گل و گیاهان زینتی (۱۴۰۳)، ۹(۱): ۱۴۷-۱۶۶
مقاله پژوهشی

افزایش تحمل به تنش شوری گیاه پوششی *Phyla nodiflora* L. با کاربرد هیومی‌پتاس

فاطمه صادقی، سمیه اسماعیلی*، مهرانگیز چهرازی

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز

s.esmaeili@scu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۱۳، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۶/۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۷

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی تاثیر هیومی‌پتاس در افزایش سطح تحمل به شوری گیاه پوششی فیلا (*Phyla nodiflora* L.) بر اساس ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک انجام شد. طرح کرت‌های خردشده در یک آزمایش گلخانه‌ای با دو عامل به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت اصلی شامل شوری کلرید سدیم در ۵ سطح مختلف (صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) بود؛ در حالی که، کرت فرعی شامل سه سطح هیومی‌پتاس (صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم) بود. نتایج نشان داد، بدون در نظر گرفتن تیمار کودی، وزن تر شاخساره و کیفیت ظاهری در تیمار شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با گیاهان شاهد به ترتیب کاهش معنی‌دار ۱۹/۰۲ و ۲۴/۳۴٪ نشان دادند. دیگر ویژگی مثبت گیاه فیلا در تنش شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، وضعیت به نسبت مطلوب رنگدانه‌های گیاهی بود. افزون بر این، کیفیت ظاهری همبستگی قوی و مثبتی با طول شاخساره، وزن تر و خشک شاخساره و وزن تر ریشه نشان داد. به‌طور کلی نتایج بیانگر آن بود که فیلا در زمان تنش شوری از ویژگی‌های رشدی خود کاسته است. بدین ترتیب از کیفیت ظاهری در شوری بالا تا حدودی کاسته شد؛ اما در عوض سبزینگی فیلا در شرایط تنش حفظ شد. بر اساس نتایج وزن تر و خشک شاخساره و ریشه، محتوای نسبی آب (RWC) برگ و کیفیت ظاهری گیاه فیلا تا سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر از وضعیت مطلوبی برخودار بود و نیازی به استفاده از تیمار هیومی‌پتاس تا این سطح از تنش وجود ندارد. در سطوح شوری بالا (۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر)، ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک فیلا کاهش یافت. در نتیجه در سطح شوری بالا برای بهبود وضعیت کلی گیاه، کاربرد هیومی‌پتاس پیشنهاد می‌شود. به‌طوری که، هیومی‌پتاس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش طول شاخساره، تعداد شاخساره جانبی و RWC در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر شد. افزون بر آن، ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومی‌پتاس، سبب بهبود رنگدانه‌های گیاهی در تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر گردید.

واژه‌های کلیدی: رنگدانه‌های گیاهی، فیلا، کلریدسدیم، کیفیت ظاهری، محتوای نسبی آب.

مقدمه

بیشتر محصولات یک سطح آستانه تحمل شوری دارند که بالاتر از آن، با افزایش شوری، عملکرد کاهش می‌یابد (Maas, 1986). این آستانه از گونه‌ای به گونه دیگر یا از رقمی به رقم دیگر در برخی گونه‌ها متفاوت است. برای گیاهان فضای سبز، ظاهر و

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

زیبایی از حداکثر رشد مهم‌تر است. بنابراین، در ارزیابی تحمل شوری گیاهان زینتی فضای سبز، در کنار بررسی رشد گیاه باید کیفیت ظاهری گیاه را نیز در نظر گرفت (Niu & Rodriguez, 2006). باغ‌های عمومی و خصوصی جزء اصلی فضای سبز شهری هستند و می‌توانند مزایای قابل توجهی را برای تنوع زیستی فراهم کنند (Goddard *et al.*, 2010). فیلا[1] از گیاهان پوششی چندساله با رشد سریع است و از تیره شاهپسند[2] است (Jabeen *et al.*, 2016). هنگامی که در رقابت با گونه‌های دیگر است، می‌تواند تا ارتفاع ۳۰-۲۰ سانتی‌متر رشد کند و بر گیاهان دیگر تسلط یابد (Sharma & Singh, 2013). مواد هیومیکی قبل از اینکه کود باشند اصلاح‌کننده خاک می‌باشند. برخلاف کودهای شیمیایی، هیومیک اسیدها پایداری بی‌نظیری در خاک دارند و فقط به‌وسیله میکروارگانیسم‌های مفید خاک به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین وجود مقادیر بیش از حد نمک‌های محلول در خاک مانند کلریدسدیم با اشباع‌کردن هیومیک‌اسید به‌طور موقت یا دائم، آن را غیرقابل استفاده می‌کنند (Salehi, 2015). بر اساس پژوهش‌های پیشین، کاربرد اسید هیومیک به تنهایی یا در ترکیب با مواد دیگر، اثرهای مثبتی بر رشد گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی داشته است (Van Oosten *et al.*, 2017).

در پژوهشی، Kafi و همکاران (2012) گزارش کردند، کاربرد هیومیک اسید به صورت محلول‌پاشی و قارچ‌های میکوریزا بر برخی ویژگی‌های گیاه چاوی چندساله[3] مخلوط تجاری اسپیدی گرین[4] دارای سه رقم باربال، باراژ و بارتوینگو، اثر معنی‌داری در میزان کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل، طول ریشه و وزن تر و خشک ریشه دارد. در پژوهشی دیگر بیان شده اسید هیومیک سبب افزایش کیفیت چمن چمانواش بلند[5] به‌ویژه در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک شده است (Kazemi *et al.*, 2019). افزون بر آن، کاربرد هیومیک اسید توانست محتوای نسبی آب برگ‌ها را در شرایط تنش شوری شدید در چمن چاوی چندساله حفظ کند (Saeedi Pooya *et al.*, 2017). در پژوهش دیگری تحمل به شوری گیاه فیلا در شرایط درون شیشه‌ای و طبیعی بررسی شد، نتایج آن‌ها نشان داد گیاهان در غلظت ۴۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم زنده ماندند و تحمل به شوری فیلا در حد متوسط گزارش شد (Xiong *et al.*, 2019).

با توجه به اثرات سودمند کود هیومی‌پتاس بر گیاهان زینتی و چمن‌ها در شرایط تنش شوری، در این پژوهش نیز با هدف افزایش سطح تحمل شوری در گیاه پوششی فیلا بر اساس شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک و کاهش اثرهای مخرب شوری کلریدسدیم به کار برده شد.

مواد و روش‌ها

طرح و محل انجام پژوهش

برای ارزیابی نقش هیومی‌پتاس بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه فیلا در تنش شوری کلریدسدیم، پژوهشی گلخانه‌ای در بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده با دو عامل تیمار شوری کلریدسدیم (کرت اصلی) در ۵ سطح بدون شوری (۰)، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر و کاربرد هیومی‌پتاس در ۳ سطح صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به صورت گلدانی انجام شد. در

۱- *Phyla nodiflora* L. ۲- Verbenaceae ۳- *Lolium perenne* L. ۴- Speedy green ۵- *Festuca arundinacea* Schreb.

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

پایان آزمایش، برخی ویژگی‌ها مانند وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه، محتوای نسبی آب برگ، رنگدانه‌های گیاهی و نشت یونی برگ اندازه‌گیری شد. در طول آزمایش میانگین شدت نور حدود ۱۰۳۰۲/۱۴۱ لوکس، میانگین دما حدود ۲۴/۸۶ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی هوا حدود ۵۵/۱۰ درصد بود.

آماده‌سازی گلدان‌ها و کشت گیاهان

در این پژوهش از ۴۵ گلدان استوانه‌ای پلاستیکی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر و عمق ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد. پس از آبشویی، گلدان‌ها از مخلوط خاکی خاک زراعی (۱ واحد) و ماسه رودخانه (۲ واحد) با نسبت حجمی ۱:۲ پر شدند و در هر گلدان ۵ قلمه حدود ۱۵ سانتی‌متر کشت شد. پس از گذشت ۶۶ روز، گیاهان استقرار یافتند، به طوری که سطح گلدان‌ها به طور کامل از پوشش گیاهی پر شدند. سپس پیش از تیمار شوری کلریدسدیم، تیمار هیومی‌پتاس آغاز شد. آبیاری با آب تصفیه با هدایت الکتریکی ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و میزان اسیدیته ۷/۱ انجام گردید. گیاهان با کود کامل (N-P-K) ماهانه کوددهی شدند. برخی ویژگی‌های خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اولیه.

Table 1- Some physical and chemical characteristics of the soil used in the experiment.

کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی	اسیدیته	بافت خاک
Organic carbon (%)	Ec (dS m^{-1})	pH	Soil texture
1.859	5.16	7.4	سندی لوم Sandy-loam

چگونگی کاربرد تیمارها

ابتدا میزان آب آبیاری برای هر گلدان بر اساس ظرفیت زراعی (به طور میانگین حدود ۳۰۰ میلی‌لیتر) محاسبه گردید (Esmaeili *et al.*, 2015). تیماردهی از سطوح پایین هیومی‌پتاس و شوری آغاز شد تا به سطح معین برای هر گلدان در هر تیمار برسد. تیمارها (نمک کلریدسدیم یا کود هیومی‌پتاس) در آب آبیاری به کار گرفته شد. ابتدا تیمار هیومی‌پتاس ۱۰ مرتبه در طی ۴۹ روز اعمال گردید. سپس، تیمار شوری کلریدسدیم افزوده شد. درواقع، تیمار برهمکنش شوری کلریدسدیم و هیومی‌پتاس به مدت ۸۰ روز اعمال شد. در تیمارهای برهمکنش شوری و هیومی‌پتاس، هر دو مواد برای هر تیمار مشخص به طور جداگانه وزن شد و به طور کامل در آب حل شدند و سپس به حجم نهایی برای هر تیمار مورد نظر به کار گرفته شدند.

اندازه‌گیری‌ها

شاخص‌های مورفولوژیک

کیفیت ظاهری به روش مشاهده‌ای با امتیازدهی ۵ نفر اندازه‌گیری شد. بدین صورت که، امتیاز هر فرد بر اساس رنگ، تراکم و یکنواختی پوشش گیاهی در سطح گلدان و شاخساره‌های اطراف گلدان با نمره‌دهی ۱ تا ۹ یادداشت گردید که عدد ۹ بیانگر بالاترین و عدد ۱ بیانگر پایین‌ترین سطح کیفیت بود. سپس طول بلندترین شاخساره توسط خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد و تعداد شاخساره‌های جانبی شمارش شدند. در آزمایشگاه وزن تر و خشک شاخساره و ریشه توسط ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای به‌دست آوردن وزن خشک شاخساره و ریشه، نمونه‌های گیاهی در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند.

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

رنگدانه‌های گیاهی

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ از روش Lichtenthaler (1987) استفاده گردید. بر این اساس، ۰/۱ گرم برگ توزین و درون فالکون به قطعه‌های ریز، خرد شد. سپس ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به آن افزوده شد. پس از بستن درپوش و قرار گرفتن ظرف حاوی نمونه‌ها درون کیسه پلاستیکی مشکی (به علت عدم تابش نور)، نمونه‌ها در محل تاریک و دمای ۴ درجه سلسیوس قرار داده شدند تا کلروفیل برگ خارج شود و بافت برگ سفید شود. همچنین در فواصل زمانی مختلف تکان دادن ظرف حاوی نمونه‌ها انجام گرفت. جذب نوری نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۴۶، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه (UV-1201, Shimadzu, Japan) انجام گرفت. سپس غلظت رنگدانه‌های کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید کل با استفاده از روابط ۱-۴ محاسبه شد.

رابطه ۱: $\text{Chl a (mg/g)} = (12.25A_{663} - 2.72A_{646})(v)/1000w$

رابطه ۲: $\text{Chl b (mg/g)} = (21.50A_{646} - 5.10A_{663})(v)/1000w$

رابطه ۳: $\text{Total Chl (mg/g)} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$

رابطه ۴: $\text{Total Car (mg/g)} = [(1000A_{470} - 1.82\text{Chla} - 85.02\text{Chlb})/198]\ (v)/1000w$

A_{470}= جذب نمونه در طول موج ۴۷۰ نانومتر

A_{646}= جذب نمونه در طول موج ۶۴۶ نانومتر

A_{663}= جذب نمونه در طول موج ۶۶۳ نانومتر

v= حجم عصاره

w= وزن برگ

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

محتوای نسبی آب برگ به روش Sairam و همکاران (2002) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ ، ۰/۲ گرم برگ تازه (f.w) در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۴ ساعت غوطه‌ور شد. پس از خشک‌کردن آب اضافی، وزن آماس نمونه (t.w) با ترازو اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد، پس از قرارگیری درون پاکت کاغذی و خشک‌شدن نمونه‌ها در آون ۷۰ درجه سلسیوس در طی ۲۴ ساعت، وزن خشک (d.w) نمونه اندازه‌گیری شد. محاسبه محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه ۵ بر حسب درصد محاسبه شد.

رابطه ۵: $\text{RWC (\%)} = [(f.w - d.w) / (t.w - d.w)] \times 100$

واکاوی آماری داده‌ها

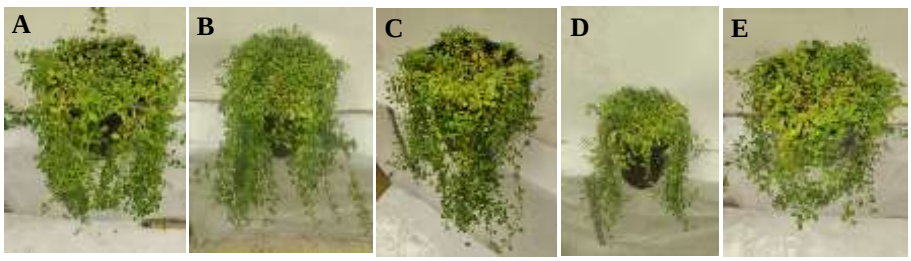
داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ واکاوی شد و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد و ۱ درصد مقایسه شدند. تجزیه و تحلیل همبستگی پیرسون بین صفات مورفوفیزیولوژیک نیز با نرم افزار R 4.1.2 انجام شد.

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

نتایج و بحث

اثر هیومی‌پتاس و کلریدسدیم بر کیفیت ظاهری فیلا در شرایط تنش شوری

نتایج نشان داد که افزایش سطح شوری از ۸ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم، به طور معنی‌داری سبب کاهش کیفیت ظاهری در مقایسه با تیمار شاهد شد. به طوری که کمترین میزان کیفیت ظاهری مربوط به تیمار ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بود (شکل ۱). نتاج نشان داد هیومی‌پتاس بر کیفیت ظاهری اثر معنی‌داری نداشت . همان‌طور که، Kafi و همکاران (2012) بیان کردند هیچ یک از سطوح هیومیک اسید اثر معنی‌داری بر کیفیت چمن چاوی چند ساله ترکیب اسپیدی گرین نداشت؛ اما اظهار داشتند که با در نظر گرفتن اثر مثبت هیومیک اسید بر میزان رنگدانه‌های گیاهی، این احتمال وجود دارد که در بلند مدت در کیفیت ظاهری موثر باشد. لازم به ذکر است کیفیت ظاهری شاخصی است از مجموعه ویژگی‌های کیفی، که شاید هیومی‌پتاس یا هیومیک اسید بر یک مورد اثر مثبت و چشمگیری بگذارد اما در مجموع اثر تعیین‌کننده‌ای ندارد. همان‌طور که Saeedi Pooya و همکاران (2017) نیز بیان داشتند که هیومیک اسید سبب بهبود کیفیت ظاهری عمومی (کلی) چمن چاوی چندساله نشد. در پژوهش حاضر مشاهده گردید که در اثر تنش شوری از کیفیت ظاهری کاسته شد (شکل ۱). این یافته با پژوهش Rasouli و همکاران (2017) که بر گیاهان باریک برگ اروای خزنده[۱]، علف گندمی بیابانی[۲] و چمانواش گوسفندی[۳] مطالعه کردند، همسویی داشت. احتمال دارد کاهش کیفیت ظاهری زیر تأثیر سوختن بافت‌ها، به دلیل جذب غلظت بالای نمک‌های کلریدسدیم و عدم تعادل یون‌های پتاسیم و سدیم در غشای یاخته‌ای، باشد (Nadeem *et al.*, 2012). برخی نیز کاهش کیفیت ظاهری را با کاهش تولید ریشه به دلیل تنش شوری همراه دانستند (Cordukes & Maclean, 1973).



شکل ۱. نمایی از گیاهان فیلا (*Phyla nodiflora* L.) در سطوح مختلف کلریدسدیم بدون هیومی‌پتاس در پایان تیماردهی. به ترتیب از A به E سطح شوری ۰، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم.

Figure 1. A view of *Phyla nodiflora* L. at different levels of sodium chloride without potassium humate at the end of the treatments. From A to E, the salinity levels are 0, 4, 8, 12, and 16 dS m^{-1} of sodium chloride, respectively.

اثر هیومی‌پتاس و کلریدسدیم بر ویژگی‌های مورفولوژیک فیلا در شرایط تنش شوری

بر اساس نتایج، تنش‌های شوری سبب کاهش رشد شاخساره، تعداد شاخساره جانبی، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه و در نهایت سبب کاهش وزن تر و خشک کل می‌شود؛ که به‌طور کلی مجموعه این عوامل را می‌توان کاهش رشد نیز نامید.

۱- *Agrostis stolonifera* L. ۲- *Agropyron desertorum* L. ۳- *Festuca ovina* L.

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

نتایج نشان داد که کمترین میزان ویژگی‌هایی مانند طول شاخساره، وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید؛ به طوری که کاهش معنی‌داری در مقایسه با شاهد نشان دادند (شکل‌های ۲ و ۳).

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در کل به جز مواردی استثناء افزایش شدت شوری، چه در زمان کاربرد هیومی‌پتاس و چه بدون آن، بر ارتفاع شاخساره اثر کاهشی داشته است که اثر برهمکنش هیومی‌پتاس به همراه شوری سبب کاهش بیشتر طول شاخساره نیز گردید که می‌تواند در نتیجه کاهش میزان نیتروژن شاخساره باشد. این یافته‌ها با نتایج Saeedi Pooya و همکاران (2017) و Daneshvar Hakimi Maibodi و همکاران (2012) بر روی چمن چاوی چندساله همسو بود. همچنین Karimian و همکاران (2018) بیان کردند که هیومیک اسید نتوانست اثرهای مخرب شوری را بر مریم گلی[1] کاهش دهد و دلیل کاهش ارتفاع را عدم تاثیر مثبت هیومیک اسید دانسته و بازخورد آن را مشابه شوری نمک بیان کرده است.

در این پژوهش مشاهده گردید، گیاهان در سطوح شوری ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر از تعداد شاخساره جانبی کمتری در مقایسه با سطوح دیگر شوری برخوردار بودند. به طوری که، کمترین تعداد شاخساره جانبی در این سطوح مشاهده شد (شکل ۲C). کاهش شاخساره جانبی در شرایط تنش، سبب کاهش هدر رفت آب می‌شود. افزون بر این، خشکی فیزیولوژیک به دنبال تنش شوری در گیاه ایجاد می‌شود که گیاه با کاهش هوشمندانه تعداد شاخساره جانبی می‌تواند از تعرق بیشتر بکاهد؛ در نهایت منجر به حفظ آب می‌گردد. در واقع در شرایط تنش، شاخه‌دهی یک ویژگی نامطلوب به شمار می‌آید (Khorsandi *et al.*, 2010). همان‌طور که در پژوهش حاضر دیده شد با وجود کاهش تعداد شاخساره جانبی گیاه فیلا، میزان وزن تر شاخساره تنها در تیمار شوری بالا (۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) دارای کاهش معنی‌دار در مقایسه با شاهد بود که این مسئله بیانگر مدیریت عالی شرایط تنش در این گیاه می‌باشد. مکانیسم سازگاری با شرایط شور بسیار خاص است. این مکانیسم در گیاهان مختلف، متفاوت می‌باشد. گیاهان علفی کاهش و کندکردن سرعت رشد را از خود نشان می‌دهند که به نظر می‌رسد در جهت صرفه‌جویی در انرژی برای رشد طبیعی و سایر فرآیندهای متابولیکی باشد (Saeedi Pooya *et al.*, 2017).

همان‌طور که Saeedi Pooya و همکاران (2017) بیان کردند؛ سطوح بالاتر شوری، باعث کاهش قابل توجهی در رشد گیاه نسبت به سطوح پایین‌تر شد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، طول بیشتر شاخساره، شاخساره جانبی بیشتر و رشد رویشی بیشتر گیاه در شرایط تنش، که انرژی زیادی از گیاه طلب می‌کند، کاسته شده است. این احتمال وجود دارد در زمان کاربرد تیمار تسهیل‌دهنده هیومی‌پتاس در شرایط تنش، گیاه با صرفه‌جویی بیشتر انرژی حاصل از فتوسنتز و جلوگیری از مصرف آن در رشد رویشی (طول شاخساره و شاخساره جانبی)، این انرژی را بهتر از قبل صرف متابولیسم‌های دیگری مانند بالا بردن محتوای نسبی آب برگ، افزایش سبزینگی و جذب بیشتر عناصر غذایی مفید و یا کاهش میزان مالون دی آلدئید کند.

کاهش رشد گیاه در گیاهان هالوفیت در شوری بالا یک رویداد رایج است و به نظر می‌رسد شوری بالا باعث افزایش یون‌های سدیم و کلرید در خاک می‌شود. درنتیجه پتانسیل و جذب آب کاهش می‌یابد. این یک پاسخ متداول به شوری است (Suarez & Medina, 2008). در شرایط تنش شوری با توجه به مقادیر بیش از حد نمک، میزان آب گیاه، جذب آب و به دنبال

۱- *Salvia splendens* L.

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

آن جذب مواد مغذی ضروری، به جهت پتانسیل منفی‌تر محلول خاک، کاهش می‌یابد. این اختلال در روابط آبی گیاه می‌تواند سبب مختل‌شدن تنفس یاخته‌ای نیز شود؛ که در نهایت مجموع این عوامل سبب کاهش فعالیت مریستمی، کاهش طویل‌شدن و تقسیم یاخته‌ای و به عبارت دیگر کاهش رشد گیاه می‌شود (Pourghasemi *et al.*, 2016; Khodashenas *et al.*, 2020; Heidari *et al.*, 2020).

در پژوهش حاضر مشاهده شد که تنش شوری سبب کاهش ارتفاع و تولید کمتر شاخساره جانبی (کاهش رشد رویشی) در نتیجه پیدایش سریع‌تر گل‌آذین در تیمارهای شوری ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به نسبت تیمارهای دیگر شد. این نتایج با گزارش‌های Khaninejad و همکاران (2012) و Khan و همکاران (1995) که به ترتیب بر روی گیاه کوشیا و پنبه[1] مطالعه کردند؛ همخوانی دارد. از سوی دیگر Majidi و Kharazmi (2014) بیان کردند که سطوح بالای پتاسیم موجب ظهور گل‌آذین یونجه[2] شد. در راستای آن در این پژوهش نیز مشاهده شد اولین گلدهی در تیمار برهمکنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و هیومی‌پتاس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و دومین رویش گل‌آذین در تیمار برهمکنش شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر و هیومی‌پتاس ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده گردید.

در پژوهش حاضر، وزن تر شاخساره گیاه فیلا تنها در تیمار شوری بالا (۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) و وزن خشک شاخساره در برهمکنش‌های شوری بالا (۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) و هیومی‌پتاس کاهش معنی‌داری در مقایسه با گیاهان شاهد داشت (شکل ۳A-B). در همین راستا، Uddin و همکاران (2010) بیان کردند که شوری در سطوح بالا موجب کاهش وزن تر و خشک شاخساره بر روی گونه‌های چمن گرمسیری شد؛ که دلیل آن را محدودیت جذب آب و مواد معدنی دانستند. افزون بر این، بافت مردگی و زردی بافت‌ها، که به تبع آن کاهش فتوسنتز و کاهش رشد را به دنبال دارد، ممکن است سبب کاهش وزن تر و خشک شاخساره شود (Bizhani & Salehi, 2014). افزون بر آن، Dehghani (2020) در نتایج خود بیان داشت گیاهان برای دفع نمک مجبور به ریزش برگ‌های خود هستند که این فرایند منجر به کاهش وزن تر شاخساره می‌گردد. گرچه در تحقیق حاضر مشاهد شد که سطح برگ‌های گیاهان فیلا تیمارشده با سطوح شوری ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر ابتدا نقاط زرد رنگ مشاهده شد که این احتمال وجود دارد برگ‌ها در ابتدای امر یون‌های سدیم را بدین صورت در خود تجمع می‌دهند. به نظر می‌رسد از گسترش نمک در تمامی سطوح برگ جلوگیری کرده تا سایر اندامک‌ها از آسیب حفظ شوند. با ادامه تنش شوری در تیمار شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر برگ‌سوزی در تعدادی از برگ‌های گیاه فیلا مشاهده گردید که به نظر می‌رسد گیاه فیلا بدین شکل به جای ریزش یک‌باره برگ، با روند کندتری با حفظ بیشتر دستگاه فتوسنتزی خود، عمل می‌نماید.

گزارش شده است که گیاهان به روش‌های مختلفی نمک را از خود دفع می‌کنند. برخی از طریق ریشه، برخی از طریق اندام هوایی و برخی دیگر از طریق برگ‌ها به دفع نمک می‌پردازند. گیاهان گاهی نمک را در بخش‌های ذخیره‌ای خود، تجمع می‌دهند سپس در نهایت به دفع نمک می‌پردازند. همچنین بیان شده برخی از گونه‌های گیاهی قادر به مکانیسم دفع نمک از طریق کرک‌های سطح برگ، ساقه و ریشه به نام غده نمکی می‌باشند. به طوری که محلول نمکی در آن‌ها تجمع می‌یابد و پس از آن با ریزش کرک منجر به دفع نمک می‌شود (Karimi *et al.*, 2005). گیاه فیلا نیز دارای کرک در شاخساره خود بود که مشابه این

۱- *Gossypium hirsutum* L. ۲- *Medicago sativa* L.

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

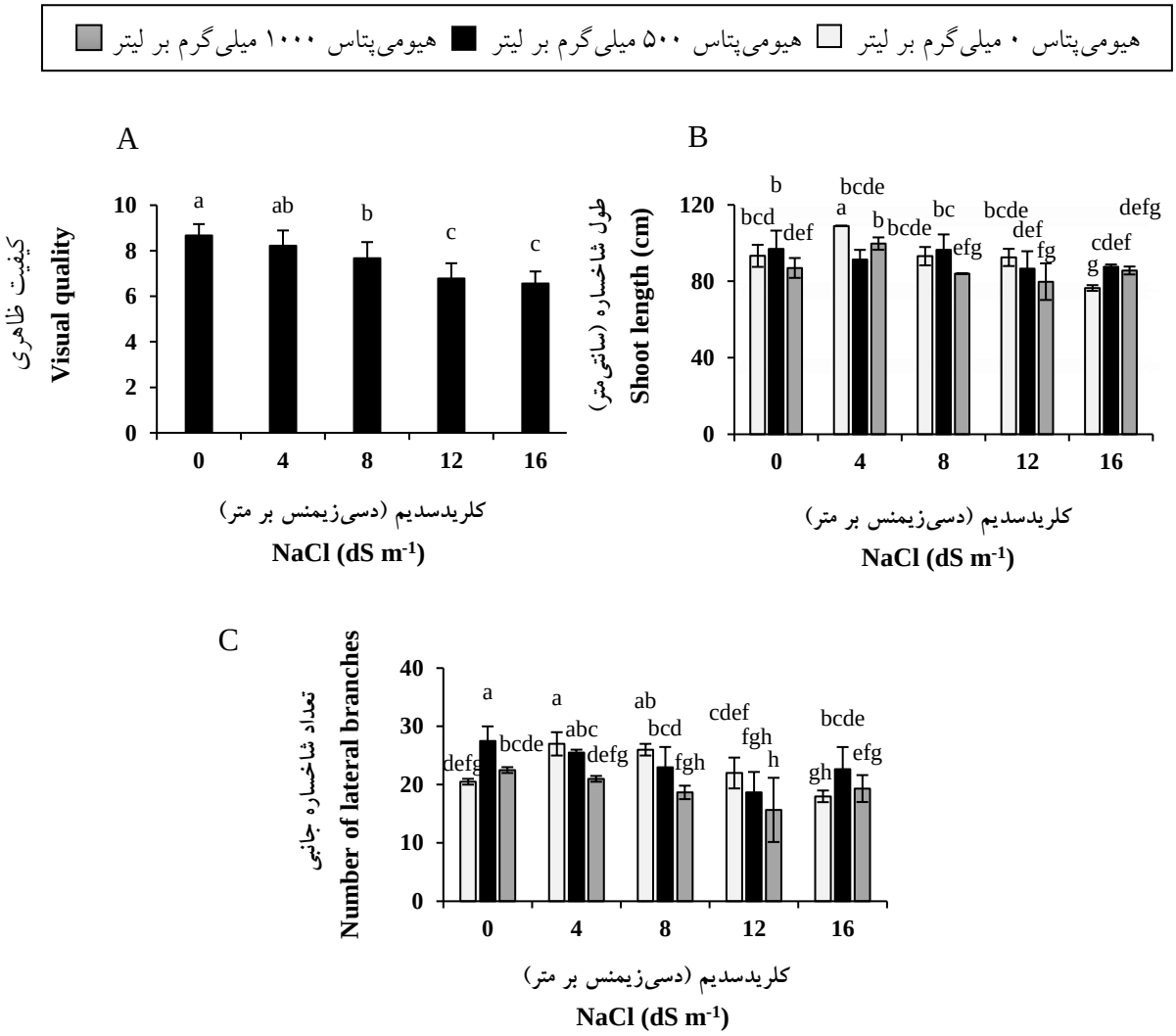
گزارش می‌تواند احتمال دفع نمک از طریق کرک‌های گیاه فیلا را داد. به هنگام شوری بالا در محیط اطراف اندام زیرزمینی، گیاهان دچار کمبود آب می‌شوند؛ به نحوی که منجر به محدودشدن تقسیم یاخته‌ای و کاهش حجم یاخته‌های برگ شده و در نتیجه از وزن تر شاخساره کاسته می‌شود (Wang *et al.*, 2001).

مقادیر ناچیز شوری حاصل از نمک ممکن است یک اثر محرک بر رشد و جذب مواد مغذی ایجاد کند، اما اثر سمی با افزایش غلظت ظاهر می‌شود (Khaled & Fawy, 2011). اثر منفی شوری بر وزن خشک و جذب عناصر معدنی را می‌توان به پتانسیل اسمزی منفی‌تر محلول خاک به دلیل افزایش غلظت کلریدسدیم نسبت داد (Khaled & Fawy, 2011). همچنین Khan و همکاران (2000) گزارش کردند که میزان وزن خشک کل گیاهان *Atriplex griffthii* var. *stocksii* در شوری کم بازداشته نشد، اما تولید وزن خشک کل به‌طور قابل توجهی در مقادیر زیاد نمک طعام بازداشته شد. در واقع در این مطالعه نیز همسو با نتایج آن‌ها ملاحظه شد تا سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، شوری نتوانست موجب کاهش معنی‌داری در صفاتی چون وزن تر و خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه در مقایسه با گیاهان شاهد شود؛ که به دنبال آن، انتظار می‌رود از وزن تر و خشک کل نیز کاسته نشود. به عبارت دیگر شوری نتوانست موجب بازدارندگی تولید ماده خشک گیاه تا شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر (و در برخی موارد استثناء تا شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) شود (شکل ۳). همچنین Pham و همکاران (2024) در نتایج پژوهش خود مشاهده کردند، وزن تر و خشک گیاه فیلا در اثر تنش شوری متوسط (۱۰۰ میلی‌مولار) کاهش نیافت. در پژوهشی دیگر نیز، Kurban و همکاران (1999) اشاره کردند که رشد بهینه گیاهان در شوری کم، افزایش می‌یابد؛ اما در شوری بالا کاهش می‌یابد. این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر همسو بود. همچنین مشابه این موارد در شاخص‌های طول شاخساره، تعداد شاخساره جانبی، وزن خشک شاخساره، وزن تر و خشک ریشه فیلا مشاهده گردید که در برخی برهمکنش‌ها با افزایش سطوح شوری، یک افزایشی را در مقایسه با سطح شوری ماقبل خود نشان دادند و دوباره روند کاهشی پیدا کردند. با توجه به اینکه در برخی موارد افزایش شوری سبب افزایش رشد بیشتر شد؛ این احتمال وجود دارد که این افزایش یک فرایند راهبردی گیاه برای جذب بهتر آب در شرایط شوری باشد (Uddin *et al.*, 2012). به عبارت دیگر ممکن است، گیاهان جهت سازگاری به شرایط شوری، با تغییر در ساختار ریشه خود، مقاومت به شوری را بالا ببرند تا گیاهان از جذب آب و مواد معدنی در جهت رشد و نمو طبیعی خود اطمینان حاصل کنند. در واقع اطمینان از بقای گیاه در شرایط نامساعد بسیار مهم می‌باشد که انجام این مکانیسم را ضروری می‌کند. با توجه به نتایج پژوهش این احتمال وجود دارد که گیاه فیلا تا سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر از این مکانیسم سودمند بهره برده است؛ همچنین کاهش وزن تر و خشک ریشه، بیشتر در شوری‌های سطح بالا (۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) مشهود می‌باشد. این نتایج با یافته‌های Bizhani و Salehi (2014) که بیان کردند افزایش شوری در بیشتر موارد سبب کاهش شاخص‌های وزن تر ریشه، وزن تر و خشک کل در هر دو جنس سبز فرش چایر[۱] و فریژکنتاکی[۲] شد، همسویی داشت.

۱- *Cynodon dactylon* L.

۲- *Poa pratensis* L.

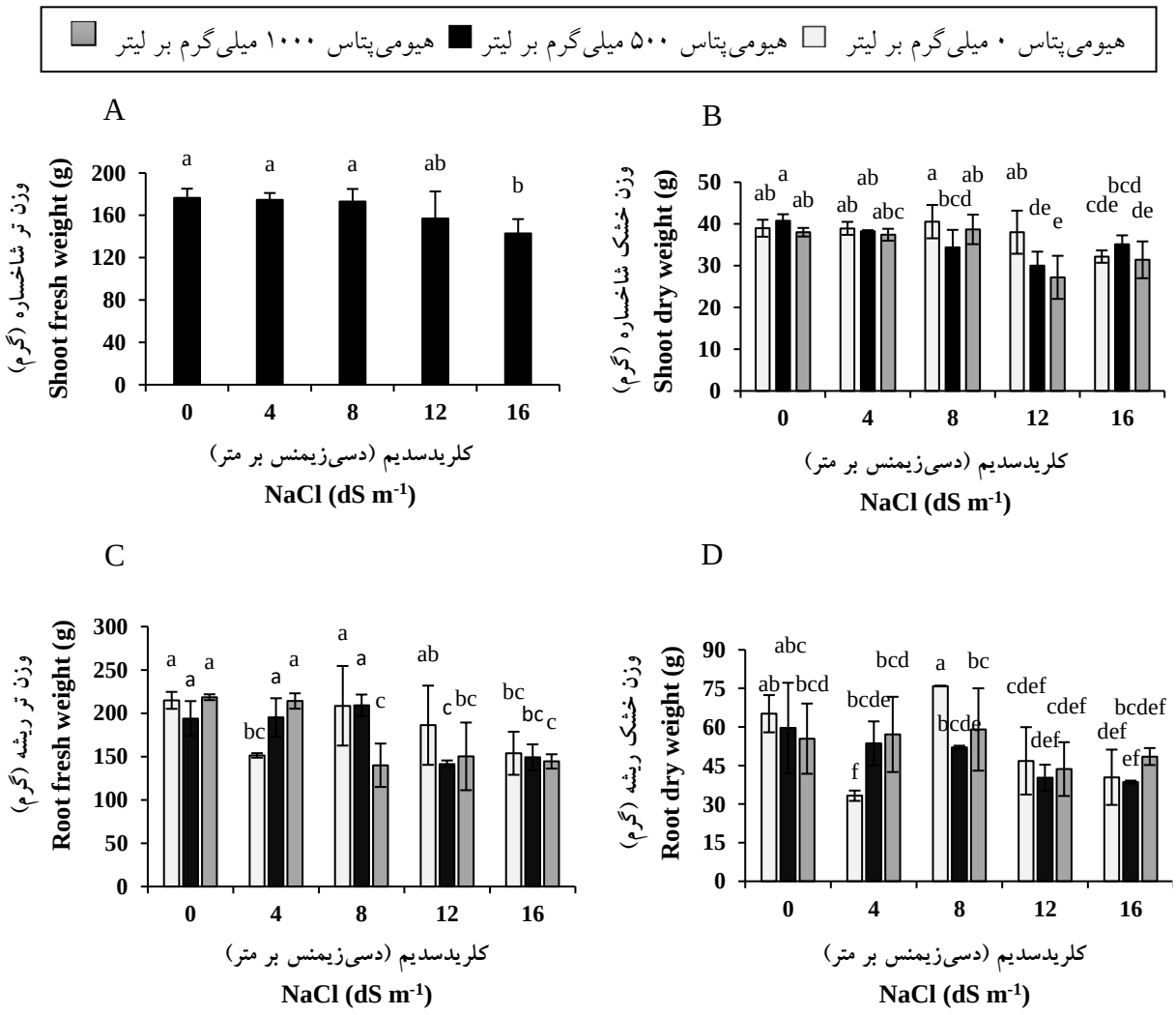
[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر ساده شوری بر کیفیت ظاهری (A)، مقایسه میانگین اثر برهمکنش کلریدسدیم و هیومی‌پتاس بر طول شاخساره (B) و تعداد شاخساره جانبی (C) در فیلا (*Phyla nodiflora* L.) (ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ آزمون LSD، اختلاف معنی‌داری ندارند و شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است).

Figure 2. Mean comparison of the main effect of NaCl salinity stress on visual quality (A), Mean comparison of the interaction effect of potassium humate and NaCl salinity stress on shoot length (B) and lateral shoot number (C) of *Phyla nodiflora* L. (Data followed by the same letters, are not significantly different using the LSD test at 5% level and the vertical index above the columns represents a standard error).

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر ساده شوری کلریدسدیم بر وزن تر شاخساره (A)، اثر برهمکنش هیومی‌پتاس و تنش شوری کلریدسدیم بر وزن خشک شاخساره (B)، وزن تر (C) و خشک ریشه (D) در فیلا (*Phyla nodiflora* L.) (ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ آزمون LSD، اختلاف معنی‌داری ندارند و شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است).

Figure 3. Mean comparison of the main effect of NaCl salinity stress on shoot fresh weight (A), Mean comparison of interaction effect of potassium humate and NaCl salinity stress on shoot dry weight (B), root fresh (C), and dry weight (D) of *Phyla nodiflora* L. (Data followed by the same letters, are not significantly different using the LSD test at 5% level and the vertical index above the columns represents a standard error).

اثر هیومی‌پتاس و کلریدسدیم بر روی فیلا در شرایط تنش شوری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک

با توجه به نتایج مشاهده گردید که بیشترین مقدار کلروفیل a مربوط به تیمار برهمکنش بدون شوری و هیومی‌پتاس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با مقدار ۰/۸۳ میلی‌گرم بر گرم بود. به طوری که، این میزان در مقایسه با تیمار شاهد افزایش معنی‌دار ۱۸/۵۷ درصدی نشان داد. بیشترین میزان کلروفیل b در تیمار برهمکنش بدون شوری و هیومی‌پتاس ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با مقدار ۰/۳۲ میلی‌گرم بر گرم بود. همچنین مشاهده شد، بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به دو تیمار برهمکنش بدون شوری و

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

هیومی‌پتاس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و برهمکنش شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و هیومی‌پتاس ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با مقدار یکسان ۱/۱۱ میلی‌گرم بر گرم بود. افزون بر آن، بیشترین مقدار کارتنوئید کل مربوط به تیمار برهمکنش شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و هیومی‌پتاس ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با مقدار ۰/۲۰ میلی‌گرم بر گرم بود. به طوری که، این میزان در مقایسه با تیمار شاهد افزایش معنی‌دار ۲۶/۳۲ درصدی نشان داد. کمترین میزان کارتنوئید کل مربوط به تیمار برهمکنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس با مقدار ۰/۰۸ میلی‌گرم بر گرم بود. به طوری که، این میزان در مقایسه با تیمار شاهد کاهش معنی‌دار ۵۷/۸۹ درصدی نشان داد (شکل ۴A-D).

در پژوهشی، Khodashenas و همکاران (2020) افزایش معنی‌داری در محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و محتوای کارتنوئیدهای کل در یک نوع گیاه باریک برگ[۱] تیمارشده با سطوح شوری ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم (به جز کلریدسدیم ۱۰۰ میلی‌مولار) مشاهده کردند. با توجه به اینکه میزان کارتنوئیدهای کل در گیاهان تیمارشده با شوری متوسط و بالا افزایش یافت؛ به این مورد اشاره کردند که در یاخته‌های گیاهی، کارتنوئیدها عوامل محافظی هستند که کلروپلاست را در برابر تنش اکسیداتیو نوری حفظ می‌کنند. در پژوهش حاضر مشاهده گردید که در مواردی میزان کلروفیل a، کلروفیل کل و کارتنوئیدهای کل در اثر افزایش سطح تنش شوری کلریدسدیم افزایش می‌یابد. برای نمونه، میزان کلروفیل a، کلروفیل کل و کارتنوئیدهای کل در برهمکنش شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس به ترتیب ۱۲/۸۶ درصد، ۸/۱۶ درصد و ۲۱/۰۵ درصد بیشتر از تیمار شاهد (برهمکنش بدون شوری و هیومی‌پتاس) می‌باشد (شکل‌های ۴A-D). مشابه نتایج این پژوهش در یافته‌های Pham و همکاران (2024) مشاهده گردید در اثر تنش شوری تفاوت معنی‌داری در میزان کلروفیل b در سطوح شوری با شاهد وجود نداشت. علاوه بر آن میزان کلروفیل b با افزایش سطح تنش شوری، در گیاه فیلا افزایش نشان داد. این احتمال وجود دارد به دلیل حضور مقادیر بالای پرولین در تیمار ذکر شده (با توجه به تولید پرولین در شرایط تنش) باشد. زیرا گفته شده، پرولین فعالیت فتوسنتزی را در تنش شوری حفظ می‌کند (Liu *et al.*, 2023). افزون بر این، با در نظر گرفتن نقش کارتنوئیدها در تنظیم انرژی و انتقال الکترون (Rodríguez-Hernández & Garmendia, 2021)، اهمیت نیاز به حضور مقادیر مناسب کارتنوئیدها در شرایط تنشی برای گیاهان شورزی را برای بقای خود، دوچندان می‌کند.

به طور کلی در این پژوهش به وضوح دیده شده است که کاربرد هیومی‌پتاس ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش معنی‌دار ۲۲/۲۲ درصدی در میزان کارتنوئید کل، ۱۶/۶۷ درصدی در میزان کلروفیل b و ۷/۴۵ درصدی در میزان کلروفیل کل در مقایسه با شاهد شد (اثر ساده تیمار هیومی‌پتاس). این تاثیر مثبت هیومی‌پتاس بر کارایی فتوسنتزی فیلا می‌تواند در نتیجه افزایش پروتئین کل محلول باشد. به طوری که گزارش شده است، نقش اسید هیومیک در افزایش بیوسنتز پروتئین ناشی از نقش آن در افزایش فتوسنتز، جذب مواد مغذی معدنی، فعال‌سازی رونویسی و سنتز پروتئین است (Abu-Ria *et al.*, 2023). یافته‌های مشابهی بر گیاهان فیلا (Khalili & Khandan-Mirkohi, 2021)، گل داوودی[۲] (Fan *et al.* 2014) و کالاته‌آ[۳] (Zhang *et al.* 2014) در مورد تاثیر مثبت تیمار تسهیل‌دهنده هیومیک اسید بر میزان رنگدانه‌های گیاهی در تایید پژوهش حاضر گزارش شده است.

۱- *Leptochloa fusca* [L.] Kunth. ۲- *Chrysanthemum morifolium* cv. 'Jinba' ۳- *Calathea insignis*

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

افزون بر این، کاربرد هیومی‌پتاس و هیومیک اسید بر میزان کلروفیل گیاهان نخود[۱] (Khafagy *et al.* 2019) و کتان[۲] (Bakry *et al.* 2015) اثر افزایشی داشت. در پژوهشی Bakry و همکاران (2015) اثر مثبت هیومیک اسید بر رنگدانه‌های فتوسنتزی را به افزایش میزان جذب CO_2 و سرعت فتوسنتزی نسبت دادند.

نتایج نشان داد بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ مربوط به تیمار برهمکنش شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر و هیومی‌پتاس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ مربوط به شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس بود. به طوری که، این میزان در مقایسه با تیمار شاهد کاهش معنی‌دار ۱۵/۲۲ درصدی نشان داد (شکل 4E).

در گزارشی، Karimian و همکاران (2018) بیان کردند، شوری موجب کاهش تعرق و افزایش محتوای نسبی آب برگ مریم گلی شد. افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌تواند به دلیل سازگاری تدریجی یاخته‌های برگ در برابر تنش باشد (Sabet Teimouri *et al.*, 2007). افزون بر این، Vysotskaya و همکاران (2010) بیان کردند گیاهان متحمل با بستن روزنه‌های خود و کاهش تعرق به شوری پاسخ می‌دهند. در نتایج پژوهش حاضر در برخی سطوح شوری در اثر کاربرد هیومی‌پتاس افزایش محتوای نسبی آب برگ مشاهد شد. اما به طور کلی افزایش معنی‌داری در سطوح تیماردهی مشاهده نگردید. شاید بتوان گفت گیاه فیلا نیز مشابه گزارش‌های پیشین به تدریج در برابر شوری سازگار شد. زیرا تنها سه تیمار در شوری بالا، کاهش معنی‌داری در مقایسه با شاهد نشان دادند و تمامی تیمارها از محتوای نسبی آب بالایی (بالای ۷۰ درصد) مشابه شاهد برخوردار بودند (شکل 4E).

به طور کلی می‌توان گفت شوری در سطوح بالا و بدون هیومی‌پتاس (۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس) موجب کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ شد که مشابه نتایج Arvin و Firouzeh (2021) و Khodashenas و همکاران (2020) بود. دلیل آن را می‌توان به کاهش جذب آب و افزایش تعرق یا محدودشدن میزان جذب آب توسط ریشه‌ها نسبت داد که توان کافی در جهت جبران آب مصرفی در تعرق را نداشته است و ممکن است توازن بین جذب و تعرق آب توسط گیاه دچار مشکل شده باشد (Arvin & Firouzeh, 2021). افزون بر این، Khodashenas و همکاران (2020) بیان کردند کاهش ۱۳ و ۱۶ درصد محتوای نسبی آب برگ در یک گیاه باریک برگ هالوفیتی[۳] به علت غلظت‌های بالای یون‌های سدیم و کلر در خاک است. از طرفی در نتایج پژوهش حاضر، بالاترین میزان غلظت نمک کلریدسدیم محلول خاکی در سطوح آزمایشی ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بود. در این سطوح، کاهش ۱۴/۸۹ و ۱۵/۲۲ درصدی محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با شاهد به ترتیب برای تیمارهای برهمکنش شوری ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس مشاهده گردید. افزون بر این، می‌توان گفت افزایش محتوای نسبی آب برگ در اثر تیمار تسهیل‌دهنده هیومی‌پتاس (در سطوح شوری بالا) ممکن است، به علت افزایش انتقال املاح و عناصر معدنی به برگ‌ها و همچنین عملکرد بهتر ریشه در جذب آب و املاح خاک باشد که هیومی‌پتاس به عنوان عامل تعدیل‌کننده فشار اسمزی نقش ایفا می‌کنند. همچنین گفته شده است پتاسیم موجب بهبود شرایط اسمزی یاخته‌ی گیاه می‌شود. کاربرد هیومی‌پتاس می‌تواند باعث افزایش جذب پتاسیم، کاهش تنش اسمزی و همچنین افزایش انتقال از منابع به سینک شود. هیومی‌پتاس با حمل عناصر ماکرو و آب به داخل یاخته‌ها نفوذ می‌کند. همچنین هیومی‌پتاس منجر به افزایش نفوذپذیری آب از

۱- *Pisum sativum* L. ۲- *Linum usitatissimum* L. ۳- *Leptochloa fusca* [L.] Kunth.

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

طریق غشای یاخته و افزایش ظرفیت نگهداری آب در گیاهان تیمارشده می‌شود (Abdelrasheed *et al.*, 2021).

از طرفی Zaremanesh و همکاران (2019) بیان کردند اسید هیومیک موجب بهبود شرایط تنش شوری بر روی ویژگی‌های گیاه مرزه خوزستانی[1] به‌ویژه محتوای نسبی آب برگ شد. که همسو با پژوهش حاضر می‌باشد.

با توجه به نتایج نشت یونی، بیشترین میزان نشت یونی مربوط به تیمار هیومی‌پتاس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با مقدار ۶۰/۳۵ درصد می‌باشد. به طوری که، این میزان در مقایسه با تیمار شاهد افزایش معنی‌دار ۴/۰۲ درصدی نشان داد (شکل ۴F). کمترین میزان نشت یونی مربوط به تیمار هیومی‌پتاس ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با مقدار ۵۷/۲۳ درصد می‌باشد. به طوری که، این میزان در مقایسه با تیمار شاهد کاهش ۱/۳۶ درصدی نشان داد (شکل۴F).

در گزارشی، Salehi (2015) در نتایج خود بیان کرد که فقط اثر ساده هیومی‌پتاس بر نشت یونی گل شب‌بو معنی‌دار شد که مشابه نتایج پژوهش حاضر، هیومی‌پتاس ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، کمترین میزان نشت یونی را نیز داشت. در یک مطالعه Nikbakht و همکاران (2008) بیان کردند، کاربرد هیومیک اسید با بالا بردن جذب کلسیم و افزودن به مقاومت مکانیکی بیشتر دیواره یاخته‌ای گیاه، پایداری و ثبات غشای یاخته‌ای را افزایش داده که در نهایت منجر به کاهش درصد نشت یونی می‌گردد. گرچه در پژوهش‌های مختلف بیان شده که با افزایش تنش شوری، نشت یونی بالا می‌رود (Pourghasemi *et al.*, 2016). درحالی که در پژوهش حاضر نشت یونی به علت نزدیک بودن اعداد تیمارهای مختلف، در اثر ساده شوری و برهمکنش شوری و هیومی‌پتاس معنی‌دار نبود. به طوری که مشاهده گردید در برهمکنش تیمارهای شوری بالا (۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس) میزان نشت یونی به ترتیب، تنها ۵/۲۶ و ۵/۲۱ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داشت. در پژوهشی Demidchik و همکاران (2014) بیان داشتند نشت یونی ممکن است به علت تخریب غشای یاخته‌ای باشد که محصول آن مرگ یاخته‌ای گیاه است. درست است که نشت یونی بخشی از پاسخ گیاه به تنش‌ها محسوب می‌شود؛ اما، با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان این گونه نتیجه گرفت که، عدم معنی‌دارشدن میزان نشت یونی در پاسخ به تنش شوری در گیاه پوششی فیلا در نتیجه تعداد بالای برگ‌ها و سازگاری آن به شوری است که گیاه توانسته با مدیریت مناسب از مرگ یاخته‌ای بیشتر خود جلوگیری کند. در واقع، با سازگاری تدریجی و حذف تعدادی از برگ‌های خود و حفظ بیشتر کانوپی اما با تراوت بیشتر و شادابی موثر در برگ‌های دیگر (حفظ محتوای نسبی آب برگ بالای ۷۰ درصد به جز برخی موارد استثناء)، از افزایش نشت یونی جلوگیری کرد. همچنین مشابه نتایج پژوهش حاضر در اثر شوری، نشت یونی در گیاه اسفناج افزایش معنی‌داری پیدا نکرد (Rajabi Fakhrabad *et al.*, 2017).

همان‌طور که بیان شد؛ کاهش ویژگی‌های رشدی مانند طول شاخساره و تعداد شاخساره جانبی در گیاهان شورزی امری طبیعی و دفاعی است. بدین طریق گیاه با تنش شوری مقابله می‌کند. فیلا با جلوگیری از رشد رویشی در شرایط نامساعد، اجازه ذخیره نیرو را به خود می‌دهد تا این انرژی را صرف موارد مهم‌تری مانند رنگدانه‌های گیاهی کند. مشاهده شده است،در تیمار شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، فیلا توانسته میزان رنگدانه گیاهی را در مقایسه با تیمار شاهد حفظ کند و در مواردی باعث افزایش ویژگی‌هایی مانند کارتنوئید کل، کلروفیل a و کلروفیل کل شود. کاربرد تیمار هیومی‌پتاس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در سطح شوری

۱- *Satureja khuzistanica* Jamzad

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

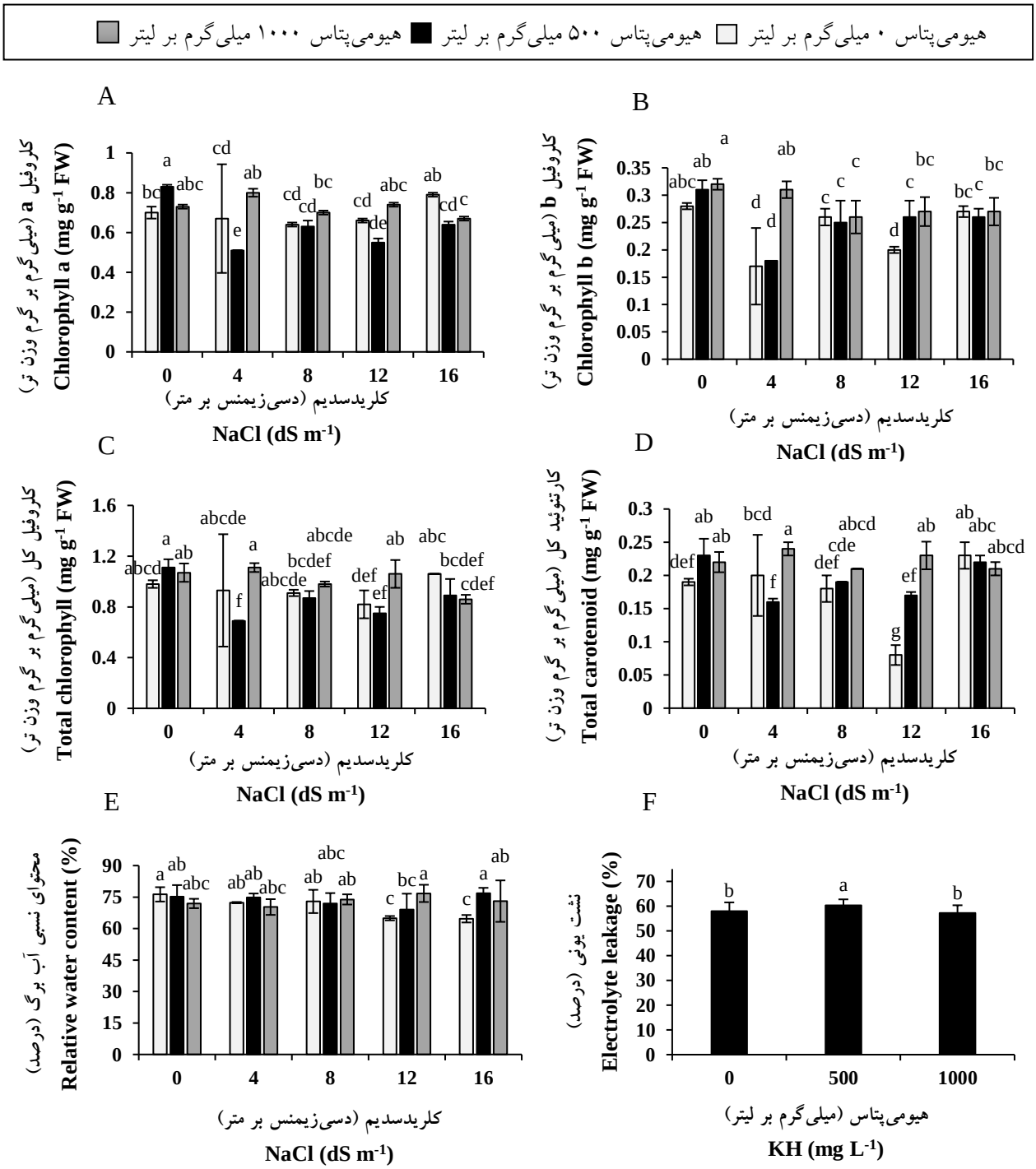
۱۶ دسی‌زیمنس بر متر منجر به افزایش معنی‌دار ۱۴/۶۰ درصدی طول شاخساره، ۲۵/۹۴ درصدی تعداد شاخساره جانبی، ۱۸/۷۱ درصدی محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با تیمار برهمکنش شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس گردید. این بدان معنا است که هیومی‌پتاس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر توانسته باعث رفع تنش شدید در گیاه شود که علاوه بر افزایش محتوای نسبی آب برگ منجر به افزایش ویژگی‌های رویشی نیز گردد.

اولین سطح درک تنش شوری در گیاه فیلا در تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر صورت گرفت (باتوجه به کاهش محتوای نسبی آب برگ، کاهش کلروفیل کل، کاهش کیفیت ظاهری و افزایش کارتنوئید کل). کاربرد تیمار هیومی‌پتاس ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، منجر به افزایش معنی‌دار ۳۵ درصدی کلروفیل b، ۲۹/۲۷ درصدی کلروفیل کل و ۱۸۷/۵۱ درصدی کارتنوئید کل در مقایسه با تیمار برهمکنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس گردید. کارتنوئیدها به عنوان عوامل محافظتی در تنش، به شدت در اثر کاربرد هیومی‌پتاس ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش پیدا کردند. به طور کلی مشاهده گردید سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم اولین رویارویی و درک تنش شوری برای گیاه فیلا می‌باشد. مشاهده گردید گیاه فیلا در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر سعی در بهبود شرایط خود کرده است. این احتمال داده می‌شود با استفاده از اطلاعات حاصل از درک تنش در سطح پایین‌تر خود (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) باشد. به طوری که، میزان کلروفیل a ۱۹/۷۰ درصد، کلروفیل b ۳۵ درصد، کلروفیل کل ۲۹/۲۷ درصد و کارتنوئید کل ۱۸۷/۵ درصد افزایش معنی‌دار در تیمار شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس در مقایسه با تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس پیدا کرده است. این افزایش می‌تواند به دلیل افزایش کاتنوئید کل باشد که کلروپلاست را در مقابل آسیب‌های تنش حفظ کرده است و کاهش رنگدانه‌ها در تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس می‌تواند به دلیل کاهش بسیار زیاد کاتنوئید کل باشد؛ در صورتی که کاربرد هیومی‌پتاس در تیمار مذکور این کاهش را جبران کرده و منجر به بهبود شرایط شده است.

در پژوهش حاضر مشاهده گردید بیشترین میزان نسبت کلروفیل a به b در تیمار برهمکنش شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس با مقدار ۴/۱۴ بود و کمترین این میزان مربوط به تیمار برهمکنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با هیومی‌پتاس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با مقدار ۲/۱۴ بود. علاوه بر آن، بیشترین میزان نسبت کلروفیل کل به کارتنوئید کل در تیمار برهمکنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس با میزان ۱۱/۱۱ بود و کمترین این میزان در تیمار برهمکنش شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر و هیومی‌پتاس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با میزان ۴/۰۴ بود (شکل ۵).

از نتایج حاصل از همبستگی داده‌ها به‌دست آمد که، طول شاخساره، وزن تر شاخساره، وزن خشک شاخساره، وزن تر ریشه همبستگی مثبت و قوی با کیفیت ظاهری فیلا نشان داد. اما کیفیت ظاهری با رنگدانه‌های گیاهی همبستگی مثبت و ضعیفی نشان داد. افزون بر آن، کلروفیل کل همبستگی مثبت و قوی (۰/۹۵) با میزان کلروفیل a نشان داد. کلروفیل b همبستگی مثبت و قوی با کلروفیل a، کلروفیل کل و کارتنوئید کل نشان داد. کلروفیل a نیز همبستگی مثبت و قوی با کلروفیل b و کلروفیل کل نشان داد (شکل ۶).

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

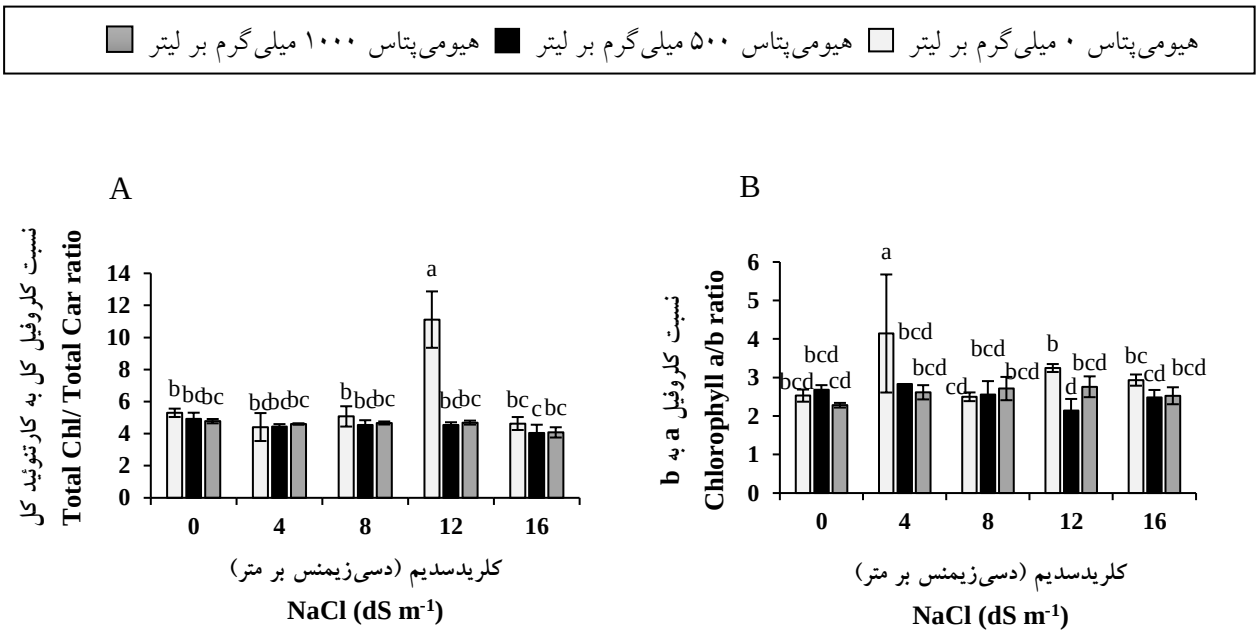


شکل ۴- مقایسه میانگین اثر برهمکنش کلریدسدیم و هیومی‌پتاس بر محتوای کلروفیل a (A)، کلروفیل b (B)، کلروفیل کل (C)، کارتنوئید کل (D)، محتوای نسبی آب برگ (E) و اثر ساده نشت یونی (F) در گیاه فیلا (*Phyla nodiflora* L.) (ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ آزمون LSD، اختلاف معنی‌داری ندارند و شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است).

Figure 6. Mean comparison of the interaction effect of potassium humate and NaCl Stress on Chlorophyll a (A), Chlorophyll b (B), Total chlorophyll (C), Total carotenoid (D), Relative water content (E), and the main effect of potassium humate Electrolyte leakage (F) of *Phyla nodiflora* L. (Data followed by the same letters, are not significantly different using the LSD test at 5% level and the vertical index above the columns represents a standard error).

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

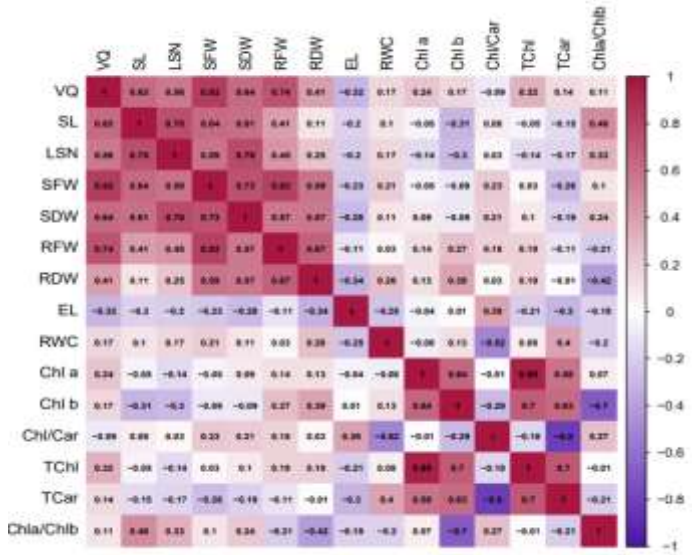
در نتایج مشخص گردید، در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کارتنوئید کل بسیار زیر تاثیر تنش شوری کلریدسدیم قرار گرفت و از میزان آن کاسته شد. این مسئله می‌تواند بیانگر درک تنش شوری و افزایش سطح موادی مانند مالون دی آلدئید در بافت برگی گیاه باشد. افزون بر آن، میانگین داده‌ها نشان داد در زمان کاربرد هیومی‌پتاس به‌طور معنی‌داری از این نسبت کاسته شد. این بدان معنا است که، گیاه فیلا میزان کارتنوئید کل را در خود تقویت کرده است. نقش محافظتی کارتنوئیدها در زمان تنش شوری کلریدسدیم می‌تواند دلیل ارجحیت حضور کارتنوئید کل به نسبت کلروفیل کل در برگ باشد (تاثیر کاربرد هیومی‌پتاس در افزایش تحمل گیاه). نتایج همبستگی نیز بیان داشت میزان کارتنوئید کل همبستگی قوی و منفی (۰/۸-) با نسبت کلروفیل کل به کارتنوئید کل دارد (شکل ۶).



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر برهمکنش کلریدسدیم و هیومی‌پتاس بر نسبت کلروفیل کل به کارتنوئید کل (A) و نسبت کلروفیل a به کلروفیل b برگ (B) در فیلا (*Phyla nodiflora* L.) (ستون‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ آزمون LSD، اختلاف معنی‌داری ندارند و شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است).

Figure 5. Mean comparison of the interaction effect of potassium humate and NaCl Stress on Chlorophyll a/b ratio and Total Chlorophyll/ Total Carotenoid ratio of *Phyla nodiflora* L. (Data followed by the same letters, are not significantly different using the LSD test at 5% level and the vertical index above the columns represents a standard error).

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]



شکل ۶- تجزیه و تحلیل همبستگی پیرسون صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه فیلا (*Phyla nodiflora* L.). کیفیت ظاهری (VQ)، طول شاخساره (SL)، تعداد شاخساره جانبی (LSN)، وزن تر شاخساره (SFW)، وزن خشک شاخساره (SDW)، وزن تر ریشه (RFW)، وزن خشک ریشه (RDW)، نشت یونی (EL)، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، کلروفیل a (Chl a)، کلروفیل b (Chl b)، نسبت کلروفیل کل به کارتنوئید کل (Chl/Car)، کلروفیل کل (TChl)، کارتنوئید کل (TCar)، نسبت کلروفیل a به b (Chla/Chlb).

Figure 6. Pearson correlation analysis of morphophysiological traits of *Phyla nodiflora* L. Visual quality (VQ), Shoot length (SL), Lateral shoot number (LSN), Shoot fresh weight (SFW), Shoot dry weight (SDW), Root fresh weight (RFW), Root dry weight (RDW), Electrolyte leakage (EL), Relative water content (RWC), Chlorophyll a (Chl a), Chlorophyll b (Chl b), Total chlorophyll to Total carotenoid ratio (Chl/Car), Total chlorophyll (TChl), Total carotenoid (TCar), Chlorophyll a to b ratio (Chla/Chlb).

نتیجه‌گیری

در گیاه فیلا تا سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس آسیب ناشی از شوری، در ویژگی‌هایی مانند طول شاخساره، تعداد شاخساره جانبی، وزن تر و خشک شاخساره در مقایسه با تیمار شاهد، مشاهده نگردید. درنتیجه کاربرد تیمار هیومی‌پتاس تا این سطح از تنش شوری در شرایط محیطی مشابه پژوهش حاضر توصیه نمی‌شود. در سطح شوری بالا (تیمار ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) نیز با وجود کاهش کیفیت ظاهری (مهم‌ترین ویژگی یک گیاه فضای سبز)، گیاهان از امتیاز بالای ۶ برخوردار بودند. به‌طوری که این امتیاز در فضای سبز، قابل قبول است. علاوه بر آن، فیلا نشان داده است، توانایی افزایش مقاومت خود را نیز دارد. این مطلب نیز امتیازی دیگر برای این گیاه کاربردی است. بر اساس نتایج، کاربرد تیمار کودی هیومی‌پتاس در گیاه پوششی فیلا در سطح شوری بالا پیشنهاد می‌شود. به‌طوری که، کاربرد تیمار هیومی‌پتاس ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر منجر به افزایش معنی‌دار طول شاخساره، تعداد شاخساره جانبی و محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با تیمار شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس گردید. کاربرد تیمار هیومی‌پتاس ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، منجر به افزایش معنی‌دار کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید کل و محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بدون هیومی‌پتاس گردید.

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز (شماره گرنت SCU.AH1402.47677) و شهرداری اهواز بابت حمایت مالی در این پژوهش قدردانی و تشکر نمایند.

منابع

Abdelrasheed, K.G., Mazrou, Y., Omara, A.E.D., Osman, H.S., Nehela, Y., Hafez, E.M., Rady, M.S., El-Moneim, D.A., Alowaiesh, B.F., Gowayed, S.M. (2021). Soil amendment using biochar and application of K-humate enhance the growth, productivity, and nutritional value of onion under deficit irrigation conditions. *Plants*, *10*(12), 1-25.

Abu-Ria, M., Shukry, W., Abo-Hamed, S., Albaqami, M., Almuqadam, L., Ibraheem, F. (2023). Humic Acid Modulates Ionic Homeostasis, Osmolytes Content, and Antioxidant Defense to Improve Salt Tolerance in Rice. *Plants*, *12*(9), 1-20.

Arvin, P., Firouzeh, R. (2021). Effects of salinity stress on physiological and biochemical traits of some fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) populations. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, *37*(5), 822-837. (In Persian).

Bakry, A.B., Sadak, M.S, El-Karamany, M.F. (2015). Effect of humic acid and sulfur on growth, some biochemical constituents, yield and yield attributes of flax grown under newly reclaimed sandy soils. *Journal of Agricultural and Biological Science*, *10*(7), 247-259.

Bizhani, S., Salehi, H. (2014). Physio-morphological and structural changes in common bermudagrass and Kentucky bluegrass during salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, *36*, 777-786.

Daneshvar Hakimi Maibodi, N., Kafi, M., Nikbakht, A, Rejali, F. (2012). Effect of foliar applications of humic acid on growth, visual quality, nutrients content and root parameters of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Journal of Plant Nutrition*, *38*(2), 224-236.

Dehghani, M.K. (2020). Influence of Silicon and Humic Acid on Some Morphophysiological Responses in Bell Pepper at Different Levels of Salinity and Boron. MSc Thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Persian).

Demidchik, V., Straltsova, D., Medvedev, S., Pozhvanov, G., Sokolik, A., Yurin, V. (2014). Stress-induced electrolyte leakage: the role of K^+ permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment. *Journal of Experimental Botany*, *65* (5): 1259-1270.

Esmaeili, S., Salehi, H., Eshghi, S. (2015). Silicon ameliorates the adverse effects of salinity on turfgrass growth and development. *Journal of Plant Nutrition*, *38*(12), 1885-1901.

Fan, H.M., Wang, X.W., Sun, X., Li, Y.Y., Sun, X.Z., Zheng, C.S. (2014). Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in Chrysanthemum. *Scientia Horticulturae*, *177*, 118-123.

Goddard, M.A., Dougill, A.J., Benton, T.G. (2010). Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends Ecology and Evolution*, *25*(2), 90-98.

Heidari, F., Jalilian, J., Gholinezhad, E. (2020). The role of foliar application nano-fertilizers in modulating the negative effects of salt stress in quinoa. Journal of *Crops Improvement*, *22*(3), 587-600. (In Persian).

Jabeen, M., Jillani, U., Chaudhary, B. A., Uzair, M. (2016). Phytochemical and pharmacological studies of *Phyla Nodiflora* (Verbenaceae): A review. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Research*, *2*, 49-54.

Kafi, M., Daneshvar Hakimi Meybodi, N., Nikbakht, A., Rejali, F., Daneshkhah, M. (2012). The effect of humic acid and mycorrhizal fungi on some characteristics of Lolium grass of the Speedy Green composition. *Science and techniques of greenhouse crops*, *4*(13), 49-58. (In Persian).

Karimi, G., Ghorbanli, M., Heidari, H., Assareh, M. (2005). Investigation of salt Tolerance mechanisms in range species of *Atriplex verrucifera* (M.B). *Pajouhesh and Sazandegi in natural resources*, *73*, 42-48. (In Persian).

Karimian, Z., Samiei, L., Nabati, J. (2018). Alleviating the salt stress effects in *Salvia splendens* by humic acid application. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, *18*(5), 73-82.

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

Khafagy, H., Ahmed, M., Abdel-Azeem, S. (2019). Impact of mineral fertilizers with or without bio-fertilizers or potassium humate on some soil properties, yield and quality of pea plants under salt affected soil conditions. *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, *10*(1), 19-27.

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

Khaled, H., 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*(1), 21-29.

Khan, A.N., Qureshi, R.H., Ahmad, N., Rashid, A. (1995). Response of cotton cultivars to salinity at various growth development stages. *Sarhad Journal of Agriculture*, *11*, 729-731.

Khan, M.A., Ungar, I.A., Showalter, A.M. (2000). Effects of salinity on growth, water relations and ions accumulation of the subtropical perennial halophyte *Atriplex griffthii* var. *stocksii*. *Annals of Botany*, *85*(2), 225-232.

Khaninejad, S., Kafi, M., Khazaei, H.R., Shabahang, J., Nabati, J. (2012). Investigating the effect of different levels of nitrogen and phosphorus on the characteristics and yield of Kochia scoparia in irrigation with two levels of salinity. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *11*(2), 275-283. (In Persian).

Khodashenas, M., Nasibi, F., Ashraf Gangooei, F.A., Rahneshan, Z. (2020). Physiological and antioxidative responses of a halophytic grass *Leptochloa fusca* L. kunth (Kallar grass) to salinity. *Journal of Plant Process and Function*, *8*(34), 71-78.

Khorsandi, O., Hassani, A., Sefidkon, F., Shirzad, H., Khorsan, A.(2010). Effect of salinity (NaCl) on growth yield essential oil content and composition of *Agastach foeniculum* Kuntz . *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *26*(3), 438-451. (In Persian) https://doi.org/10.22092/ijmapr.2010.6807

Kurban. H., Saneoka. H., Nehira. K., Adilla. R., Premachandra. G.S, Fujita. K. (1999). Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in legurninous plant *Alhagi psedoalhagi* (Bieb.). *Soil Science and Plant Nutrition*, *45*, 851-862.

Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In Methods in Enzymology. *Academic Press. New York*, *148*, 350-382.

Liu, H., Todd, J.L., Luo, H. (2023). Turfgrass Salinity Stress and Tolerance—A Review. *Plants*, *12*(4), 1-25.

Maas, E.V. (1986). Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research*, *1*, 12-26.

Majidi, A., Kharazmi, K. (2014). Potassium and Magnesium Interaction in Alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*, *108*, 1-7. (In Persian)Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Ping Xia, Y., Luo, A., Etemadi, N.A. (2008). Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition*. *31*(12), 2155-2167.

Niu, G., Rodriguez, D.S. (2006). Relative salt tolerance of selected herbaceous perennials and groundcovers. *Scientia Horticulturae*, *110*(4), 352-358.

Pham, A.C., Vo, T.C., Bui, T.D., Van, T.T.H., Tran, D.Q. (2024). Evaluating growth and physiological responses of a medicinal plant *Phyla nodiflora* to salinity. *International Journal of Plant Biology*, *15*(1), 187-197.

Pourghasemi, D., Chehrazi, M., Rezaei Nejad, A. (2016). Effects of salinity stress on some quantitative and qualitative characteristics of *Alternanthera repens* genotypes: "Entire Leaf" and "Undulate Leaf". *Plant Production Technology*, *10*(1), 1-11. (In Persian).

Rajabi Fakhrabad, A., Sharifan, H., Hossam, M. Zakarinia, M. (2017). The effect of salinity stress on ion leakage and nutrient concentration of spinach under different levels of irrigation. In: Second National Congress of Irrigation and Drainage of Iran. Iran, Isfahan. Conference paper. (In Persian).

Rasouli, M., Hatamzadeh, A., Ghasemnezhad, M., Samizadeh Lahiji, H. (2017). The increase of salinity tolerance in three turf grass species using trinexapac-ethyl. *Nova Biologica Reperta*, *4*(1), 28-37. (In Persian).

Rodríguez-Hernández, M.D.C., Garmendia, I. (2021). Optimum growth and quality of the edible ice plant under saline conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *102*(7), 2686-2692.

Sabet Teimouri, S.T., Khazaie, H., Nezami, A., Nasiri Mahallati, M. (2007). Investigation of different levels of salinity on physiological characteristics and leaf antioxidant enzyme rate of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Agricultural Research*, *7*, 171-190.

Saeedi Pooya, E., Tehranifar, A., Sadeqi, M., Vahdati Mashhadian, N. (2017). Can we reduce salinity effects by the application of humic acid on native turfgrasses in order to attain sustainable landscape? *Journal of Ornamental Plants*, *8*(2), 121-133.

Sairam, R.K., Rao, K.V., Srivastava, G.C. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*, *163*, 1037-1046.

Salehi, L. (2015). Effect of Humi potas and potassium sulfate on quantitative and qualitative characteristics wallflower (*Matthiola incana* L.). Master's Thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. (In Persian).

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

Sharma, R. A., Singh, R. (2013). A review on *Phyla nodiflora* Linn.: A wild wetland medicinal herb. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, *20*(1), 57-63.

Suarez, N., Medina, E. (2008). Salinity effects on leaf ion composition and salt secretion rate in *Avicennia germinans* L. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, *20*, 40-131.

Uddin, M.K., Juraimi, A.S., Ismail, M.R., Othman, R., Abdul Rahim. A. (2010). Effect of salinity of tropical turfgrass species. *World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, 29-31.

Uddin, M.K., Juraimi, A.S., Ismail, M.R., Othman, R., Hossain, M.A., Abdul Rahim. A. (2012). Physiological and growth responses of six turfgrass species relative to salinity tolerance. *The Scientific World Journal*, 1-10.

Van Oosten, M.J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, *4*(1), 1-12.

Vysotskaya, L., Hedley, P.E., Sharipova, G., Veselov, D., Kudoyarova, G., Morris, J., Jones, H.G. (2010). Effect of salinity on water relations of wild barley plants differing in salt tolerance. *AoB Plants*, plq006, 1-8.

Wang, D., Shannon, M.C., Grieve, C.M. (2001). Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean. *Field Crops Research*, *69*(3), 267-277.

Xiong, Y., Liang, H., Yan, H., Guo, B., Niu, M., Chen, S., Jian, S., Ren, H., Zhang, X., Li, Y., Zeng, S., Wu, K., Zheng, F., da Silva, J.A.T. (2019). NaCl-induced stress: physiological responses of six halophyte species in *in vitro* and *in vivo* culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *139*(3), 531-546.

Zaremanesh, H., Eisvand, H.R., Akbari, N., Ismaili, A. and Feizian, M. (2019). Effects of different humic acid and salinity levels on some traits of Khuzestani savory (*Satureja khuzistanica* Jamzad). *Applied Ecology and Environmental Research*, *17* (3), 5409-5432.

Zhang, L., Sun, X.Y, Tian, Y., Gong, X.G. (2014). Biochar and humic acid amendments improve the quality of composted green waste as a growth medium for the ornamental plant *Calathea insignis*. *Scientia Horticulturae*, *176*, 70-78.

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]

Flower and Ornamental Plants (2024), 9(1): 147-166
Research article

Improving the salinity stress tolerance of *Phyla nodiflora* L. groundcover through potassium humate application

Fatemeh Sadeghi, Somayeh Esmaeili*, Mehrangiz Chehrazi

Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz
s.esmaeili@scu.ac.ir

Received: 2024/08/03, Revised: 2024/08/28, Accepted: 2024/08/28

Abstract

This experiment examined how potassium humate affects the salinity tolerance of the groundcover plant *Phyla nodiflora* L., focusing on its morpho-physiological characteristics. A split-plot design was used for the greenhouse experiment, which included two factors arranged in randomized complete blocks with three replications. The main plot involved NaCl salinity at 5 different levels (0, 4, 8, 12, and 16 dS m^{-1}), while the subplot consisted of three levels of potassium humate (0, 500, and 1000 mg L^{-1}). The results showed that regardless of the fertilizer treatment, the shoot fresh weight and visual quality showed a significant decrease of 19.02% and 24.34%, respectively in the salinity treatment of 16 dS m^{-1} compared to the control plants. The *Phyla* plant had a relatively favorable state of plant pigments in the salinity treatment of 16 dS m^{-1}, another positive feature for the plant during salt stress. In addition, the visual quality showed a strong and positive correlation with shoot length, shoot fresh and dry weight, and root fresh weight. Overall, the results showed that *Phyla* experienced reduced growth characteristics under salinity stress. While high salinity conditions may compromise visual quality, *Phyla's* vibrant green hue is preserved despite the stress. Based on the results of fresh and dry shoot and root weights, leaf relative water content (RWC), and visual quality, it is evident that *Phyla* plants thrive best up to a salinity level of 8 dS m^{-1}. There is no need to utilize potassium humate treatment at this stress level. At salinity levels of 12 and 16 dS m^{-1}, the morphophysiological characteristics of the *Phyla* decreased. As a result, at higher salinity levels such as 12 and 16 dS m^{-1}, to improve the overall condition of the plant, the use of potassium humate is recommended. Therefore, the application of 500 mg L^{-1} of potassium humate enhanced the shoot length, lateral shoot number, and RWC at a salinity level of 16 dS m^{-1}. Furthermore, the use of 1000 mg L^{-1} potassium humate led to enhanced plant pigments under a sodium chloride salinity treatment of 12 dS m^{-1}.

Keywords: *Phyla*, Plant pigments, Relative water content, Sodium chloride, Visual quality.

[DOI: 10.61882/flowerjournal.9.1.147]