39(2): 205–220.

Bayat, H., Shafie, F., Aminifard, M.H. and Daghighi, S. 2021. Comparative effects of humic and fulvic acids as biostimulants on growth, antioxidant activity and nutrient content of yarrow (*Achillea millefolium* L.). Scientia Horticulturae. 279:109912. https://doi.org/10.1016/ scienta.109912.

Bistgani, Z. E., Hashemi, M., DaCosta, M., Craker, L., Maggi, F. and Morshedloo, M. R. 2019. Effect of salinity stress on the physiological characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak. Industrial Crop and Products. 135: 311-320. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.04.055.

Carter, G. A. and Knapp, A.K. 2001. Leaf optical properties in highest plants: Linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. American Journal of Botany. 88(4): 677-684.

EL-Bauome, H.A., Abdeldaym, E.A., Abd El-Hady, M.A., Darwish, D.B.E., Alsubeie, M.S., El-Mogy, M.M., Basahi, M.A., AlQahtani, S.M., Al-Harbi, N.A. and Alzuaibr, F.M. 2022. Exogenous Proline, methionine, and melatonin stimulate growth, quality, and drought tolerance in cauliflower plants. Agric. 12: 1301. https://doi.org/10.3390/agriculture12091301.

EL-bauome, H.A., Doklega, S.M., Saleh, S.A., Mohamed, A.S., Suliman, A.A. and EL-hady, M.A. 2024. Effects of melatonin on lettuce plant growth, antioxidant enzymes and photosynthetic pigments under salinity stress conditions. Folia Horticulturae. 36 (1): 1-17. doi. 10.2478/fhort-2024-0001.

Garcia, A.C., Olaetxea, M., Santos, L.A., Mora, V., Baigorri, R., Fuentes, M. and Garcia-Mina, J.M. 2016. Involvement of hormone-and ROS-signaling pathways in the beneficial action of humic substances on plants growing under normal and stressing conditions. BioMed Research International. 216: 1-13. https://doi.org/10.1155/2016/3747501.

Heath, R.L. and L. Packer. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: II. Role of electron transfer. Archives of Biochemistry and Biophysics. 125: 850–857.

Heba, A.A., Hegazy, A., Awad, A.E. and Abdelkader, M.A.I. 2021. Using salicylic acid and humic acid as foliar application in amending the harmful influence

Ramadan, K.M.A., El-Beltagi, H.S., Abd El-Mageed, T.A.A., Saudy, H.S., Al-Otaibi, H.H., Mahmoud, M.A.A. 2023. The changes in various physio-biochemical parameters and yield traits of faba bean due to humic acid plus 6-benzylaminopurine application under deficit irrigation. Agronomy. 13:1227. https://doi.org/10.3390/ agronomy13051227.

Raza, A., Salehi, H., Rahman, M.A, Zahid, Z., Madadkar Haghjou, M., Najafi-Kakavand, S., Charagh S, Osman, H.S., Albaqami, M., Zhuang, Y., Siddique, K.H.M. and Zhuang, W. 2022. Plant hormones and neurotransmitter interactions mediate antioxidant defenses under induced oxidative stress in plants. Frontiers in Plant Science. 9: 13:961872. doi.org/10.3389/fpls.2022.961872.

Sánchez, F.J., Manzanares, M., De Andres, E.F., Tenorio, J.L. and Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and Proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Research. 59(3): 225-235.

Sobrinho, T.G., Da Silva, A.A.R., De Lima, G.S., De Lima, V.L.A., Borges, V.E., Nunes, K.G., Soares, L.A., Saboya L.M.F., Gheyi, H.R, Gomes, J.P. 2023. Foliar applications of salicylic acid on boosting salt stress tolerance in sour passion fruit in two cropping cycles. Plants.12: 10.

Wahing, I.W., Van, V.J.G., Houba, J.J., Van der, L. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi.part 7, plant analysis procedure. Wageningen Agriculture University.

Yang, Y. and Guo, Y. 2018. Elucidating the molecular mechanisms mediating plant salt -stress responses. New Phycologist. 217: 523 -539.

Zahedi, S., Hosseini, M., Abadia, M.S.J., Marjani, M. 2020. Melatonin foliar sprays elicit salinity stress tolerance and enhance fruit yield and quality in strawberry (*Fragaria× ananassa* Dutch.). Plant Physiology and Biochemistry. 149:313-323. doi: 10.1016/j.plaphy.2020.02.021.

Zarate, A.P.O., V. Robledo-Torres, R. Mendoza Villarreal and A. Sandoval-Rangel. 2023. Effect of silicon and humic substances on the productivity and absorption of minerals in cucumber. Agro Productividad. 16(8): 55-66.

Zeinali A. and Moradi P. 2015. The effects of humic acid and ammonium sulfate foliar spraying and their interaction effects on the qualitative and quantitative yield of native garlic (*Allium sativum* L.) Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. 4 (12): 205-211.

Zulfiqar, F., Moosa, A., Ali, H.M., Ferrante, A., Nazir, M.M., Makhzoum, A. and Soliman, T.M.A. 2023. Preharvest melatonin application mitigates arsenic-of soil salinity stress in common sage (*Salvia officinalis* L.). Plant Archives. 21(1): 1882-1891.

Himabindu, Y., Chakradhar, T., Reddy, M.C., Kanygin, A., Redding, K.E. and Chandrasekhar, T. 2016. Salt-tolerant genes from halophytes are potential key players of salt tolerance in glycophytes. Environmental and Experimental Botany. 124:39-63. doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.11.010.

Hossain, U., Sarker, M.S., Raihan, A.A., Al-Huqail, M.H., Siddiqui, S. and Oba, S. 2022. Influence of salinity stress on color parameters, leaf pigmentation, polyphenol and flavonoid contents, and antioxidant activity of Amaranthus lividus leafy vegetables. Molecules. 27: 1821, 10.3390/molecules27061821.

Kazemi, F., Salahshoor, F. and Farhadi, H. 2019. Effect of HA and mulches on characteristics of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Desert. 24-1: 51-59.

Krizek, D. T., Britz, S. J. and Mirecki, R.M. 1998. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire Lettuce. Physiologia Plantarum. 103: 1: 1-7.

Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmont, J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (Oryza sativa L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany. 78(3):389-398.

Michalak, I., Norrie, J. and Critchley, A.T. 2021. Biostimulants for Crops from Seed Germination to Plant Development. Chapter 7- Enhancing Plant Pigments using Natural Biostimulants. 165–196.

Mohamed, W.H. 2012. Effects of humic acid and calcium forms on dry weight and nutrient uptake of maize plant under saline condition. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 6:597–604.

Morsi, M.M., Abdelmigid, H.M., and Aljoudi, N.G.S. 2018. Exogenous Salicylic Acid Ameliorates the Adverse Effects of Salt Stress on Antioxidant System in *Rosmarinus officinalis* L. Egyptian Journal of Botany.58 (2): 249 – 263.

Nadeem, M., M. Ali, G. Kubra, A. Fareed, H. Hasan, A. Khursheed, A. Gul, R. Amir, N. Fatima and Khan, S.U. 2020. Role of osmoprotectants in salinity tolerance in wheat, in: Ozturk, M., Gul, A.(Eds.), Climate change and food security with emphasis on wheat. Elsevier. 93–106. https://doi.org/10. 1016/B978-0-12-819527-7.00006-6.

Alabdallah, N.M., Saleem, K., Saud Al-Shammari, A., AlZahrani, S.S., Javed, H.H., Raza, A., M.A. Asghar., Yong, J.W.H. 2024. Dose-dependent regulation of morphological, physio-biochemical, nutritional, and metabolic responses by cobalt in *Tagestes erecta* L. plants exposed to salinity stress. Plant Stress. 13: 100507, ISSN 2667-064X, https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100507.

African Journal of Botany. 163: 330-337. doi.org/10.1016/j.sajb.2023.10.042.

induced oxidative stress and improves vase life of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cut flowers. South

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.5, Vol. 18, Dec.-Jan. 2024, p. 783-794

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۸، آذر - دی ۱۴۰۳، ص. ۷۹۴-۷۸۳

Evaluation of Water Salinity Stress Adjustment in *Ligustrum japonicum* Using Humic Acid

F. Fazli Abokheili[1], M. Karimi[*2], V. Chalavi[3]
Recived: Aug.12, 2024 Accepted: Oct.23, 2024

Abstract

Water and soil salinity has a negative effect on the growth and development of plants (as examples of plants used in the landscspe). In order to investigate the effect of humic acid on the improvement of vegetative and physiological traits of wax-leaf privet (*Ligustrum japonicum*) plants under salt stress, a completely randomized factorial design experiment was carried out. The first factor was sodium chloride (0, 60, 120 and 180 mM) and the second factor was humic acid (0, 500 and 1000 mg/l). According to the obtained results, the maximum branch length, leaf length and width and the number of new leaves were obtained in humic acid 1000 mg/l without salt. At 180 mM salinity without humic acid pretreatment, the mentioned traits had a significant decrease. The fresh and dry weight of shoots increased in the treatment of 500 mg/l humic acid without irrigation with saline water. The highest fresh and dry weight of the root was obtained in 500 and 1000 mg/l of humic acid without salt, respectively. Maximum carotenoids and phenols were recorded in humic acid treatment of 500 mg/l under 60 mM salinity. The highest amount of accumulation of sodium and chlorine elements was in plants that were under 180 mM salinity without humic acid treatment. According to the results, the application of humic acid is recommended in order to reduce the negative effects of irrigation water salinity in the wax-leaf privet.

Keywords: Environmental stress, Irrigation, Ornamental plant, Organic matter, Sodium chloride

1- Master's student, Department of Horticultural Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2- Associate professor, Department of Horticultural Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3- Associate professor, Department of Horticultural Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
(*- Corresponding Author Email: karimi@sanru.ac.ir)