

Effect of Fulvic Acid on Morpho-Physiological Characteristics and the Vase Life of Rose Cut Flowers (*Rosa hybrid* c.v. Dolce vita) under Salinity Stress

M. Danandeh¹, R. Azarmi^{1*}, M. Torabi Giglou¹, E. Chamani¹, Z. Aslani²

1- Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

(*- Corresponding author's Email: r_azarmi@uma.ac.ir)

Received: 07 February 2025
Revised: 13 May 2025
Accepted: 14 May 2025
Available Online: 14 May 2025

How to cite this article:

Danandeh, M., Azarmi, R., Torabi Giglou, M., Chamani, E., & Aslani, Z. (2026). Effect of fulvic acid on morpho-physiological characteristics and the vase life of rose cut flowers (*Rosa hybrid* c.v. Dolce vita) under salinity stress. *Journal of Horticultural Science*, 40(1), 31-44. (In Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.92084.1410>

Introduction

Rosa hybrida is known as one of the most important cut flowers. *Rosa hybrida* is one of the most diverse and widespread plants in the Northern hemisphere in terms of growth habit, flower color and shape. Roses are mostly grown in the ornamental industries as cut flowers, potted plants and bedding plants due to their ornamental value. In addition, roses and their products have many applications in various industries such as beverages, cosmetics, food and pharmaceuticals. So, salinity stress is one of the environmental factors limiting the cultivation of this plant. Appropriate plant nutrition plays a significant role in raising the tolerance level of plants against various stresses.

Materials and Methods

This experiment was carried out in the form of a completely randomized design with four replications in the research greenhouse of the Faculty of Agriculture and Natural Resources of Mohaghegh Ardabili University. Experimental treatments included control, salinity with the concentration of 120 mM, salinity + fulvic acid 10 mg.L⁻¹, salinity + fulvic acid 30 mg.L⁻¹, salinity + fulvic acid 60 mg.L⁻¹, salinity + fulvic acid 90 mg.L⁻¹, salinity + fulvic acid 120 mg.L⁻¹. After the plants were established in the original pots, they were placed on platforms one meter above the ground. On average, each pot was fed twice a day with a basal nutrient solution based on modified Hoagland nutrient solution. Experimental treatments were applied approximately 50 days after the plants were established. Salinity treatment was applied by sodium chloride. 100 to 150 ml of nutrient solution was added to each treatment according to the growth stage of the plant. The growth medium was rinsed once a week to minimize EC changes. The pH of the nutrient solution was adjusted to 6.5 with 37% hydrochloric acid. Flowers were harvested at the beginning of sepal opening (economic harvest stage) from a height of 45 cm of the flowering stem with a sharp knife. The stem was immediately placed in 500 ml bottles filled with 250 ml of distilled water containing 75 mg /L Sodium hypochlorite.

Results and Discussion

The results showed that the application of salt stress with a concentration of 120 mM caused a significant decrease in leaf fresh weight, stem fresh weight, number of flowers, vase life, flower diameter, relative water content of leaves and the amount of a, b and total chlorophyll in comparison with the control treatment. Also, the



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.92084.1410>

results showed that the application of fulvic acid had a significant effect on the studied traits. So that the application of fulvic acid increased the growth, physiological and quality parameters of roses. The results showed that leaf fresh weight, stem fresh weight, flower number, flower length and vase life were significantly affected by salinity and fulvic acid treatments. So that under salinity stress conditions, the highest leaf fresh weight (3.56 g) and stem fresh weight (27.51 g) were obtained in the 30 mg.L⁻¹ fulvic acid treatment. Also, the highest number of flowers (2.25), flower length (45.51 mm) and vase life (10.50) were observed in the 30 mg.L⁻¹ fulvic acid treatments in the non-salinity conditions, and the lowest levels of these traits were obtained in the salinity and non-fulvic acid treatments. Fulvic acid increases the availability of the elements in the plant by chelating the minerals including, potassium, magnesium, zinc, calcium, iron, copper and increasing enhance the growth of lateral roots.

Conclusion

It seems that the application of fulvic acid can be useful in removing osmotic stress and improving the growth and efficiency of rose plants under salt stress conditions. This experiment shows that adding fulvic acid to saline water can reduce the effects of salinity stress on rose plants. So that using different concentrations of fulvic acid (10, 30, 60 and 90 mg.L⁻¹), especially the concentration of 30 mg.L⁻¹, improved the absorption of nutrients such as nitrogen, potassium and calcium and photosynthetic pigments and moderated the adverse effects of salinity stress.

Keywords: Abiotic stress, Humic substances, Hydroponics, Ornamental plants

تأثیر اسیدفولویک بر ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیکی و عمر گلجای رز رقم (*Rosa hybrida* c.v) (Dolce vita) تحت تنش شوری

مریم داندنده^۱ - رسول آذر می^{۱*} - موسی ترابی گیگلو^۱ - اسماعیل چمنی^۱ - زهرا اصلانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۴

چکیده

گل رز (*Rosa hybrida*) یکی از مهم‌ترین گل‌های شاخه بریده در صنعت گلکاری است. شوری یکی از عوامل محیطی تأثیرگذار بر رشد و کیفیت این گیاه محسوب می‌شود. تغذیه مناسب می‌تواند نقش مهمی در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی ایفا کند. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار، در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد (بدون شوری و بدون اسیدفولویک)، شوری با غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار، شوری + اسیدفولویک ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، شوری + اسیدفولویک ۳۰ میلی‌گرم در لیتر، شوری + اسیدفولویک ۶۰ میلی‌گرم در لیتر، شوری + اسیدفولویک ۹۰ میلی‌گرم در لیتر، شوری + اسیدفولویک ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر بود. تنش شوری با استفاده از سدیم کلرید اعمال گردید و محلول غذایی روزانه متناسب با مرحله رشدی گیاه به‌میزان ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌لیتر به هر تیمار اضافه شد. نتایج نشان داد که اعمال تنش شوری با غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار باعث کاهش معنی‌دار در وزن تر برگ، وزن تر ساقه، تعداد گل، عمر گلجای، قطر گل، محتوای نسبی آب برگ و میزان کلروفیل a، b و کل در مقایسه با شاهد شد. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد اسیدفولویک تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد مطالعه داشت، به‌طوری‌که موجب افزایش شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیکی و کیفی گل رز گردید. براساس یافته‌های این پژوهش، به‌کارگیری اسیدفولویک می‌تواند در کاهش اثرات منفی تنش‌های اسمزی و بهبود رشد و کارایی گیاه رز در شرایط تنش شوری مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش غیرزیستی، گیاهان زینتی، مواد هیومیک، هیدروپونیک

مقدمه

گل رز (*Rosa hybrida*) با تجارت سالانه حدود ۸۰۰ میلیون یورو، یکی از مهم‌ترین گیاهان زینتی در سراسر جهان است و از نظر عادت رشد، رنگ و شکل گل یکی از متنوع‌ترین و گسترده‌ترین گیاهان در نیمکره شمالی به‌شمار می‌آید (Gaurav et al., 2021). گل رز بیشتر به‌دلیل ارزش زینتی خود به‌عنوان گل شاخه بریده و گیاه گلدانی تولید می‌شود. علاوه بر این، گل رز و محصولات آن در صنایع مختلف مانند نوشیدنی، آرایشی و بهداشتی، مواد غذایی و داروسازی کاربردهای فراوانی دارد (Zlesak, 2007). از لحاظ زینتی، کیفیت و جذابیت ظاهری گل از جمله طراوت، اندازه، رنگ و ماندگاری گل، همچنین طول و قطر ساقه گل، از جمله عوامل اصلی در افزایش رضایت مصرف‌کنندگان و ارزش اقتصادی آن در بازاریابی و تجارت هستند.

(Hosseini Farahi et al., 2019). عملکرد زیاد، همراه با کیفیت قابل

قبول و بهبود عمر پس از برداشت، از اهداف اصلی تولید گل‌های شاخه بریده، به‌ویژه گل رز می‌باشد. امروزه کاهش سطح زیرکشت به‌دلیل محدودیت منابع آب و خاک و همچنین تنش‌های محیطی از جمله عوامل اصلی کاهش تولید و موانع اصلی برای دستیابی به عملکرد بهینه محصولات مختلف هستند (Munns et al., 2006).

تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد. خسارت سالانه آن به زمین‌های کشاورزی حدود ۲۷/۳ میلیارد دلار است (Qadir et al., 2014). تحت شرایط تنش شوری، افزایش جذب نمک باعث ایجاد سمیت توسط یون‌هایی مانند سدیم و کلر می‌شود که جذب عناصر غذایی ضروری مانند فسفر، پتاسیم، ازت، کلسیم و منیزیم را

(*) - نویسنده مسئول: (Email: r_azarmi@uma.ac.ir)
<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.92084.1410>

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

کاهش داده و با تحت تأثیر قرار دادن هدایت روزنه‌ای (کاهش هدایت روزنه) فتوسنتز را کاهش می‌دهد (Tavakkoli et al., 2011). شوری ناشی از غلظت بالای یون سدیم می‌تواند باعث مشکلات اسمزی و متابولیکی شده و فعالیت آنزیم‌های مرتبط با جذب و آسمیلاسیون برخی عناصر غذایی را تغییر دهد (Siddiqi et al., 2009). شوری تأثیر منفی بر فعالیت آنزیم‌های $H^+ - ATP$ و نیترات ردوکتاز دارد که منجر به اختلال در هموستازی یونی و آسمیلاسیون نیتروژن می‌گردد (Yu et al., 2016). تجمع یون‌های سدیم در سیتوسول به‌عنوان یک معضل جدی در نظر گرفته می‌شود که علاوه بر کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی، از طریق مهار فعالیت آنزیم روبیسکو در طول چرخه کالوین نیز بر فرآیند فتوسنتز اثر می‌گذارد و در نهایت باعث کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌گردد (Parida & Das, 2005). در تولید گیاهان زینتی، حفظ طراوت و زیبایی گل‌ها و افزایش عمر پس از برداشت آن‌ها اهمیت دارد. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ظاهر گل و عمر پس از برداشت آن، تغذیه بهینه در طول دوره رشدونمو گل است که البته تحت تنش شوری دچار اختلال می‌شود. در واقع، در شرایط تنش شوری، علاوه بر کاهش پتانسیل اسمزی محیط و جلوگیری از جذب آب، به‌علت اثر منفی یون‌های سدیم، کلر و برهم خوردن تعادل یونی محیط رشد، جذب یون‌های عناصر غذایی توسط گیاه نیز دچار اختلال می‌شود (Hajlaoui et al., 2010). اسیدهای هیومیک و فولویک، هر دو جذب‌کننده عالی مواد معدنی و مغذی خاک هستند. برخی از این مواد مغذی شامل مس، آهن، منگنز، روی و ... هستند (Balakumbahan & Rajamani, 2010).

محرك‌های زیستی به‌عنوان یکی از بهترین روش‌های کشاورزی در چند دهه گذشته شناخته شده‌اند. اسیدفولویک ترکیب جدیدی از محرك‌های زیستی است که تأثیر مثبتی بر فرآیندهای توسعه در گیاهان دارد (Ali et al., 2022). اسیدفولویک، دومین ماده مهم هوموس است که رشد و عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشد (Calvo et al., 2014) و به‌عنوان یک محرك زیستی، یک اتصال‌دهنده آب غیرسمی است که جذب را از طریق برگ‌ها به حداکثر می‌رساند و بهره‌وری گیاه را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، مولکول‌های آب را جذب و با کلاته کردن، حرکت مواد مغذی را به ریشه‌ها تسهیل می‌کند (Capstaff et al., 2020). مهم‌ترین اثرات بیولوژیکی اسیدفولویک شامل تسهیل جذب مواد مغذی معدنی، بهبود رشد، تحریک تجمع زیست‌توده و مقاومت القایی گیاه در برابر تنش‌های محیطی است (Hatami et al., 2018; Calvo et al., 2014). استفاده از اسیدفولویک باعث افزایش شاخص‌های رشدی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، فنل کل و فلاونوئید کل

در گیاه بومادران (*Achillea millefolium* L.) شده است (Bayat et al., 2021). تیمار با اسیدفولویک، ویژگی‌های رشدی و عملکردی را در گیاهانی مانند گندم (*Triticum aestivum*) (Gomaa et al., 2019) و فلفل شیرین (*Capsicum Annuum*) (Maraei et al., 2019) بهبود بخشیده است. علاوه بر این، افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، وزن خشک گیاه، سطح برگ، تعداد برگ، محتوای کلروفیل و محتوای عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، آهن، پتاسیم و منیزیم در گیاه گل محمدی (*Rosa damascena* Mill) محلول‌پاشی شده با اسیدفولویک نسبت به شاهد مشاهده شد (Ali et al., 2022). پژوهش حاضر با هدف مطالعه تأثیر شوری و اسیدفولویک به‌صورت کاربرد در محلول غذایی بر تعدیل‌کنندگی اثرات نامطلوب شوری در گل رز و تعیین غلظت بهینه اسیدفولویک تحت تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی با طول و عرض جغرافیایی منطقه به‌ترتیب ۴۸ درجه و ۲ دقیقه شرقی و ۳۸ درجه شمالی در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- شاهد (بدون شوری و اسیدفولویک)، ۲- شوری با غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار، ۳- شوری + اسیدفولویک ۱۰ میلی گرم در لیتر، ۴- شوری + اسیدفولویک ۳۰ میلی گرم در لیتر، ۵- شوری + اسیدفولویک ۶۰ میلی گرم در لیتر، ۶- شوری + اسیدفولویک ۹۰ میلی گرم در لیتر و ۷- شوری + اسیدفولویک ۱۲۰ میلی گرم در لیتر بود. تیمار شوری توسط سدیم کلرید اعمال گردید و اسیدفولویک از شرکت بازرگانی یاوری تهیه گردید.

تهیه بستر کشت

برای اجرای این آزمایش، نهال‌های رز رقم دولسه ویتا (*Rosa hybrid* c.v. Dolce vita)، یکی از مهم‌ترین ارقام تجاری رز شاخه بریده، از شرکت آراین تبریز تهیه گردید. نهال‌ها بعد از ضدعفونی با قارچ کش ایپرودیون + کاربندازیم مشکفام با غلظت ۴ در هزار به مدت ۳۰ ثانیه در گلدان‌های پلاستیکی ۱۰ لیتری حاوی پرلایت و کوکوپیت به‌نسبت ۵۰ : ۵۰ کشت شدند. بوته‌ها پس از اینکه در گلدان‌های اصلی مستقر شدند روی سکوها با ارتفاع یک متری از سطح زمین قرار داده شدند. به‌طور متوسط هر گلدان، دو بار در روز با محلول غذایی پایه براساس محلول غذایی هوگلند تغییر یافته تغذیه شدند (جدول ۱).

جدول ۱- فرمولاسیون محلول هوگلند تغییر یافته مورد استفاده در این آزمایش

Table 1- Modified Hoagland formulation used in this experiment

عناصر ماکرو	مقدار	عناصر میکرو	مقدار
Macro elements	Amount (mg.L ⁻¹)	Micro element	Amount (mg.L ⁻¹)
Ca(NO ₃) ₂	895	H ₃ BO ₃	4.9
KNO ₃	335	Na ₂ MoO ₄	0.06
MgSO ₄	246	Zn- EDTA	3.5
KH ₂ PO ₄	72	Cu-EDTA	0.71
(NH ₄) ₂ SO ₄	318	Mn-EDTA	7.7
		(Fe-EDDHA) ₁₃₈	50

نحوه اعمال تیمارها

۵۰ روز پس از استقرار بوته‌ها و بعد از رشد مطلوب بوته‌های رز، تیمارهای آزمایشی اعمال گردید. آبیاری با محلول غذایی به میزان ۱۰۰ لیتری ۱۵۰ میلی‌لیتر در هر گلدان بسته به مرحله رشدی گیاه صورت گرفت. بستر رشد گیاه هر هفته یک بار برای به حداقل رساندن تغییرات EC آبشویی می‌شد. pH محلول غذایی با اسیدکلریدیک ۳۷ درصد در ۶/۵ تنظیم شد. برداشت گل در مرحله آغاز باز شدن کاسبرگ‌ها (مرحله برداشت اقتصادی) از ارتفاع ۴۵ سانتی‌متری ساقه گل‌دهنده با چاقوی تیز انجام گردید. بلافاصله ساقه را در داخل شیشه‌های ۵۰۰ میلی‌لیتری که با ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حاوی هیپوکلریت سدیم یک نرمال پر شده بود، قرار داده شد. سپس شیشه‌های حاوی گل شاخه بریده به اتاقک رشد با دمای ۲۰±۲ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۷۰-۶۰ درصد، ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی انتقال داده شدند.

صفات ریخت‌شناختی

با ظاهر شدن غنچه‌ها در هنگام برداشت (آغاز باز شدن گلبرگ‌ها) گل‌ها از بالای سومین گره ساقه گل‌دهنده محل انشعاب از شاخه اصلی به وسیله قیچی باغبانی چیده شدند و سپس، برای اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی به آزمایشگاه منتقل شدند. همچنین، شاخص‌های نظیر وزن تر برگ، وزن تر ساقه، به وسیله ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری گردید. طول و قطر گل با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری ماندگاری گل، از هر تکرار، سه عدد شاخه گل برداشت و به آزمایشگاه منتقل و درون گلدان‌های شیشه‌ای محتوی آب قرار داده شدند. ماندگاری گل برحسب تعداد روز از زمان برداشت تا ایجاد نشانه‌هایی از جمله گردن کج، پیرشدن گلبرگ‌ها، برگ‌شدن کامل گلبرگ‌ها به سمت خارج، تغییر رنگ و ریزش آن‌ها تعیین گردید.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

برای تعیین میزان کلروفیل a و b مقدار ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ با ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی کاملاً ساییده و محلول حاصل توسط سانتریفیوژ با ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه

تفکیک گردید. سپس میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۶ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و مقدار کلروفیل a و b با استفاده از معادله ۱ برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (Arnon, 1967).

(۱)

$$C_a \text{ (mg.g}^{-1} \text{ FW)} = ((7/12 \times A_{663}) - (69/2 \times A_{645}) \times V) / W \times 1000$$

(۲)

$$C_b \text{ (mg.g}^{-1} \text{ FW)} = ((9/22 \times A_{645}) - (68/4 \times A_{470}) \times V) / W \times 1000$$

(۳)

$$ChlT = C_a + C_b$$

که در آن‌ها، V: حجم محلول صاف‌شده برحسب میلی‌لیتر و W: وزن تر نمونه بر حسب گرم است.

محتوای نسبی آب (RWC)

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، ابتدا از برگ‌های جوان و بالغ تعداد ۹ عدد دیسک با قطر ۰/۵ سانتی‌متر تهیه و بلافاصله وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری گردید (FW). سپس تمامی نمونه‌ها در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. بعد از ۲۴ ساعت، وزن اشباع برگ‌ها (S_w) اندازه‌گیری و برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفته و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری گردید (D_w). با قرار دادن اعداد حاصل از توزین با ترازوی دارای دقت یک ده هزارم در معادله ۴ محتوای نسبی آب به دست می‌آید (Turner, 1981).

$$RWC = (F_w - D_w) / (S_w - D_w) \times 100 \quad (4)$$

اندازه‌گیری مقدار عناصر غذایی

نمونه برگ، شاخه‌های برداشت‌شده (شروع باز شدن گلبرگ‌ها) برای اندازه‌گیری صفات کیفی، همچنین برای تهیه خاکستر گیاهی جهت تعیین غلظت عناصر معدنی سدیم، پتاسیم و کلسیم استفاده شد. بدین منظور، مقدار ۰/۵ گرم بافت خشک، کاملاً سائیده شد و سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ به آن اضافه شده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار داده شد، پس از آن به مدت دو ساعت روی اجاق

هضم قرار داده شد تا محلول شفاف به دست آید که حجم آن را با آب دیونیزه به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده و محلول حاصل، چند بار با استفاده از کاغذ صافی صاف گردید و از آن برای تعیین مقدار پتاسیم و سدیم به‌وسیله نورسنج شعله‌ای مدل JENWAY PEP7 استفاده گردید و برای تعیین مقدار کلسیم از روش تیتراسیون با سود ۰/۰۱ نرمال استفاده شد، اندازه‌گیری نیتروژن با استفاده از روش کج‌لدال انجام گردید (Cotteni, 1980).

میزان جذب محلول

وزن شیشه‌های حاوی محلول بدون گل شاخه بریده با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم تا پایان دوره گلجایی اندازه‌گیری شد و از طریق معادله ۵ به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شد (Abdolmaleki et al., 2015).

$$\text{Solution uptake} = ((S_{t-1} - S_t) / w_t) \times 100 \quad (5)$$

که در آن، S_t : وزن محلول (g) صفر، ۱، ۳، ۵، (S_{t-1}) : وزن محلول (g) در روز قبل و w_t : وزن تر ساقه در روز صفر است.

تجزیه آماری داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار spss و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

صفات ریخت‌شناختی

نتایج نشان داد که وزن تر برگ، وزن تر ساقه گل‌دهنده، تعداد گل، طول گل و عمر گلجایی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار شوری و اسیدفولویک قرار گرفت (جدول ۲). به‌طوری‌که در شرایط تنش شوری بیشترین وزن تر برگ (۳/۵۶ گرم)، ساقه گل‌دهنده (۲۷/۵۱ گرم)، تعداد گل (۲/۲۵)، طول گل (۴۵/۵۱ میلی‌متر) و عمر گلجایی (۱۰/۵۰ روز) در تیمار ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدفولویک مشاهده گردید و کمترین میزان این صفات در تیمار شوری و بدون اسیدفولویک به دست آمد (جدول ۳). براساس نتایج به‌دست‌آمده، با کاربرد اسیدفولویک در محلول غذایی از اثرات مضر تنش شوری کاسته شد. حداکثر تعداد گل (۳ عدد)، عمر گلجایی (۱۲ روز) و طول گل (۵۲/۲۲ میلی‌متر) در گیاهان شاهد (بدون شوری) به دست آمد. افزایش معنی‌دار عمر گلجایی و قطر گل در گیاهان تغذیه‌شده با ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدفولویک در مقایسه با گیاهان تیمار شده با شوری ۱۲۰ میلی‌مولار مشاهده شد. همچنان‌که مقدار اسیدفولویک در محلول غذایی از ۰ تا ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر تحت تنش شوری افزایش یافت، آسیب ناشی از

شوری کاهش یافت و تعداد گل روی گیاه افزایش یافت. براساس نتایج به‌دست‌آمده، تیمار شوری موجب کاهش وزن تر، برگ، ساقه و تعداد گل در گیاه رز واریته “Dolce vita” (*Rosa hybrid c.v.*) شد. تنش شوری همانند بسیاری از تنش‌های غیرزیستی دیگر، رشد گیاه را محدود می‌کند و کاهش رشد یک نوع سازگاری برای زنده ماندن گیاه تحت شرایط تنش محسوب می‌شود. اثرات اسمزی و یونی ناشی از نمک سدیم کلرید تبعات پیچیده‌ای نظیر کاهش پتانسیل محلول خاک، سمیت یونی و به هم خوردن تعادل تغذیه‌ای دارد (Munns, 2002). غلظت نمک در ناحیه ریشه باعث کاهش مقدار آب موجود برای گیاه می‌شود و سنتز اسیدآبسیزیک را تشویق می‌کند. اسیدآبسیزیک به سلول‌های نگهبان منتقل، و با بسته شدن روزنه‌ها، میزان فتوسنتز را کاهش داده که در نهایت سرعت رشد و عملکرد گیاه را نیز کاهش می‌دهد (Frairevelazquez & Balderas-Hernández, 2013). علاوه‌بر این، تأثیر سمی غلظت یون‌های کلر یا سدیم با ایجاد تغییر در ساختار کلروپلاست‌ها موجب کاهش فعالیت فتوسنتزی نیز می‌شود (Veatch-Blohm et al., 2012). تحقیقات نشان داده است که تنش شوری باعث کاهش تعداد گل، وزن تر و خشک اندام هوایی و قطر گل در گیاه رز مینیاتوری (*Rosa chinensis* Jacq. var. minima Rehd) شد. آن‌ها اظهار کردند که آب شور بر پتانسیل آب گیاه تأثیر می‌گذارد و محتوای آب برگ و وزن خشک را کاهش می‌دهد (Li et al., 2016). در تحقیق دیگری، تنش شوری باعث تأخیر در گل‌دهی و کاهش تعداد گل در گیاه رز مینیاتوری (*Red Imp* × *Rosa* × *hybrida* L.) شده است (Cai et al., 2014). علاوه‌بر کاهش وزن خشک گل و برگ، تعداد گل، افزایش شوری در آب آبیاری روی قطر گل در گیاه رز چینی (*Rosa chinensis*) گزارش شده است (Cai et al., 2014). در تحقیق حاضر، کاربرد اسیدفولویک در شرایط تنش شوری موجب بهبود شاخص‌های رشدی در گیاه رز گردید. اسیدفولویک یک ترکیب طبیعی و نمونه‌ای از یک ماده هیومیک است که برای مدت طولانی در خاک باقی می‌ماند و به رشد ریشه گیاهان کمک می‌کند (Varanini & Pinton, 2000). همچنین گزارش شده است که اسیدفولویک، متابولیت‌های اولیه و ثانویه را در بسیاری از گیاهان تقویت می‌کند و در نتیجه مقاومت آن‌ها را در برابر تنش‌های غیرزیستی مختلف از جمله شوری بهبود می‌بخشد (Sun et al., 2020). در سال‌های اخیر، پتانسیل اسیدفولویک برای افزایش بهره‌وری محصول از طریق کاهش تنش شوری، بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و جذب مواد مغذی به رسمیت شناخته شده است (Sun et al., 2020). به‌طوری‌که تیمارهای با اسیدفولویک، تحمل به تنش شوری را در محصولات از جمله سویا (*Glycine max* L.) (Dinler et al., 2016)، بادام (*Prunus amygdalus*) (Hatami et al., 2018) و بومادران (*Bayat et al.,*

(2021) و اسفناج (*Spinacia oleracea*) (Gabr et al., 2022) بهبود بخشیده است. مواد هوموسی می‌توانند نقش مهمی در کیفیت گل‌های شاخه بریده ایفا نمایند، اسیدفولویک با افزایش جذب عناصر غذایی، کلات کردن عناصر و فعالیت شبه‌هورمونی، می‌تواند کیفیت و کمیت گل شاخه بریده ژربرا (*Gerbera jamesonii*) را بهبود بخشد (Yazdani, 2010). افزایش تعداد گل و عملکرد وزن تر گل در گیاه گل محمدی با کاربرد اسیدفولویک گزارش شده است، به‌طوری‌که با استفاده از غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر فولویک، تعداد گل و عملکرد گل به‌ترتیب ۱۹/۸۳ و ۵۲/۷۵ درصد افزایش یافته است که نتایج این تحقیق را مورد تأیید قرار می‌دهد (Ali et al., 2022).

جدول ۲- تجزیه واریانس تیمار شوری و اسیدفولویک بر صفات ریخت‌شناختی و عمر گلجای گل رز رقم 'دولسه ویتا'

Table 2- ANOVA for the effect of salinity and fulvic acid treatment on the morphological traits and vase life of rose cv. Dulce Vita

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عمر گلجای Vase life	تعداد گل Flower number	طول گل Flower height	وزن تر ساقه گل‌دهنده Flowering stem fresh weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight
بلوک Block	3	0.524 ^{ns}	0.607 ^{ns}	6.571 ^{ns}	70.222 [*]	0.285 ^{ns}
تیمار Treatment	6	4.655 [*]	0.833 [*]	80.520 [*]	0.274 [*]	0.828 [*]
خطا Error	18	0.329	0.246	17.702	0.077	0.267
ضریب تغییرات CV (%)		5.625	5.991	6.658	21.95	16.809

ns, *, ** : به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns, * and **: non-significant, and significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

جدول ۳- اثر ترکیبی تیمار شوری و اسیدفولویک بر صفات ریخت‌شناختی و عمر گلجایی گل رز رقم 'دولسه ویتا'

Table 3- The effect of combined salinity and fulvic acid treatment on the morphological traits and vase life of rose cv. Dulce Vita

تیمارها Treatments	تعداد گل Flower number	عمر گلجای Vase life (day)	طول گل Flower height (mm)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g)
شاهد Control	3.00 a*	12.00 ^a	52.22 ^a	31.58 ^a	3.69 ^a
شوری Salinity	1.50 b	8.70 ^c	32.85 ^c	23.58 ^d	2.77 ^{bc}
اسیدفولویک ۱۰ میلی‌گرم + شوری Fulvic acid 10 mg+ salinity	2.00 b	9.00 ^c	42.23 ^b	23.79 ^{cd}	2.94 ^{abc}
اسیدفولویک ۳۰ میلی‌گرم + شوری Fulvic acid 30 mg+ salinity	2.25 ab	10.50 ^b	45.49 ^b	27.51 ^{ab}	3.65 ^{abc}
اسیدفولویک ۶۰ میلی‌گرم + شوری Fulvic acid 60 mg+ salinity	2.25 ab	10.50 ^b	44.51 ^b	25.90 ^{bc}	3.17 ^{abc}
اسیدفولویک ۹۰ میلی‌گرم + شوری Fulvic acid 90 mg+ salinity	2.25 ^{ab}	10.25 ^b	44.40 ^b	25.50 ^{bc}	2.98 ^{abc}
اسیدفولویک ۱۲۰ میلی‌گرم + شوری Fulvic acid 120 mg+ salinity	2.00 b	10.00 ^b	43.30 ^b	23.85 ^{cd}	2.38 ^c

* حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن است.

* Similar letters in each column indicate no significant difference using Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

میزان محلول جذب‌شده

اختلاف معنی‌داری با تیمار شوری داشت (جدول ۴). در شرایط تنش شوری، بیشترین میزان محلول جذب‌شده در روزهای اول، سوم، هفتم و نهم مربوط به تیمار اسیدفولویک ۳۰ میلی‌گرم در لیتر بوده که اختلاف معنی‌داری با سایر غلظت‌های اسیدفولویک نداشت و در روزهای پنجم

براساس نتایج به‌دست‌آمده، میزان جذب محلول به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار شوری و اسیدفولویک قرار گرفت که در اکثر روزها بیشترین مقدار وزن محلول جذب‌شده مربوط به گیاهان شاهد بوده و (۱۱۱/۲۲)

و هفتم بیشترین (۳۸/۴۹ و ۸۹/۳۹) میزان محلول جذب شده به ترتیب از تیمار مربوط به ۶۰ و ۹۰ میلی گرم در لیتر اسیدفولویک به دست آمد (جدول ۵). اسیدفولویک علاوه بر بهبود وضعیت تغذیه ای گیاه و افزایش جذب عناصر غذایی مانند کلسیم، به عنوان عنصر مؤثر در افزایش کیفیت و دوام عمر گل شاخه بریده منجر به افزایش فنل کل به عنوان عامل آنتی اکسیدانی در گیاه می گردد. همچنین با توجه به ارتباط نزدیک بین نشت یونی و دوام عمر گل، کاربرد اسیدفولویک منجر به

کاهش درصد نشت یونی و در نتیجه افزایش دوام عمر گل در تیمارهای اسیدفولویک به کار برده شده در مقایسه با تیمار شوری گردیده است. به علاوه، تیمار اسیدفولویک با بهبود جذب تجمعی آب توسط ساقه گل دهنده سبب بهبود دوام عمر گل می گردد (Nikbakht et al., 2008).

جدول ۴- تجزیه واریانس تیمار شوری و اسیدفولویک بر میزان محلول جذب شده گل رز رقم 'دولسه ویتا'

Table 4- ANOVA for the effect of salinity and fulvic acid on the amount of absorbed solution of rose cv. Dulce Vita

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	روز اول 1 day	روز سوم 3 day	روز پنجم 5 day	روز هفتم 7 day	روز نهم 9 day	روز یازدهم 11 day
بلوک Block	3	465.99 ^{ns}	120.596 ^{ns}	241.930 ^{ns}	29.636 ^{ns}	16.511 ^{ns}	396.977**
تیمار Treatment	6	2276.059*	2632.361**	883.48*	659.261*	277.516*	378.005*
خطا Error	18	154.696	269.518	188.223	114.963	45.821	31.479
ضریب تغییرات CV (%)		27.1	29.510	30.955	29.504	29.294	32.095

ns, *, **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, * and **: non-significant, and significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

جدول ۵- تأثیر تنش شوری و اسیدفولویک بر میزان محلول جذب شده گل رز رقم 'دولسه ویتا'

Table 5- The effect of salinity stress and fulvic acid on the amount of absorbed solution of rose cv. Dulce Vita

تیمارها Treatments	روز اول 1 day	روز سوم 3 day	روز پنجم 5 day	روز هفتم 7 day	روز نهم 9 day	روز یازدهم 11 day
شاهد Control	99.35 ^{a*}	111.22 ^a	79.32 ^a	64.65 ^a	41.29 ^a	34.85 ^a
شوری Salinity	29.52 ^b	31.10 ^b	32.45 ^b	26.85 ^b	16.60 ^b	9.34 ^d
اسیدفولویک ۱۰ میلی گرم + شوری Fulvic acid 10 mg + salinity	36.98 ^b	47.78 ^b	43.48 ^b	30.48 ^b	19.04 ^b	16.59 ^{bc}
اسیدفولویک ۳۰ میلی گرم + شوری Fulvic acid 30 mg + salinity	40.42 ^b	62.57 ^b	45.43 ^b	34.36 ^b	26.42 ^b	18.08 ^b
اسیدفولویک ۶۰ میلی گرم + شوری Fulvic acid 60 mg + salinity	40.25 ^b	48.54 ^b	49.38 ^b	32.29 ^b	24.79 ^b	18.59 ^b
اسیدفولویک ۹۰ میلی گرم + شوری Fulvic acid 90 mg + salinity	38.78 ^b	43.83 ^b	45.44 ^b	39.89 ^b	21.61 ^b	14.69 ^d
اسیدفولویک ۱۲۰ میلی گرم + شوری Fulvic acid 120 mg + salinity	35.95 ^b	44.27 ^b	35.09 ^b	36.42 ^b	18.07 ^b	10.80 ^d

* حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد آزمون چنددامنه ای دانکن است.

* Similar letters in each column indicate no significant difference using Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

صفات فیزیولوژیکی

نتایج نشان داد که محتوای نسبی آب برگ به طور معنی داری تحت تأثیر شوری و اسیدفولویک قرار گرفت، به طوری که با اعمال تنش شوری، محتوای نسبی آب برگ در مقایسه با شاهد کاهش یافت (جدول ۶). از

طرفی، بررسی اثر شوری و اسیدفولویک نشان داد با افزودن اسیدفولویک به مقدار ۳۰ میلی گرم در لیتر به محلول غذایی، محتوای نسبی آب برگ به طور معنی داری در مقایسه با شرایط تنش شوری افزایش یافت، در حالی که در سایر غلظت های اسیدفولویک اختلاف

است (Jesmin et al., 2023). همچنین افزایش میزان کلروفیل با کاربرد اسیدفولویک در گیاهان گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) (Sun et al., 2014) و بومادران (*Achillea millefolium* L.) (Bayat et al., 2021) نیز گزارش شده است. کاربرد اسیدفولویک تحت تنش شوری، محتوای کلروفیل برگ را افزایش داده و منجر به افزایش شدت فتوسنتز می‌شود. نتایج پژوهش روی گیاه فلفل (*Capsicum annuum* L.) نشان داد که اسیدفولویک بر روی رنگیزه‌های فتوسنتزی تأثیر مثبتی داشته است (Aminifard et al., 2012). مواد هیومیکی نفوذپذیری غشاء سلول را افزایش داده و ورود پتاسیم را به‌شدت تسهیل می‌کنند که نتیجه آن افزایش فشار تورژسانس داخل سلول است. از طرفی دیگر، افزایش انرژی در داخل سلول منجر به افزایش تولید کلروفیل و شدت فتوسنتز خواهد شد (Abul et al., 2007). اسیدفولویک با کلات نمودن عناصر معدنی سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و غیره، قابلیت دسترسی این عناصر را برای گیاه افزایش داده و سبب افزایش رشد ریشه‌های جانبی می‌گردد و از این جهت باعث افزایش جذب عناصر معدنی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه شده و بدین طریق موجب بهبود میزان کلروفیل می‌شود (Natesan et al., 2007).

معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). محتوای نسبی آب گیاه، معیار مناسبی جهت بررسی وضعیت آبی گیاه است. در شرایط تنش شوری مقدار آب مصرفی گیاه کاهش پیدا می‌کند که می‌تواند مربوط به کاهش پتانسیل آب محیط ریشه و کاهش توان گیاه در جذب آب، افزایش مقاومت در مسیر جریان آب در داخل گیاه و یا افزایش مقاومت روزنه‌ای و کاهش تعرق باشد (Heidari Sharif Abad, 2011). بهبود رشد ریشه در نتیجه استفاده از اسیدفولویک یکی از دلایل افزایش محتوای نسبی آب برگ در حضور این ترکیب ذکر شده است (Abaszadeh Faruji et al., 2018; Roohani et al., 2014).

براساس نتایج به‌دست‌آمده، میزان کلروفیل تحت تأثیر تیماری شوری و اسیدفولویک قرار گرفت (جدول ۶)، به‌طوری‌که محتوای کلروفیل با اعمال شوری ۱۲۰ میلی‌مولار، نسبت به شاهد بدون شوری کاهش یافت. با این حال، در شرایط تنش شوری، محتوای کلروفیل کل برگ با کاربرد اسیدفولویک افزایش یافته و بیشترین (۱۰/۶۲) میلی‌گرم در گرم وزن تر) مقدار آن در گیاه گل رز با کاربرد ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدفولویک مشاهده شد که به‌جز تیمار اسیدفولویک ۱۰ میلی‌گرم در لیتر با بقیه تیمارهای اسیدفولویک اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۷). نتایج مشابهی در تحقیقات دیگر، مانند بهبود میزان کلروفیل در گیاه برنج با کاربرد اسیدفولویک تحت شرایط تنش شوری گزارش شده

جدول ۶- تجزیه واریانس تیمار شوری و اسیدفولویک بر صفات فیزیولوژیکی گل رز رقم 'دولسه ویتا'

Table 6- ANOVA for the effect of salinity and fulvic acid treatment on the physiological traits of rose cv. Dulce Vita

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	محتوی نسبی آب برگ Leaf relative water content (RWC)	کلروفیل کل Total chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a
بلوک Block	3	10.76 ^{ns}	0.062 ^{ns}	0.141 ^{ns}	0.441 ^{ns}
تیمار Treatment	6	43.353*	1.161*	2.501*	5.585*
خطا Error	18	9.233	0.232	0.174	0.431
ضریب تغییرات CV (%)		3.750	5.21	11.80	10.60

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

ns, * and **: non-significant, and significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

جدول ۷- تأثیر تنش شوری و اسیدفولویک بر صفات فیزیولوژیکی گل رز رقم 'دولسه‌ویتا'

Table 7- The effect of salinity stress and fulvic acid on the physiological characteristics of rose cv. Dulce Vita

تیمارها Treatments	محتوی نسبی آب برگ RWC (%)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg.g ⁻¹ FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g ⁻¹ FW)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g ⁻¹ FW)
شاهد Control	87.698 ^{a*}	11.43 ^a	3.77 ^a	7.66 ^a
شوری Salinity	77.700 ^b	4.78 ^e	1.47 ^b	3.31 ^d
اسیدفولویک ۱۰ میلی گرم + شوری Fulvic acid 10 mg + salinity	80.368 ^b	10.07 ^{bc}	3.17 ^a	6.90 ^b
اسیدفولویک ۳۰ میلی گرم + شوری Fulvic acid 30 mg + salinity	82.710 ^b	10.55 ^{ab}	3.49 ^a	7.06 ^b
اسیدفولویک ۶۰ میلی گرم + شوری Fulvic acid 60 mg + salinity	79.580 ^b	10.48 ^{ab}	3.66 ^a	6.82 ^{bc}
اسیدفولویک ۹۰ میلی گرم + شوری Fulvic acid 90 mg + salinity	80.256 ^b	9.96 ^{bc}	3.48 ^a	6.48 ^{bc}
اسیدفولویک ۱۲۰ میلی گرم + شوری Fulvic acid 120 mg + salinity	78.837 ^b	9.85 ^c	3.42 ^a	6.43 ^{bc}

* حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن است.

* Similar letters in each column indicate no significant difference using Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

عناصر غذایی

براساس نتایج تحقیق حاضر، مقدار سدیم، کلسیم، پتاسیم و نیتروژن برگ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار شوری و اسیدفولویک قرار گرفتند (جدول ۸). بیشترین مقدار سدیم (۶/۱۳ درصد) در تیمار ۱۲۰ میلی مولار شوری، درحالی‌که بیشترین مقدار عناصر نیتروژن، پتاسیم و کلسیم (به‌ترتیب ۳/۱۳، ۱/۶۹ و ۱/۴۲ درصد) در تیمار ۳۰ میلی گرم در لیتر اسیدفولویک تحت شرایط تنش شوری به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که کاربرد اسیدفولویک میزان جذب سدیم را کاهش و در مقابل میزان جذب سایر عناصر را افزایش داده است (جدول ۹). کاهش جذب یا انتقال NO_3 تحت شرایط شوری موجب کاهش غلظت NO_3 در برگ‌ها شده و در نتیجه فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز کاهش می‌یابد (Tabatabaei, 2006). افزایش غلظت سدیم باعث برهم خوردن هموستازی یونی درون سلولی، اختلال در عملکرد غشاها و تضعیف فعالیت‌های متابولیکی می‌گردد (Hassanvanda et al., 2019). با توجه به اینکه یون‌های سدیم و پتاسیم ساختار فیزیکی-شیمیایی مشابهی دارند و جذب آن‌ها از طریق سیستم‌های انتقالی یکسانی انجام می‌گیرد، لذا برای جذب مؤثر با یکدیگر رقابت می‌کنند. بنابراین بالا

بودن مقدار سدیم می‌تواند از جذب پتاسیم ممانعت نموده و منجر به تجمع سمی سدیم و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم گردد (Serrano & Rodriguez-Navarr, 2001). در راستای نتایج این تحقیق، نیک گفتار-صدیقی و همکاران (Nikoogftar-Sedghi et al., 2024) با کاربرد غلظت‌های مختلف اسیدفولویک (۱/۵، ۳ و ۴/۵ گرم در لیتر) در گیاه پسته وارپته کله قوچی (*Pistacia vera* L. cv. Kaleh-Ghoochi) بیان کردند که میزان عناصری مانند روی و پتاسیم به‌ترتیب ۵۸/۲۳ و ۲۸/۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. در تحقیق دیگری، افزایش میزان جذب عناصری مانند نیتروژن، پتاسیم، روی، آهن و منیزیم با کاربرد اسیدفولویک در گیاه گل محمدی گزارش شده است (Ali et al., 2022). اسیدفولویک با تحریک نفوذپذیری سلول، میزان جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد و در تنظیم سازوکارهای دخیل در تحریک رشد گیاه شرکت می‌کند (Canellas et al., 2008) مشخص شده است که مواد هیومیکی دارای راهبردهای مهمی برای افزایش جذب مواد مغذی توسط گیاهان (Olaetxea et al., 2018) از طریق القای فعالیت غشاء پلاسمایی H^+ -ATPase (Nasir et al., 2016) با افزایش رشد ریشه‌ها در ریزوسفر هستند (Khaled & Fawy, 2011).

جدول ۸- تجزیه واریانس تیمار شوری و اسیدفولویک بر جذب عناصر غذایی گل رز رقم 'دولسه ویتا'

Table 8- ANOVA for the effect of salinity and fulvic acid treatment on the absorption of nutritional elements of rose cv. Dulce Vita

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	کلسیم Ca	نیتروژن N	پتاسیم K	سدیم Na
بلوک Block	3	0.023**	0.048**	0.043 ^{ns}	0.073 ^{ns}
تیمار Treatment	6	0.147*	0.152**	0.122*	0.095*
خطا Error	18	0.005	0.005	0.050	0.54
ضریب تغییرات CV (%)		7.27	8.80	5.72	14.82

ns, **, *: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, * and **: non-significant, and significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

جدول ۹- تأثیر تنش شوری و اسیدفولویک بر میزان جذب عناصر غذایی گل رز رقم 'دولسه ویتا'

Table 9- The effect of salinity stress and fulvic acid on the amount of nutritional elements absorption of rose cv. Dulce Vita

تیمارها Treatments	کلسیم Ca (%)	نیتروژن N (%)	پتاسیم K (%)	سدیم Na (%)
شاهد Control	1.321 ^{ab*}	2.69 ^c	1.708 ^a	2.28 ^e
شوری Salinity	0.844 ^d	2.54 ^d	1.376 ^b	6.13 ^a
اسیدفولویک ۱۰ میلی‌گرم + شوری Fulvic acid 10 mg + salinity	1.228 ^{bc}	2.74 ^{bc}	1.486 ^b	4.87 ^{bc}
اسیدفولویک ۳۰ میلی‌گرم + شوری Fulvic acid 30 mg + salinity	1.388 ^a	3.13 ^a	1.696 ^a	3.62 ^d
اسیدفولویک ۶۰ میلی‌گرم + شوری Fulvic acid 60 mg + salinity	1.422 ^a	2.96 ^b	1.542 ^{ab}	3.99 ^{cd}
اسیدفولویک ۹۰ میلی‌گرم + شوری Fulvic acid 90 mg + salinity	1.250 ^{ab}	2.84 ^b	1.489 ^{ab}	4.19 ^{cd}
اسیدفولویک ۱۲۰ میلی‌گرم + شوری Fulvic acid 120 mg + salinity	1.198 ^c	2.71 ^{bc}	1.212 ^{ab}	5.38 ^{ab}

* حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون چنددامنه‌ای دانکن است.

* Similar letters in each column indicate no significant difference using Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

نتیجه‌گیری

شوری است. این آزمایش نشان می‌دهد که افزودن اسیدفولویک به آب‌های شور می‌تواند اثرات تنش شوری بر گیاه گل رز را کاهش دهد، به‌طوری‌که به کار بردن غلظت‌های مختلف اسیدفولویک (۱۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌ویژه غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر از طریق بهبود جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن، پتاسیم و کلسیم و رنگی‌های فتوسنتزی موجب تعدیل اثرات نامطلوب تنش شوری شدند.

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، تنش شوری به‌طور معنی‌داری باعث کاهش کلیه صفات ریخت‌شناختی، فیزیولوژیکی، میزان جذب برخی عناصر و طول عمر پس از برداشت گل رز رقم دولسه ویتا گردید. همچنین نتایج به‌دست‌آمده حاکی از اثر مفید اسیدفولویک بر شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده در گیاه گل رز رقم دولسه ویتا تحت تنش

References

1. Abaszadeh Faruji, R. M., Shoor, A., Tehrani Far, B., & Safari, N. (2018). Effects of humic acid and fulvic acid on some morphological characteristics of geranium. *Journal of Horticultural Science*, 32(1), 35-50. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v31i3.57849>

2. Abdolmaleki, M., Khosh, K. M., Eshghi, S., & Ramezani, A. (2015). Improvement in vase life of cut rose cv. "Dolce Vita" by preharvest foliar application of calcium chloride and salicylic acid. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 2(1), 55-66. <https://doi:10.22059/IJHST.2015.54264>
3. Abul, B., Giasuddin, A. M., Kanel, S., & hoi, H.C. (2007). Adsorption of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. *Environmental Science and Technology*, 41(6), 2022-2027. <https://doi:10.1021/es0616534>.
4. Ali, E. F., Al-Yasi, H. M., Issa, A. A., Hessini, K., & Hassan, F. A. (2022). Ginger extract and fulvic acid foliar applications as novel practical approaches to improve the growth and productivity of Damask Rose. *Plants*, 11(3), 412. <https://doi:10.3390/plants11030412>
5. Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
6. Aminifard, M. H., Aroiee, H., Nemati, H., Azizi, M., & Hawa, Z. E. (2012). Fulvic acid affects pepper antioxidant activity and fruit quality. *African Journal of Biotechnology*, 11, 13179-13185. <https://doi:10.5897/AJB12.1507>
7. Balakumbahan, R., & Rajamani, K. (2010). Effect of biostimulants on growth and yield of senna (*Cassia angustifolia* KKM.1). *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, IDOSI Publication*, 2, 16-8.
8. Bayat, H., Shafie, F., Aminifard, M. H., & 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:10.1016/j.scienta.2021.109912>
9. Canellas, L. P., Teixeira Junior, L. R. L., Dobbss, L. B., Silva, C. A., Medici, L. O., Zandonadi, D. B., & Façanha, A. R. (2008). Humic acids cross interactions with root and organic acids. *Annals of Applied Biology*, 153, 157-66. <https://doi:10.1111/j.1744-7348.2008.00249.x>
10. Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383, 3-41. <https://doi:10.1007/s1104-014-2131-8>
11. Cai, X., Niu, G., Starman, T., & Hall, C. (2014). Response of six garden roses (*Rosa × hybrida* L.) to salt stress. *Scientia Horticulturae*, 168, 27-32. <https://doi:10.1016/j.scienta.2013.12.032>
12. Capstaff, N. M., Morrison, F., Cheema, J., Brett, P., Hill, L., Muñoz-García, J. C., Khimyak, Y. Z. M., Domoney, C., & Miller, A. J. (2020). Fulvic acid increases forage legume growth inducing preferential up-regulation of nodulation and signalling-related genes. *Journal of Experimental Botany*, 71, 5689-5704. <https://doi:10.1093/jxb/eraa283>.
13. Cotteni, A. (1980). Methods of plant analysis. In: Westerman R.L. (Ed.), Soil and Plant Testing. FAO Soil Bulletin, pp. 64-100.
14. Dinler, B. S., Gunduzer, E., & Tekinay, T. (2016). Pre-treatment of fulvic acid plays a stimulant role in protection of soybean (*Glycine max* L.) leaves against heat and salt stress. *Acta Biologica Cracoviensia Botny*, 58, 29-41. <https://doi:10.1515/abcsb-2016-0002>.
16. Frairevelazquez, S., & Balderas-Hernández, V. E. (2013). Abiotic stress in plants and metabolic responses. In: Vahdati K, Leslie C (Eds.), Abiotic Stress-Plant Responses and Applications in Agriculture. Intechopen, pp. 25-48. <https://doi:10.5772/54859>
17. Gaurav, A. K., Namita, D., Raju, M., Ramkumar, M., Singh, B., Singh, S. G., Krishnan S., Panwar, M., & Sevanthi, A. (2021). Genetic diversity analysis of wild and cultivated Rosa species of India using microsatellite markers and their comparison with morphology based diversity. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 31(1) 1-10. <https://doi:10.1007/s13562-021-00655-3>
18. Gabr, S., Abouelsaad, I., Brengi, S., & Gouda. A. (2022). Salt stress mitigation of spinach plants as affected by silicon and fulvic acid. *Advanced Agricultural Research and Technology Journal*, 27, 26-42. <https://doi:10.3390/plants12122359>
19. Gomaa, M. A., Kandil, E. E., & Gharib, A. (2019). Response of wheat plants to seaweed extracts and fluvic acid under irrigation with drainage water. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*, 10, 35-44. <https://doi:10.21608/eajbsh.2019.44518>
20. Hatami, E., Shokouhian, A. A., Ghanbari, A. R., & Naseri, L. A. (2018). Alleviating salt stress in almond rootstocks using of humic acid. *Scientia Horticulturae*, 237, 296-302. <https://doi:10.1016/j.scienta.2018.03.034>
21. Hajlaoui, H. N., Ayeb, E. I., Garrec, J. P., & Denden, M. (2010). Differential effects of salt stress on osmotic adjustment and solutes allocation on the basis of root and leaf tissue senescence of two silage maize (*Zea mays* L.) varieties. *Industrial Crops and Products*, 31, 122-130. <https://doi:10.1016/j.indcrop.2009.09.007>
22. Hassanvanda, H., Rezaei Nejada, A., & Fanourakis, D. (2019). Morphological and physiological components mediating the silicon-induced enhancement of geranium essential oil yield under saline conditions. *Industrial Crops and Products*, 134, 19-25. <https://doi:10.1016/j.indcrop.2019.03.049>
23. Hassan, F. A. S., Mazrou, R., Gaber, A., & Hassan, M. (2020). Moringa extract preserved the vase life of cut roses through maintaining water relations and enhancing antioxidant machinery. *Postharvest Biology and Technology*, 164, 111156. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111156>

24. Hosseini Farahi, M. B., Kholdebarin, S., Eshghi, B., Jamali, H., & Roosta, R. (2019). Changes in plant growth substances, contents and flower quality of rose cv. 'Dolce Vita' in response to nitrogen sources under soilless culture conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 42(9), 1047-1060. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1578373>
25. Heidari Sharif Abad, H. (2011). Plants and Salinity. Research Institute of Forests and Rangelands Publications, Tehran, Iran. 199 p. (In Persian).
26. Jesmin, A., Anh, L. H., Mai, N. P., Khanh, T. D., & Xuan, T. D. (2023). Fulvic acid improves salinity tolerance of rice seedlings: evidence from phenotypic performance, relevant phenolic acids, and momilactones. *Plants*, 12(12), 2359. <https://doi.org/10.3390/plants12122359>
27. Khaled, H., & Fawy, H. (2011). Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth and soil properties under conditions of salinity. *Soil Water Research*, 6, 21-29. <https://doi.org/10.17221/4/2010-SWR>
28. Li, M., Su, Y., Chen, Y., Wan, R., Zheng, X., & Liu, K. (2016). The effects of fulvic acid on microbial denitrification: Promotion of NADH generation, electron transfer, and consumption. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100, 5607-18. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7383-1>.
29. Maraei, R., Eliwa, N., & Aly, A. (2019). Use of some biostimulants to improve the growth and chemical constituents of sweet pepper. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 13, 553-561. <https://orcid.org/0000-0003-3295-8806>
30. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment*, 25, 239-250. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>
31. Munns, R., Richard, A., James, B., & Andre, L. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1025-1043.
32. Nasir, M., Sattar Khan, A., Basra, S. M. A., & Malik, A. U. (2016). Foliar applications of moringa leaf extract, potassium and zinc influence yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin. *Horticultural Science*, 210, 227-235 : <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.07.032>
33. Natesan, R., Kandasamy, S., Thiyageshwari, S., & Boopathy, P. M. (2007). Influence of lignite humic acid on the micronutrient availability and yield of blackgram in an alfisol. *Iranian Journal of Science*, 7, 1198-1206. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj100>
34. Nikbakbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y. P., Luo, A., & Etemadi, N. A. (2008). Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake and post harvest life of Gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 2155-2167 <https://doi.org/10.1080/01904160802462819>
35. Nikoogoftar-Sedghi, M., Rabiei, V., Razavi, F., Molaei, S., & Khadivi, A. (2024). Fulvic acid foliar application: a novel approach enhancing antioxidant capacity and nutritional quality of pistachio (*Pistacia vera* L.). *BMC Plant Biology*, 24(1), 241. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04974-0>
36. Olaetxea, M., De Hita, D., Garcia, C. A., Fuentes, M., Baigorri, R., Mora, V., Garnica, M., Urrutia, O., Erro, J., & Zamarreño, A. M. (2018). Hypothetical framework integrating the main mechanisms involved in the promoting action of rhizospheric humic substances on plant root- and shoot- growth. *Applied Soil Ecology*, 123, 521-537.
37. Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.01>
38. Qadir, M., Quillérrou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R. J., Drechsel, P., & Noble, A. D. (2014). Economics of salt-induced land degradation and restoration. In *Natural Resources Forum*, 4, 282-295. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12054>
39. Roohani, N. S., Nemati, S. H., Moghadam, M., & Ardakanian, V. (2014). The role of humic acid on morphological, physiological and biochemical characteristics of three varieties of radish (*Raphanus sativus* L.) under salt stress. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
40. Sun, J., Qiu, C., Ding, Y., Wang, Y., Sun, L., Sun, L., Fan, K., Gai, Z., Dong, G., & Wang, J. (2020). Fulvic acid ameliorates drought stress-induced damage in tea plants by regulating the ascorbate metabolism and flavonoids biosynthesis. *BioMed Central Genom*, 21, 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12864-020-06815-4>.
41. Sun, H. Y., Yoo, K. S., & Suh, S. G. (2014). Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 55, 455-461.
42. Serrano, R., & Rodriguez-Navarr, A. (2001). Ion homeostasis during salt stress in plants. *Current Opinion in Cell Biology*, 13, 399-404.
43. Siddiqi, E. H., Ashraf, M., Hussain, M., & Jamil, A. (2009). Assessment of intercultivar variation for salt tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) using gas exchange characteristics as selection criteria. *Pakistan Journal of Botany*, 41(5), 2251-2259.
44. Tavakkoli, E., Fatehi, F., Coventry, S., Rengasamy, P., & McDonald, G. K. (2011). Additive effects of Na⁺ and Cl⁻ ions on barley growth under salinity stress. *Journal of Experimental Botany*, 62, 2189-2203.
45. Tabatabaei, S. J. (2006). Effect of salinity and N on the growth photosynthesis and N status of olive (*Olea europaea* L.) trees. *Scientia Horticulturae*, 108(4), 432-438. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.02.016>

46. Turner, N. C. (1981). Techniques and experimental approaches for measurement of plant water status. *International Journal of Plant-Soil Relationships*, 58, 339-366. <https://doi.org/10.1007/BF02180062>
47. Yu, Y., Xu, T., Li, X., Tang, J., Ma, D., Li, Z., & Sun, J. (2016). NaCl-induced changes of ion homeostasis and nitrogen metabolism in two sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) cultivars exhibit different salt tolerance at adventitious root stage. *Environmental and Experimental Botany*, 129, 23-36. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.12.006>
48. Yazdani, B. (2010). Effect of different concentrations of humic acid and fulvic acid on the qualitative and quantitative characteristics of *Gerbera jamesonii*. M.Sc. Thesis, Isfahan University of Agricultural Sciences, Isfahan, Iran. (In Persian)
49. Veatch-blohm, M. E., Malinowski, M., & Keefer, D. (2012). Leaf water status, osmotic adjustment and carbon assimilation in colored calla lilies in response to saline irrigation. *Scientia Horticulturae*, 144, 65-73. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.036>
50. Varanini, Z., & Pinton, R. (2000). Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. In *The Rhizosphere*, 1st Ed., Willig, S., Varanini, Z., Nannipieri, P., (Eds.). CRC Press: Boca Raton, FL, USA, pp. 157-174.
51. Zlesak, D. C. (2007). Rose: *Rosa x hybrida*. In *Flower Breeding and Genetics: Issues, Challenges and Opportunities for the 21st Century*: 695-740: Springer. Number of 695-740 pp.