

The Effect of Foliar Spraying of Salicylic Acid and Humic Acid on Some Morphophysiological and Ornamental Characteristics of *Echinacea* (*Echinacea purpurea* L.)

Sayyed Najmddin Mortazavi * and Letefat Moradi 

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran

Extended Abstract:

Introduction: *Echinacea purpurea* L. a herbaceous perennial plant belonging to the Asteraceae family, is native to North America. Its lower stem leaves are ovate to lanceolate, typically decreasing in width toward the stem apex. The flowers, which can reach up to 15 cm in diameter, display colors such as purple, pink, yellow, and orange, and remain on the plant for approximately 2 to 3 months. Scientific recommendations now include the use of certain chemical compounds, such as salicylic acid (SA), to enhance metabolic activity and overall plant performance. SA plays a pivotal role in regulating key physiological processes, including seed germination, stomatal closure, and inhibition of ethylene biosynthesis. It also increases the rate of photosynthesis, boosts chlorophyll content, and enhances glycolysis. By inhibiting chlorophyll oxidase enzyme activity, SA prevents chlorophyll degradation, thereby improving photosynthetic efficiency. The aim of this study was to investigate the effects of different concentrations and the interaction between salicylic acid and humic acid (HA) on the morphophysiological characteristics of *Echinacea*.

Materials and methods: This experiment was conducted during the 2019–2020 growing season at the research farm of the Faculty of Agriculture, University of Zanjan. Two-leaf seedlings (true-leaf stage) were obtained from Zarrin Kesht Company in Urmia and transplanted in May after field preparation, with spacing set at 50 cm between rows and 35 cm between plants within rows. Regular maintenance included weekly morning weeding and irrigation every three days at 8:00 AM. The experimental treatments consisted of four concentrations of SA (0, 100, 200, and 400 mg·L⁻¹) and four concentrations of HA (0, 100, 200, and 400 mg·L⁻¹), applied both individually and in combination. Foliar spraying was initiated 40 days after transplanting, coinciding with active vegetative growth, and was applied at two key developmental stages: the six- to eight-leaf stage and the flower bud formation stage. The study followed a randomized complete block design with three replications, resulting in a total of 48 experimental units.

Results and Discussion: The results demonstrated that the foliar application of SA and HA significantly enhanced several key characteristics. These included anthocyanin content, plant height, number of lateral branches, number of flowers per plant, vase life of cut flowers, flowering stem diameter, relative leaf water content, and total antioxidant capacity. Concurrently, a significant reduction in leaf ion leakage was observed. All these effects were statistically significant at the 1% probability level. These findings align with previous research. Humic acid has been shown to promote growth and increase plant height in crops like pepper by enhancing cell metabolism, improving nutrient absorption through chelation, and boosting leaf nitrogen content. Similarly, SA is known to stimulate growth, particularly under stress conditions, by improving nutrient uptake and photosynthetic activity, as evidenced in studies on basil and marjoram. The flowering-accelerating effect of HA is likely attributable to increased chlorophyll concentration at higher application rates, which enhances photosynthesis and shortens the plant's dormant period. This effect has been observed in species such as purple nightshade. Furthermore, SA application has been reported to promote and accelerate flowering in plants like blue lentil (Leman) and bean, and to increase flower numbers in African violet and button plant, consistent with the results of the present study on *Echinacea*.

Received: Feb. 26, 2025; Revised: Jun. 01, 2025; Accepted: Jun. 08, 2025; Published Online: Dec. 27, 2025.

*Corresponding Author : mortazavi46@gmail.com

Conclusion: The findings of this study confirm the beneficial effects of HA and SA on the morphological and physiological characteristics of *Echinacea purpurea* L. Based on the experimental results, the application of SA at concentrations of 200–400 mg·L⁻¹, combined with HA at 100 mg·L⁻¹, is recommended for optimal growth and quality in *Echinacea* production. Given their low cost, minimal environmental impact, and ability to enhance antioxidant activity, the use of these compounds represents a practical and sustainable strategy to improve overall plant growth, yield, and ornamental value.

Keywords: Morphological traits, Flower diameter, Cut flowers, Relative water content, Electro leakage.

How to Cite: Mortazavi S N., Moradi L. The effect of foliar spraying of salicylic acid and humic acid on some morphophysiological and ornamental characteristics of echinacea (*Echinacea purpurea* L.). *J. Crop Prod. Process.* 2025, 15(4), 1-16. (In Persian). DOI: [10.47176/jcpp.15.4.30475](https://doi.org/10.47176/jcpp.15.4.30475).





اثر محلول پاشی برگی اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر برخی ویژگی های زینتی و مورفوفیزیولوژیکی گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.)

سید نجم الدین مرتضوی ^{ID} * و لطافت مرادی ^{ID}

چکیده- به منظور ارزیابی تاثیر دو ترکیب اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر برخی از ویژگی های زینتی و مورفوفیزیولوژیکی گیاه سرخارگل، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه زنجان در سالهای ۱۳۹۸-۱۳۹۹ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل چهار سطح اسید سالیسیلیک و چهار سطح اسید هیومیک (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر) بودند. نتایج نشان داد کاربرد اسید سالیسیلیک به طور معنی داری صفاتی مانند آنتوسیانین، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه های جانبی، تعداد گل در بوته، قطر ساقه گل دهنده، ماندگاری گل های شاخه بریده، محتوای نسبی آب برگ را افزایش و نشت یونی برگ را کاهش داد. کاربرد اسید هیومیک به طور معنی داری در سطح احتمال یک درصد باعث کاهش نشت یونی و افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی، ارتفاع گیاه، تعداد گل در بوته، ماندگاری گل های شاخه بریده، قطر ساقه گل دهنده و محتوای نسبی آب برگ در گیاه سرخارگل شد. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر صفات آنتوسیانین، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه های جانبی گیاه، تعداد گل در بوته، ماندگاری گل های شاخه بریده، قطر ساقه گل دهنده، محتوای نسبی آب برگ را افزایش و نشت یونی برگ را کاهش داد و سبب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی شد و تعداد گل در بوته را به طور معنی داری بهبود بخشید. نتایج پژوهش نشان داد که کاربرد برگی ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک موجب بهبود صفات اندازه گیری شده نسبت به سایر تیمارها شد. در مجموع نتایج بدست آمده حکایت از آن دارند که کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک جهت بهبود خصوصیات مورفولوژیکی و زینتی گیاه سرخارگل پیشنهاد می شود.

واژه های کلیدی: صفات مورفولوژیکی، قطر گل، گل های شاخه بریده، محتوای نسبی آب، نشت الکتروولت

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۰۸، بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۱۱، پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۸، اولین انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۷

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

* نویسنده مسئول، رایانامه: mortazavi46@gmail.com

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۳ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیر تجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر



مجاز است:

مقدمه

خاک‌های ایران اثر مستقیم بر مراحل فیزیولوژیکی و عملکرد گیاهان دارد (۲۵). بر اساس مطالعات انجام شده استفاده از اسید هیومیک به دلیل داشتن ترکیبات شبه سایتوکینینی موجب حفظ میزان کلروفیل در گل‌های شاخه بریده مانند آلسترومریا و لیلیوم می‌شود. اسید هیومیک بر میزان سطح برگ، غلظت کلروفیل a، b و کل (به‌عنوان ظرفیت فتوسنتز)، تعداد گل و غلظت فنل کل در گل همیشه بهار تاثیر معنی‌داری داشته است (۹). هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر غلظت‌های مختلف و تاثیر متقابل دو ترکیب اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه سرخارگل است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طول سال‌های ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام شد. ابتدا نشاهای دو برگ‌ی (برگ حقیقی) از شرکت زرین کشت ارومیه تهیه و در اردیبهشت ماه، بعد از آماده‌سازی زمین (خصوصیات خاک در جدول ۱ آورده شده است)، با فواصل ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۳۵ سانتی‌متر بین بوته‌ها، به زمین مورد نظر انتقال داده شدند. عملیات داشت شامل: وجین علف‌های هرز (هر هفته یکبار صبح) و آبیاری (هر سه روز یک بار در ساعت هشت صبح) انجام شد و تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح اسید سالیسیلیک (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و چهار سطح اسید هیومیک (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به صورت جداگانه و در ترکیب با یکدیگر بود. پس از استقرار و شروع رشد رویشی بوته‌ها، محلول پاشی (بعد از ۴۰ روز) در دو مرحله شش تا هشت برگ‌ی گیاهان و مقارن با زمان تشکیل غنچه‌های گل اعمال شد (۴). ترتیب قرارگیری تیمارها در هر واحد آزمایشی به صورت بلوک کامل تصادفی در سه تکرار و در مجموع شامل ۴۸ واحد آزمایشی بود.

صفات مورد ارزیابی و روش‌های اندازه‌گیری آنها

در پایان دوره رشد رویشی ارتفاع گیاه با استفاده از خط‌کش برحسب سانتی‌متر، میانگین تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد

سرخارگل با نام علمی *Echinacea purpurea* L. گیاهی علفی و چند ساله از تیره کاسنی (Asteraceae) و راسته گل‌ستاره‌ای‌ها و منشاء آن از شمال آمریکا گزارش شده است. برگ‌های پایین ساقه تخم مرغی تا نیزه‌ای شکل و معمولاً با نزدیک شدن به نوک ساقه از وسعت برگ‌ها کاسته می‌شود. گل‌ها معمولاً به رنگ‌های ارغوانی، صورتی، زرد و نارنجی بوده و قطر گل‌ها گاهی به ۱۵ سانتی‌متر می‌رسد و حدود ۲ تا ۳ ماه روی گیاه باقی می‌ماند (۲۶). امروزه استفاده از ترکیبات شیمیایی از جمله اسید سالیسیلیک که موجب بهبود فعالیت‌های متابولیکی و عملکرد گیاهان می‌شود توسط دانشمندان توصیه می‌شود. اسید سالیسیلیک نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند جوانه‌زنی بذر، بسته شدن روزنه‌ها، مهار بیوستز اتیلن، افزایش میزان فتوسنتز و محتوای کلروفیل و گلیکولیز ایفا می‌کند و با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های کلروفیل اکسیداز مانع از تجزیه کلروفیل شده و سبب افزایش کارایی فتوسنتز می‌شود (۲۰ و ۲۷). اسید سالیسیلیک یک پیام‌آور شیمیایی است که نقش آن در ساز و کارهای دفاعی گیاهان به خوبی به اثبات رسیده و محلول پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش چشم‌گیری در طول و قطر غنچه گل، طول ساقه گل‌دهنده، وزن تر و خشک گیاه و بهبود کیفیت گل‌های شاخه بریده رز شده است (۱۱). ترکیب دیگر اسید هیومیک به عنوان یک ترکیب پلیمری طبیعی بوده که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به وجود می‌آید و این ترکیب می‌تواند جهت افزایش محصول و کیفیت آن بکار گرفته شود (۶). طبق گزارش اعلایی (۲) اسید هیومیک محصول نهایی تجزیه هر ماده آلی در شرایط ویژه و توسط میکروارگانیسم‌های خاص هستند و با تقویت دیواره سلولی، نفوذپذیری محصولات نسبت به قارچ‌های فاسدکننده در همه محصولات اعم از غلات، میوه‌ها و سبزی‌ها را کاهش و خاصیت انبارداری را افزایش می‌دهند. فواید و عملکرد مواد هیومیکی را می‌توان به اثرات غیر مستقیم فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در گیاهان دید و کاهش چشم‌گیر میزان ماده آلی

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

پتاسیم (گرم بر کیلوگرم)	سدیم (گرم بر کیلوگرم)	کلسیم (گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	pH	ماده آلی (درصد)	بافت خاک
۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۰۷	۱/۴۹	۷/۴	۰/۹۴	لومی رسی

گل‌ها از طریق شمارش، قطر گل و ساقه گل با استفاده از کولیس دیجیتالی، وزن تر گل بعد از انتخاب و چیدن به وسیله ترازوی حساس و وزن خشک بعد از ۲۴ ساعت قرار گرفتن در آون (۷۰ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری شدند. برای ارزیابی ماندگاری گل‌های شاخه بریده، بعد از باز شدن غنچه‌ها در روی بوته با استفاده از قیچی شاخه‌های گل بریده شد و در گلدان‌های شیشه‌ای حاوی آب مقطر قرار گرفتند و بلافاصله به محیط آزمایشگاه (با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و نور مهتابی (ترکیب نور آبی و قرمز) منتقل شدند. زمان ماندگاری گل‌های شاخه بریده با استفاده از مشاهده پژمردگی و پلاسیدگی گلبرگ‌ها، تغییر رنگ و ریزش گلبرگ‌ها، صورت گرفت (۵). برای سنجش میزان آنتوسیانین مقدار ۰/۱ گرم از بافت تازه گیاهی با ۱۰ میلی‌لیتر محلول اسید کلریدریک یک درصد متانول، در یک هاون چینی ساییده شد و محلول حاصل به مدت ۲۴ ساعت در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و شرایط تاریکی نگهداری شد. سپس محلول به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۴۰۰۰ سانتریفیوژ شده و در پایان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۵۰ نانومتر قرائت شد. از محلول اسید کلریدریک یک درصد متانول به عنوان شاهد استفاده شد. میزان آنتوسیانین برای هر عصاره بر حسب میکرومول بر گرم با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (۳).

رابطه (۱) $A = \sum bc$
(که در آن (A) مقدار جذب، ($\sum$) ضریب خاموشی معادل ۳۳۰۰۰ مول بر سانتی‌متر، (b) عرض کوت برابر یک سانتی‌متر و (c) مقدار آنتوسیانین را نشان می‌دهد).

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی از رادیکال آزاد DPPH (2, 2- Diphenyl- Picryl- Hydrazyl) استفاده شد. در

ابتدا محلول ۰/۱ میلی‌مولار (۳/۹۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول خالص) از DPPH تهیه شد. پس از تهیه محلول DPPH، ۵۰ میکرولیتر از عصاره آماده شده به ۱۹۵۰ میکرولیتر از محلول اضافه شد، به‌طوری‌که حجم نهایی دو میلی‌لیتر شد. بعد از ۱۰ دقیقه در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (Safas monaco (RS 232) خوانده شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از رابطه رابطه ۲ محاسبه شد (۳).

جذب نمونه - جذب DPPH = فعالیت آنتی‌اکسیدانی
رابطه (۲): $100 \times \text{جذب DPPH}$
برای اندازه‌گیری درصد نشت یونی از طریق رابطه ۳ و با تقسیم هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) بر هدایت الکتریکی ثانویه یا سلول‌های مرده (EC_2) محاسبه شد (۱۷).

رابطه (۳): $EL = (EC_1/EC_2) \times 100$
در این رابطه: EL (نشت یونی غشا)، EC_1 (هدایت الکتریکی اولیه، EC_2 (هدایت الکتریکی ثانویه)

برای اندازه‌گیری درصد محتوای نسبی آب برگ (RWC)، ابتدا یک گرم از برگ‌های تازه (FW) توزین شد. سپس برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر غوطه‌ور شده و دوباره وزن آنها تحت عنوان وزن اشباع برگ‌ها (TW) اندازه‌گیری شدند. برگ‌ها درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شده و بعد از ۲۴ ساعت وزن خشک برگ‌ها (DW) تعیین شدند. در نهایت محتوای نسبی آب برگ‌ها با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد (۳۲).

رابطه (۴): $RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100$

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر صفات موفولوژیکی گیاه سرخارگل

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییر
عمر پس از برداشت	ارتفاع گیاه	تعداد شاخه	تعداد گل	قطر گل	قطر ساقه		
۰/۳۷ ^{ns}	۵۴/۵ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۴/۵۲ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۲	بلوک
۲۹/۷ ^{**}	۱۹۷ ^{**}	۱۱/۰۵ ^{**}	۵۶/۱ ^{**}	۰/۷۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{**}	۳	سالیسیلیک اسید
۲۳/۸ ^{**}	۱۶۷ ^{**}	۲/۰۲ ^{ns}	۶۶/۹ ^{**}	۰/۵۶ ^{ns}	۰/۰۵ [*]	۳	هیومیک اسید
۲۸/۴ ^{**}	۱۸۸ ^{**}	۶/۸۵ [*]	۷۱/۹ ^{**}	۰/۰۰۷ ^{**}	۰/۰۰۲ ^{**}	۹	سالیسیلیک اسید × هیومیک اسید
۳/۳۶	۳۶/۳	۲/۴۲	۵/۹۴	۶۵/۵	۳/۱۹	۳۰	خطا
۱۰/۴	۱۰/۴	۱۶/۲	۹/۱۲	۸/۲۱	۱/۵۳	-	ضریب تغییرات

ns، *، ** به ترتیب؛ غیر معنی دار، معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر صفات گیاه سرخارگل

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
فعالیت آنتی اکسیدانی	آنتوسیانین	محتوای نسبی آب	نشت الکترولیت		
۰/۰۰۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۶ ^{ns}	۱۸/۴ ^{ns}	۳/۵۷ ^{ns}	۲	بلوک
۰/۰۰۰۰۰۲ [*]	۰/۰۰۰۰۰۴ [*]	۷۶/۲ ^{**}	۷۶/۳ ^{**}	۳	اسید سالیسیلیک
۰/۰۰۰۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۵ ^{ns}	۳۹/۸ [*]	۴۹/۳ ^{**}	۳	اسید هیومیک
۰/۰۰۰۰۰۰۳ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۳ [*]	۲۹/۱ ^{**}	۵۳/۴ ^{**}	۹	اسید سالیسیلیک × اسید هیومیک
۰/۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۸	۶/۶۵	۱۱/۳	۳۰	خطا
۷/۸۶	۲۲/۳	۲/۷۹	۱۹/۵	-	ضریب تغییرات

ns، *، ** به ترتیب؛ غیر معنی دار، معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

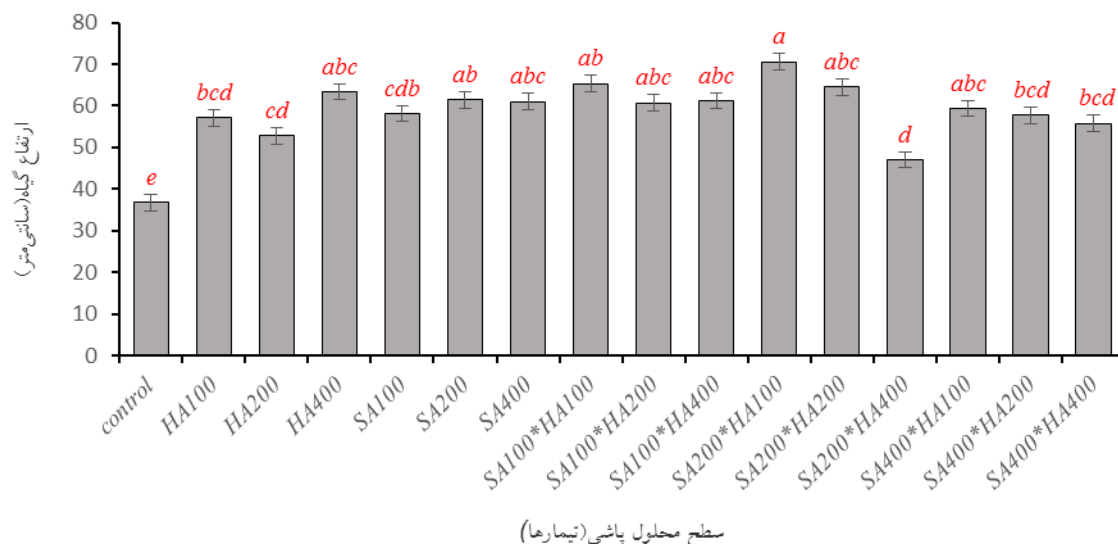
درصد استفاده شد و رسم نمودارها نیز به کمک نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

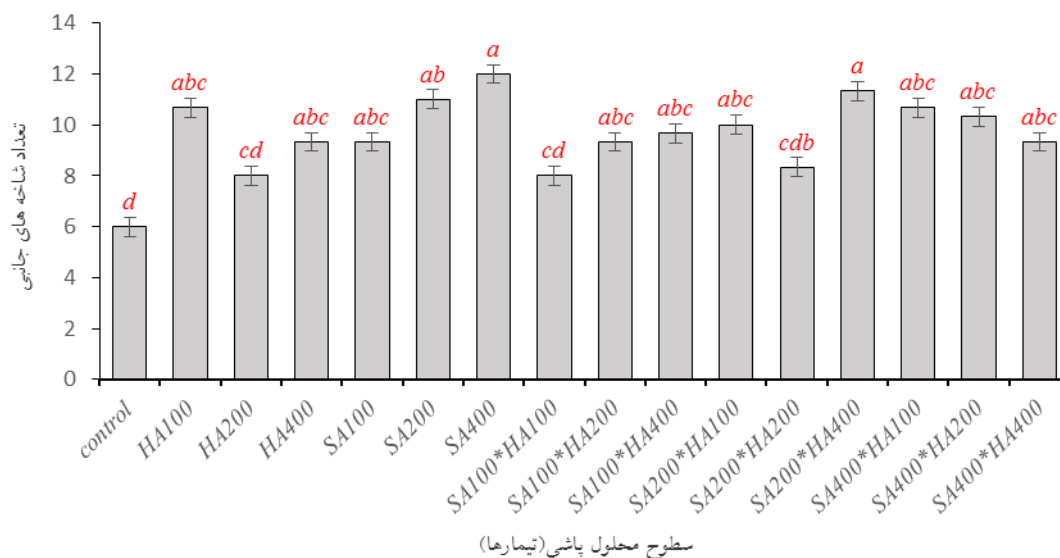
نتایج نشان داد کاربرد برگ‌های اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر روی صفات آنتوسیانین، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی گیاه، تعداد گل در بوته، ماندگاری گل‌های شاخه بریده، قطر ساقه گل‌دهنده، محتوای نسبی آب برگ، تعداد گل در بوته معنی دار بود. کاربرد این ترکیبات ظرفیت آنتی اکسیدانی کل را افزایش و نشت یونی برگ را به طور معنی داری (در سطح احتمال یک درصد) کاهش دادند (جدول ۲ و ۳).

ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های جانبی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، محلول پاشی اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه سرخارگل در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک موجب افزایش ارتفاع گیاه شد به نحوی که بیشترین ارتفاع مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک بود. شاهد کمترین مقدار را دارا بود (شکل ۱). بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها محلول پاشی برگ‌های اسید سالیسیلیک بر تعداد شاخه‌های جانبی سرخارگل در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد و همینطور اثر متقابل اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک اثر معنی داری را در



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه سرخارگل. میانگین‌های با حداقل یک به ترتیب SA, HA حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند. در محور افقی شکل هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می‌دهند.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر تعداد شاخه‌های جانبی سرخارگل. میانگین‌های با حداقل یک SA, HA حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند. در محور افقی شکل به ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می‌دهند. HA

به ترکیب غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک بود و شاهد کمترین مقدار را داشت (شکل ۲). در آزمایش مشابهی اسید هیومیک با

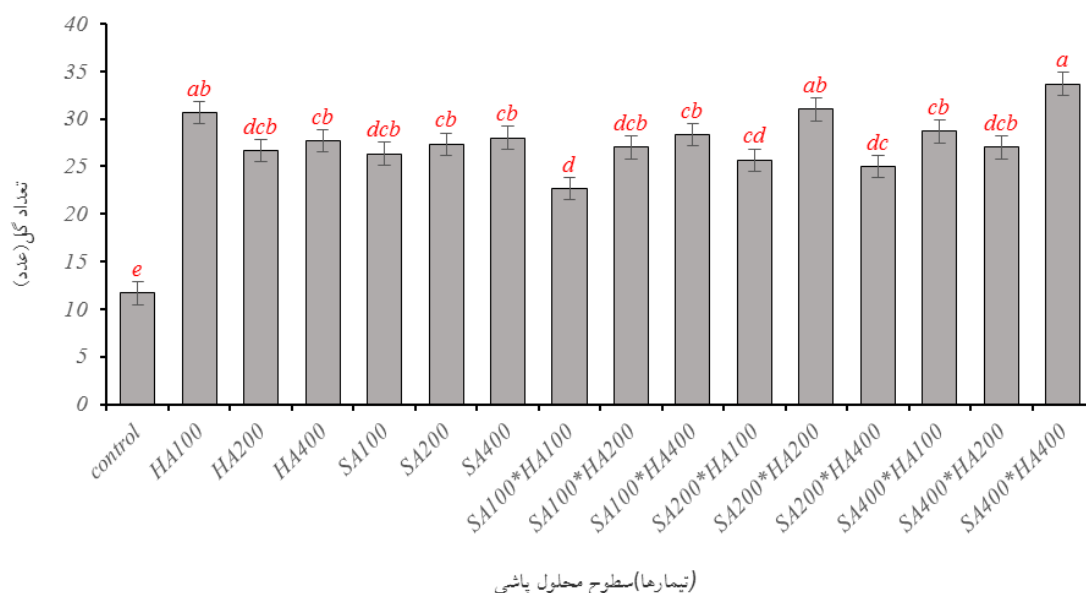
سطح احتمال پنج درصد نشان داد (جدول ۲). کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک موجب افزایش تعداد شاخه‌های جانبی شد، به نحوی که بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی مربوط

تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات-کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه فلفل و همینطور اسید هیومیک از طریق افزایش محتوای نیتروژن برگ‌ها و حفظ ماندگاری سبب بهبود رشد، افزایش زیست توده تولید شده گیاهان و ارتفاع بوته می‌شود (۱۰). اسید هیومیک از طریق افزایش محتوای نیتروژن برگ‌ها و حفظ ماندگاری برگ‌ها سبب بهبود رشد، افزایش زیست توده تولیدی و ارتفاع بوته شده و کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت محلول پاشی برگی در گیاه ذرت موجب افزایش سطح برگ و ارتفاع گیاه شد (۲۱). به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک از طریق بهبود جذب عناصر غذایی به خصوص در شرایط تنش می‌تواند افزایش رشد را به همراه داشته باشد که افزایش ارتفاع گیاهچه یکی از این موارد است (۶). اسید سالیسیلیک با افزایش تقسیم و طویل شدن سلولی، افزایش فعالیت‌های آنزیمی و تولیدات فتوسنتزی توانست رشد گیاه کتان را بهبود و منجر به افزایش ارتفاع گیاه شود (۴). در پژوهشی تیمار اسید هیومیک باعث افزایش طول هیپوکوتیل، قطر ساقه، طول ساقه، وزن خشک و عملکرد گوجه فرنگی شده است (۳۱). همچنین کاربرد اسید هیومیک با افزایش میزان فتوسنتز، میزان ماده قابل دسترس برای رشد گیاه پروانش را فراهم می‌سازد، که این افزایش می‌تواند باعث رشد شاخه‌های اصلی و جانبی در گیاه زیتنی پروانش شده و در نتیجه باعث افزایش جنبه ظاهری این گیاه شود (۱۴). کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار در میزان عملکرد گل، عملکرد زیست توده و تعداد شاخه‌های جانبی در گیاه گاو زبان شده است که نتایج بررسی درزی و همکاران (۵) با این تحقیق مطابقت داشت. نتایج مطالعات بر گیاه رازیانه و گل بابونه آلمانی با نتایج این مطالعه همسو بود (۷).

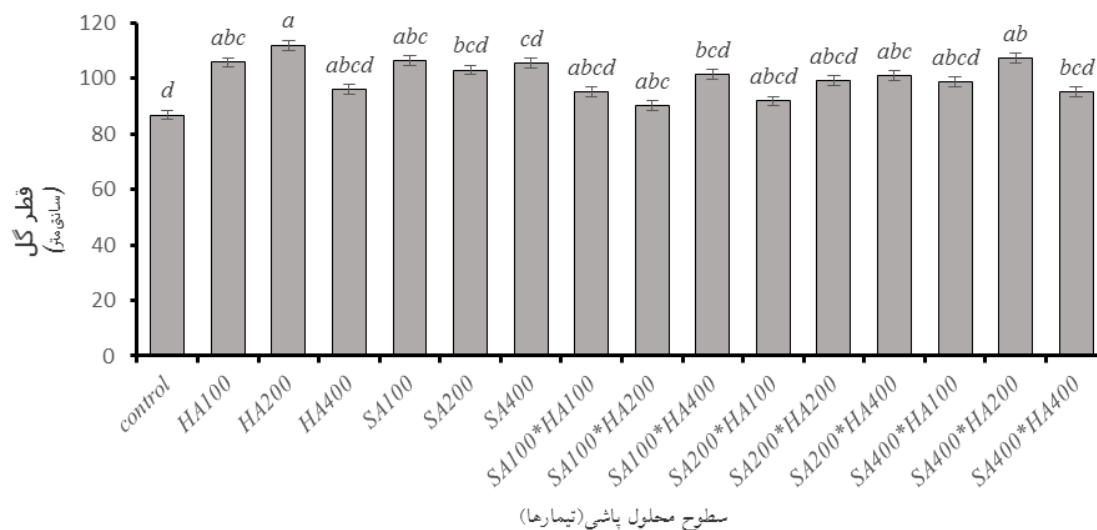
تعداد گل در بوته و قطر گل

داده‌های نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر تعداد گل در بوته و اثر متقابل اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). براساس شکل ۳ مقایسه میانگین ترکیب ۴۰۰

میلی گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک بهترین تأثیر بر تعداد گل در گیاه نسبت به سایر غلظت‌ها را داشت و همچنین غلظت ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک و باعث افزایش تعداد گل در این گیاه شده و باعث بهبود این صفت در گیاه سرخارگل شد (شکل ۳). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک و اثر ساده اسید هیومیک بر قطر گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). ترکیب ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک نسبت به سایر تیمارها اثر چشم‌گیری را در صفات قطر گل‌ها نشان داد و تیمار شاهد کمترین مقدار بود (شکل ۴). اثر تسریع‌کنندگی گلدهی توسط اسید هیومیک می‌تواند به دلیل افزایش در میزان کلروفیل گیاه در غلظت‌های بالاتر باشد که به نوبه خود منجر به افزایش فتوسنتز و در نتیجه کاهش طول دوره نونهالی گیاه شود و غلظت‌های بیشتر اسید هیومیک منجر به کاهش دوره نونهالی و تسریع در زمان و تعداد گلدهی در شب‌بوی بنفش شد (۲۴). کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش گلدهی در گیاه عدسک آبی (*Leman*) (۱۷)، تسریع گل‌آغازی در گیاه لوبیا، افزایش تعداد گل در بنفشه آفریقایی (۲۳) شده و افزایش تعداد گل در گیاه تکمه‌ای شد (۲۳) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. اسید سالیسیلیک در محلول نگهدارنده با افزایش جذب آب، قطر گل را افزایش می‌دهد (۳۰). فعالیت شبه سایتوکینینی اسید هیومیک توانست قطر گل را در لیلیوم افزایش دهد (۱۵). محلول پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش چشم‌گیر سطح برگ، طول و قطر غنچه گل، قطر گل و بهبود کیفیت گل‌های شاخه بریده رز شده است (۱۵). محلول پاشی اسید سیتریک در مرحله قبل از برداشت، سبب افزایش عمر گلجایی، جذب آب، قطر گل در گل رز شد (۱۲). همچنین اسید سالیسیلیک احتمالاً بر فعالیت سیتوکینین تأثیر می‌گذارد. بنابراین یکی از دلایل افزایش قطر گل‌ها تحت تأثیر اسید سالیسیلیک، تحریک سنتز سیتوکینین است (۱۲).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر تعداد گل گیاه سرخارگل. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند. در محور افقی شکل HA, SA به ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می‌دهند.



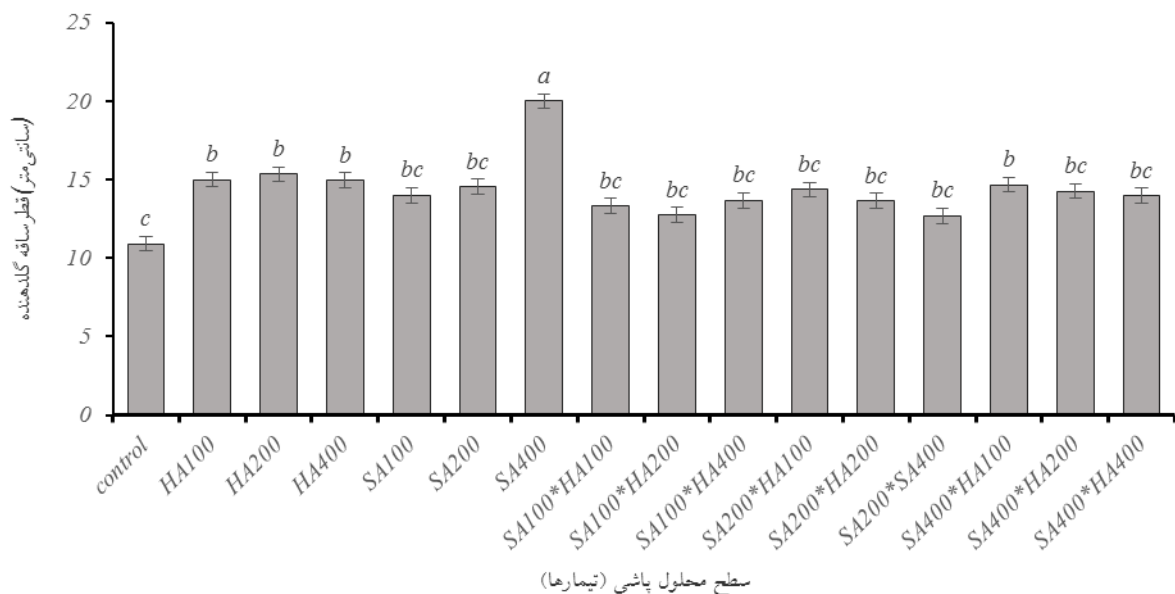
شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر قطر گل گیاه سرخارگل. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند. در محور افقی شکل HA, SA به ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می‌دهند.

اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک در سطح احتمال پنج درصد

نتیجه معنی‌داری نشان داد و همچنین تاثیر متقابل این دو تیمار

قطر ساقه گل‌دهنده و ماندگاری گل‌ها

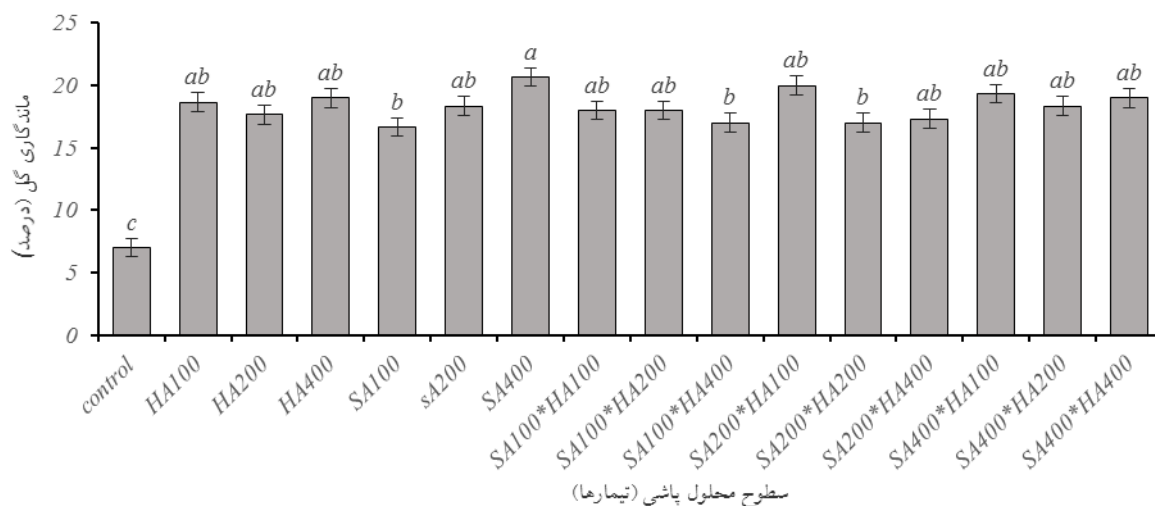
براساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر ساده تیمارهای



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر قطر ساقه گل‌دهنده گیاه سرخارگل. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند. در محور افقی شکل SA, HA به ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می‌دهند.

گل‌های شاخه بریده در گیاه سرخارگل شدند (شکل ۶). اثر اسید هیومیک روی افزایش رشد ساقه در ارقام مختلف گونه‌های گیاهی تحت شرایط گوناگون ارائه شده که اثر تسریع‌کنندگی مواد هیومیک روی رشد ساقه در درجه اول به خاطر تأثیر بر فعالیت $H^+ATPase$ ریشه و توزیع نیترات ریشه و ساقه بوده که به نوبه خود منجر به تغییرات در توزیع مشخص سیتوکنین‌ها، پلی آمین‌ها و آبسزیک اسید می‌شود، بنابراین روی رشد ساقه تأثیر می‌گذارد (۲۸). در مطالعه‌ای، کاربرد غلظت‌های مختلف اسید هیومیک موجب افزایش طول هیپوکوتیل، قطر ساقه، طول ساقه و عملکرد گیاه گوجه فرنگی شد (۳۱). حاجی‌زاده و همکاران (۳۰) گزارش کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش قطر ساقه گل‌دهنده لیلیوم شد. کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش جذب دی‌اکسیدکربن و افزایش غلظت کلروفیل نسبی و قطر ساقه گل‌دهنده شد (۱۸). نتایج این پژوهش با عمر ماندگاری گل رز در تحقیق جلیل مرندی و همکاران (۱۶) مطابقت داشت و همچنین در بررسی زمانی و

بر روی قطر ساقه گل‌دهنده در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). به‌طوری‌که طبق نتایج ارائه شده بیشترین میزان قطر ساقه گل‌دهنده مربوط به کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده و کمترین میزان نیز مربوط به تیمار شاهد بود و بین سایر تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۵). براساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها کاربرد جداگانه اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر ماندگاری گل‌های شاخه بریده اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). طبق شکل ۶ مقایسه میانگین تأثیر متقابل اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر روی ماندگاری گل مربوط به تیمار با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک بود و همچنین بیشترین زمان ماندگاری گل در غلظت‌های ساده ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک مشاهده شد. این تیمارها نسبت به سایر غلظت‌ها باعث بهبود ماندگاری



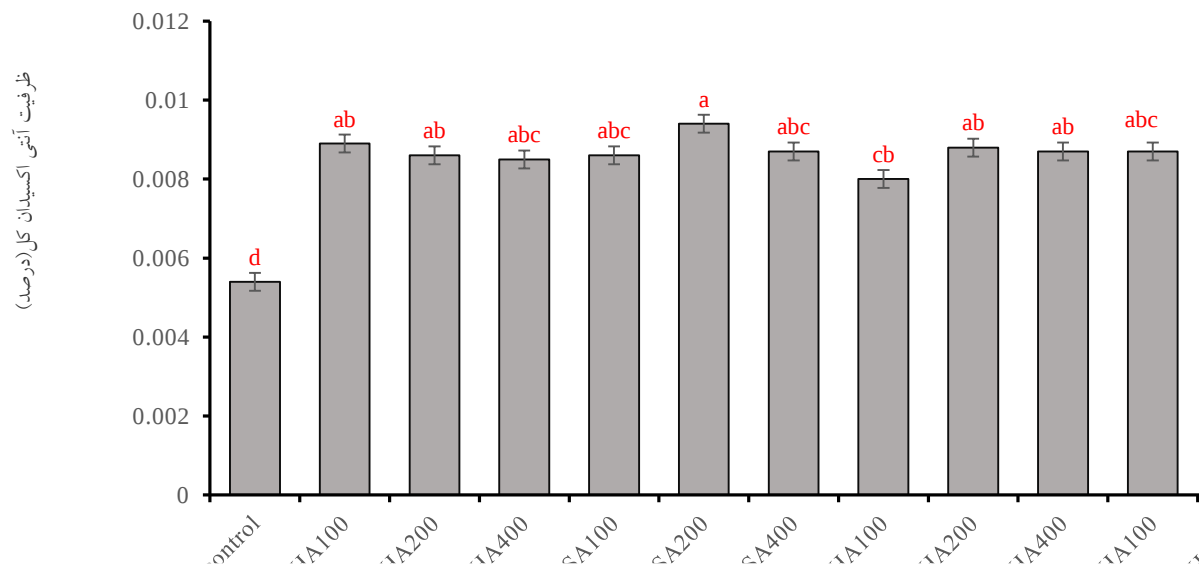
شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر ماندگاری گل گیاه سرخارگل. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند. در محور افقی شکل HA, SA به ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می‌دهند.

همکاران (۳۳) در ماندگاری گل رز با نتیجه این بررسی نتایج مشابهی را نشان داد. اسید هیومیک احتمالاً از طریق اثر شبه هورمونی و بهبود شرایط فیزیولوژیکی گیاه، سبب بهبود عمر پس از برداشت گل‌ها می‌شود (۳۳). از سوی دیگر، این احتمال وجود دارد که چون اسید هیومیک منجر به افزایش در جذب مواد غذایی و فتوسنتز و به دنبال آن سنتز کربوهیدرات‌ها می‌شود، پتانسیل اسمزی در برگ‌ها را کاهش داده و از این طریق باعث افزایش درمیزان جذب آب می‌شود. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیق کشاورزی (۲۲) و فرانت و همکاران (۹) در رابطه با گل‌های لیلیوم و آلسترومریا همسو بود.

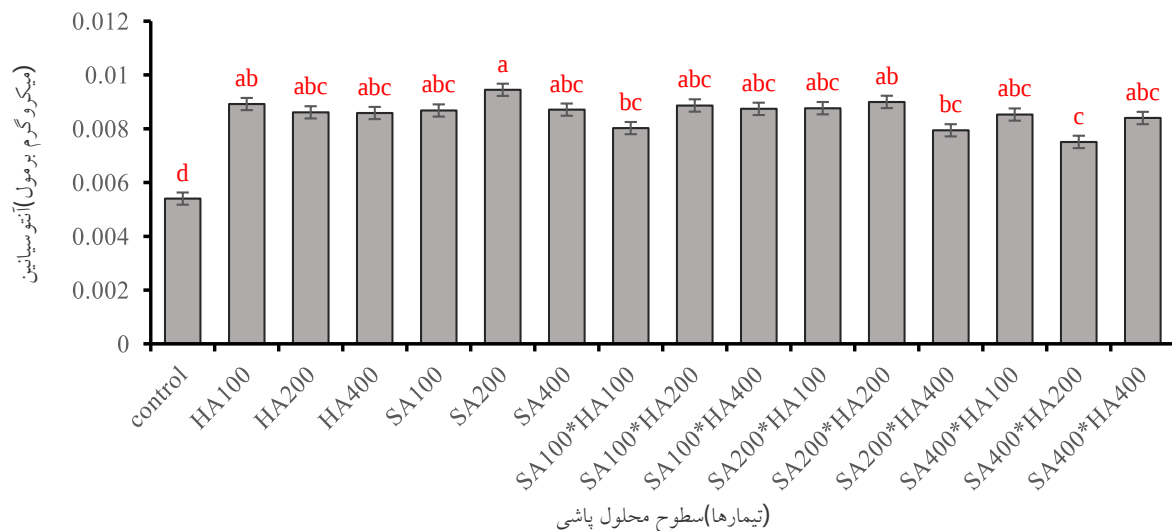
مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل نشان داد با توجه به غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک نسبت به سطوح دیگر باعث افزایش صفات مورد بررسی شد. در بین سطوح مختلف اثرات متقابل غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک به همراه غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک بیشترین تاثیر را بر روی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل نشان داد و باعث افزایش این صفت در گیاه سرخارگل شد (شکل ۷). براساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) اثر اسید سالیسیلیک بر آنتوسیانین در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد، همینطور اثرات متقابل اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک نسبت به سایر غلظت‌ها بیشترین اثر را بر روی آنتوسیانین داشت و در بین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک، غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک نسبت به سایر غلظت‌ها بیشترین اثر را بر این صفت داشته و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۸). محلول‌پاشی در گل داوودی با افزایش میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و قندهای محلول باعث ماندگاری گل شد

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و آنتوسیانین

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که کاربرد جداگانه اسید سالیسیلیک در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک در سطح احتمال یک درصد نتیجه معنی‌داری را بر روی صفات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نشان دادند. طبق نتایج غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک بیشترین تاثیر را نسبت به سایر تیمارها بر



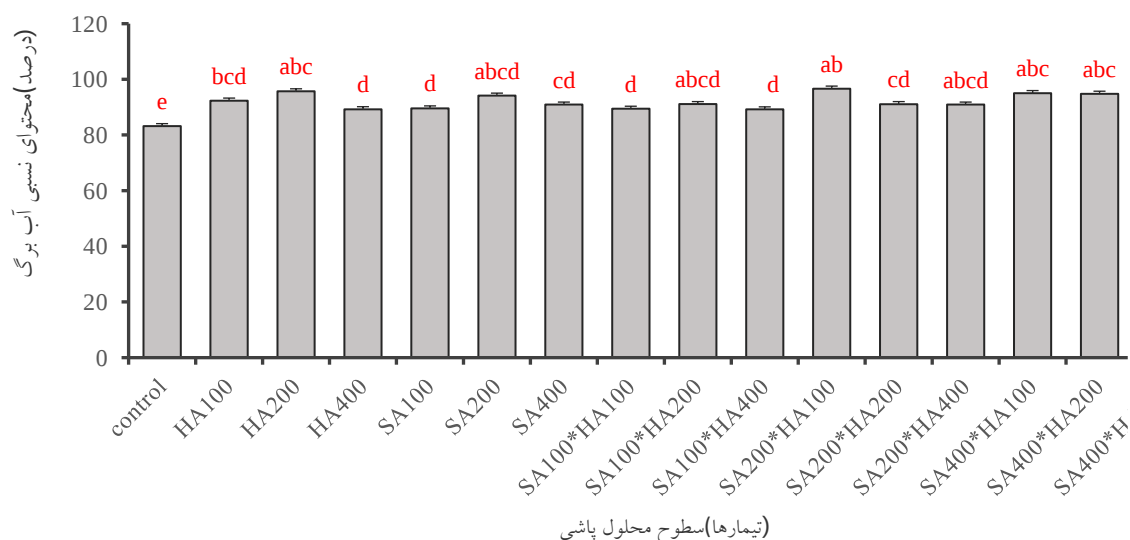
شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی کل گیاه سرخارگل. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند. در محور افقی شکل HA, SA به ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می‌دهند.



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر میزان آنتوسیانین گیاه سرخارگل. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند. در محور افقی شکل SA, HA به ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می‌دهند.

تنظیم‌کننده فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی با اثر بر آنزیم‌های فعالیت آنتی اکسیدانی کل و همچنین تنظیم‌کننده‌های اسمزی مانند پرولین، آثار ناشی از خشکی را کاهش می‌دهد

و در بررسی گزارش شد افزایش ویژگی‌های بیوشیمیایی و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل با استفاده از اسید هیومیک در گیاهان مختلف مثل گل مرواریدی (Bellis) شد (۸). به عنوان یک ماده



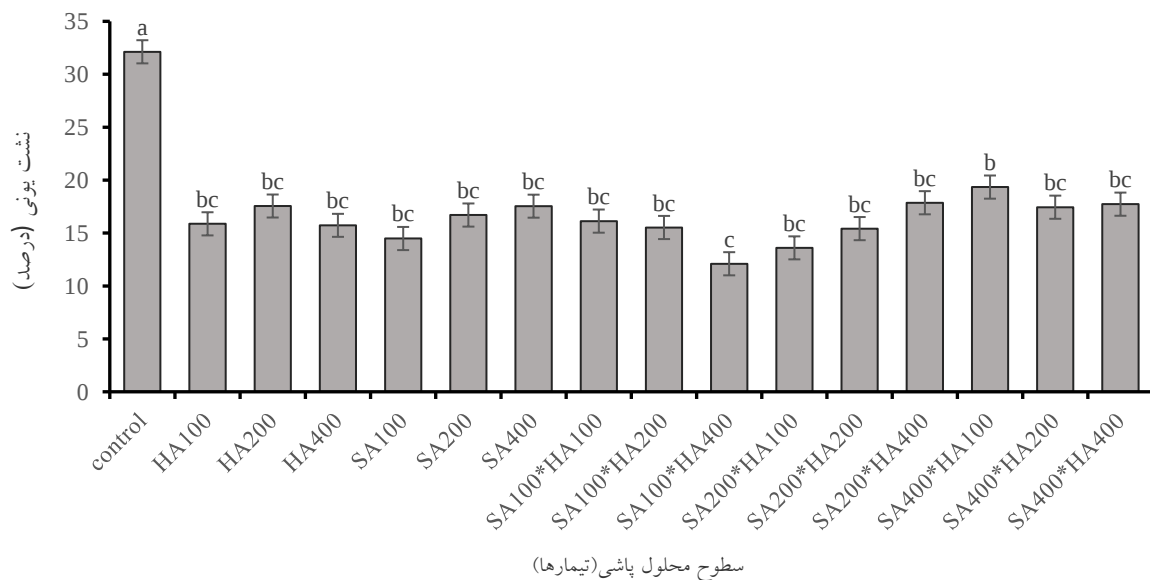
شکل ۹. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر محتوای نسبی آب برگ گیاه سرخارگل. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند. در محور افقی شکل SA, HA به ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می‌دهند.

تعدیل کنند و یا اینکه ترپن‌ها و متابولیت‌های ثانویه دیگری به عنوان ترکیبات دفاعی ضد علف‌خوارها در تعدادی از گیاهان عمل نمایند (۱۹).

محتوای نسبی آب برگ و نشت یونی برگ

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) کاربرد ساده اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد، اثر ساده اسید هیومیک در سطح احتمال پنج درصد و اثر متقابل اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. طبق مقایسه میانگین غلظت ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و غلظت ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ شد، همین‌طور با کاربرد غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک نسبت به سایر غلظت‌ها، بیشترین اثر را داشتند و باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ شدند (شکل ۹). بر اساس نتایج جدول تجزیه

(۲۹). اسید هیومیک مانند جیبرلین، آنزیم آلفا آمیلاز و دیگر آنزیم‌های هیدرولیز کننده را تحریک کرده و در افزایش کربوهیدرات و سطوح آنتوسیانین اثر دارد (۷ و ۱۳). آنتوسیانین‌ها به عنوان یک گروه از فلاونوئیدهای محلول در آب در یک نقطه پایانی در مسیر بیوسنتز فلاونوئیدها در سیتوپلاسم ساخته شده و به شکل فعال و جداگانه به داخل واکوئل سلول‌ها با پمپ گلوکاتایون وارد می‌شوند (۸). تئوری‌هایی درباره عمل آنتوسیانین برگ‌ها در سال‌های اخیر ارائه شده است که می‌توان به تعدیل کمی و کیفی نور دریافت شده، حفاظت از اثرات مخرب اشعه ماوراء بنفش (UV)، حفاظت گیاهان از جانوران علف خوار، حفاظت از مهار نوری و جاروکننده رادیکال‌های فعال اکسیژنی تحت شرایط تنش محیطی اشاره کرد (۱۹). البته هیچ یک از عملکردهای ذکر شده منحصر به آنتوسیانین‌ها نیستند. ترکیبات دیگری هم در برگ‌ها می‌توانند این عملکردها را به طور مؤثری انجام دهند. برای مثال حضور کاروتنوئیدها و توزیع کلروفیل‌ها می‌توانند به طور چشمگیری دریافت نور را



شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر نشت یونی برگ گیاه سرخارگل. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند. در محور افقی شکل، SA, HA به ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می‌دهند.

شده و امکان اتساع دیواره سلولی فراهم می‌شود و در نهایت باعث افزایش انعطاف‌پذیری غشاء سلولی می‌شود تا زمینه برای رشد سلول به‌دست آید (۲۷). کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت محلول‌پاشی برگ می‌تواند میزان نشت یونی را در گیاهان گوجه‌فرنگی و لوبیا تحت شرایط تنش خشکی کاهش داد افزایش مصرف اسید سالیسیلیک موجب کاهش نشت یونی می‌شود زیرا اسید سالیسیلیک با تجزیه قندهای نامحلول باعث افزایش در میزان کربوهیدرات‌های محلول می‌شود و طبق پژوهش‌های انجام شده تیمار با اسید سالیسیلیک باعث افزایش در مقادیر لیگنین در ساختار دیواره سلولی می‌شود (۲۹). در این پژوهش هیومیک اسید باعث کاهش در نشت یونی در گیاه سرخارگل شد. بررسی‌های انجام شده نشان داد که اسید سالیسیلیک با جلوگیری از سنتز اتیلن و افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش در گونه‌های فعال اکسیژن‌دار با تأخیر در هیدرولیز ترکیبات ساختاری دیواره سلولی و کاهش در نشت یونی از سلول‌های برگ و پایداری غشاء را افزایش می‌دهد (۳۳).

واریانس (جدول ۳) اثر سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک و اثر متقابل این تیمارها بر نشت یونی برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. به‌طور کلی در این صفت فقط اختلاف بین شاهد و بقیه تیمارها وجود داشت و کاربرد غلظت‌های مختلف طبق شکل باعث کاهش نشت یونی برگ در این صفات شد (شکل ۱۰). در بررسی‌های انجام شده اسید سالیسیلیک باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ گندم در شرایط تنش می‌شود که شاید به‌علت نقش اسید سالیسیلیک در تنظیم عملکرد روزه‌ها و کاهش تبخیر سطحی اپیدرم باشد (۱). کاربرد اسید هیومیک از یک طرف با بهبود خواص فیزیکی خاک از طریق اصلاح و دانه‌بندی خاک و ایجاد فضای بیشتر برای نفوذ آب و از طرف دیگر با برقراری پیوند با مولکول‌های آب برای ممانعت از تبخیر آن، سبب افزایش در محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی شده و اثرات ناشی از این تنش را کاهش می‌دهد (۲۵). با افزایش میزان محتوای نسبی آب برگ‌ها، فشار درون سلولی برای رشد سلول‌ها فراهم

نتیجه گیری کلی

مورفوفیزیولوژیکی سرخارگل، می تواند برای افزایش رشد و عملکرد این گیاه از طریق بهبود فعالیت آنتی اکسیدانی پیشنهاد شود.

تشکر و قدردانی

تشکر و قدردانی از مسئولین محترم مرزعه تحقیقاتی، آزمایشگاه گروه کشاورزی و علوم باغبانی دانشگاه زنجان که در انجام این پژوهش دانشجویی مساعدت کافی را داشته اند.

یافته های این آزمایش، بیانگر اثرات سودمند اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه سرخارگل هستند. براساس نتایج این آزمایش در بین تیمارهای استفاده شده، غلظت های ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک، برای تولید گیاه سرخارگل توصیه می شود. بنابراین با توجه به ارزان قیمت بودن اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک و نداشتن اثر سوء زیست محیطی، کاربرد این ترکیبات با بهبود خصوصیات

منابع

1. Agarwal, S., R. K. Sairam, G. C. Srivastava and R. C. Meena. 2005. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biologia Plantarum* 49: 541-550.
2. Alaei, M. 2010. Investigation of the effect of salicylic acid in the post-harvest stage on physical and chemical properties and post-harvest life of roses. PhD Thesis. Department of Horticultural Sciences, Campus of Agriculture and Natural Resources. Kara, Iran. (In Farsi).
3. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24(1): 1-15
4. Bakry, B. A., D. M. El-Hariri, M. S. Sadak and H. M. S. El-Bassiouny. 2012. Drought stress mitigation by foliar application of salicylic acid in two linseed varieties grown under newly reclaimed sandy soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 8(7): 3503-3514.
5. Darzi, M. T., A. Qalavand and F. Regale. 2006. Investigation of the application of biofertilizers on the yield of yield components of fennel. *Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research* 22: 276-292. (In Farsi).
6. Ezhilmathi, K., V. P. Singh, A. Arora and R. K. Sairam. 2007. Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase life of Gladiolus cut flowers. *Plant Growth Regulation* 51: 99-108.
7. Fallahi, E., W. S. Conway, K. D. Hickey and C. E. Sams. 2007. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *Horticultural Science* 32(5): 831-835. (In Farsi).
8. Fan, H. M., X. W. Wang, X. Sun, Y. Y. Li, X. Z. Sun and C. S. Zheng. 2014. Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. *Scientia Horticulturae* 177: 118-123.
9. Ferrante, A., D. A. Hunter, W. P. Hackett and M. S. Reid. 2002. Thidiazuron—a potent inhibitor of leaf senescence in *Alstroemeria*. *Postharvest Biology and Technology* 25(3): 333-338.
10. Gulser, F., F. Sonmez and S. Boysan. 2010. Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedling growth under saline condition. *Journal of Environmental Biology* 31(5): 873.
11. Gunes, A., A. Inal, M. Alpaslan, N. Cicek, E. Guneri, F. Eraslan and T. Guzelordu. 2005. Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) (Einfluss einer Salicylsäure-Applikation auf die Induktion von Stresstoleranz sowie Nährstoffaufnahme von Mais [*Zea mays* L.]). *Archives of Agronomy and Soil Science* 51(6): 687-695.
12. Hayat, S., B. Ali and A. Ahmad. 2007. Salicylic acid: biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. Salicylic acid. pp. 1-14. In: S. Heyat and A. Ahmad (eds), A Plant Hormone. Springer Dordrecht, Aligarh.
13. Hara, M., K. Oki, K. Hoshino and T. Kuboi. 2003. Enhancement of anthocyanin biosynthesis by sugar in radish (*Raphanus sativus*) hypocotyl. *Canadian Journal of Plant Science* 164(2): 259-265.
14. Heidari, M. and A. Minaei. 2014. Effects of drought stress and humic acid application on quantitative yield and content of macro-elements in medical plant Borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of Plant Production Research* 21(1): 167-182.
15. Haji Reza, M. A., R. Hadavi, A. H. M. Mirza pour and M. R. Naini. 2012. Effect of different levels of citric acid

- and salicylic acid in the pre-harvest stage on the shelf life of *Rosa hybrid* L. *Science and Technology of Greenhouse Cultivation* 16(4): 99-109. (In Farsi).
16. Jalili Marandi, R. 2012. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jihad Publications, Azerbaijan. (In Farsi).
 17. Jabbarzadeh, Z., M. Khosh-Khui and H. Salehi. The effect of foliar-applied salicylic acid on flowering of African violet. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3(4): 4693-4696.
 18. Karlidag, H., E. Yildirim and M. Turan. 2009. Exogenous applications of salicylic acid affect quality and yield of strawberry grown under antifrost heated greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172(2): 270-276.
 19. Khavarinejad, R., Mehrabiyan S and A. Asadi. 2004. Investigation of the effect of salicylic acid on the amount of anthocyanins of fungal-infected grass enamel. *Journal of Science (Kharazmi University)* 4(4-3): 427-438. (In Farsi).
 20. Khayyat, M., E. S. Tafazoli Eshghi and S. Rajaei. 2007. Effect of nitrogen, boron, and potassium and zinc sprays on yield and fruit quality of date palm. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 2(3): 289-296.
 21. Khodary, S. E. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *International Journal of Agriculture and Biology* 1: 5-8.
 22. Keshavarzi, L. W. 2010. The effect of short-term treatment pulsed (hinocytol, humic acid, sucrose and silver thiosulfate) on the flowering life of cut Yelloween Lily flowers. *Iranian Horticultural Sciences* 42: 393-402. (In Farsi).
 23. Kumali, M., S. M. Kharazi, Y. Weaponry and S. Tehrani Far. 2011. Effect of salicylic acid on growth and some traits Morphophysiological study of *Gomphrena globosa* L. in salinity stress conditions. *Journal of Horticultural Science* 26(1): 104-112. (In Farsi).
 24. Martin-Mex, R., E. Villanueva-Couoh, T. Herrera-Campos and A. Larque-Saavedra. 2005. Positive effect of salicylates on the flowering of African violet. *Scientia Horticulturae* 103(4): 499-502.
 25. Munné-Bosch, S., K. Schwarz and L. Alegre. 1999. α -Tocopherol protection against drought-induced damage in *Rosmarinus officinalis* L. and *Melissa officinalis*. *Zeitschrift für Naturforschung C* 54(9-10): 698-703.
 26. Omid Beigi, R. 2011. Production and Processing of Medicinal Plants. Astan Quds Razavi Press, Mashhad. (In Farsi).
 27. Rahbarian, P., G. Afsharmanesh and M. H. Shirzadi. 2010. Effects of drought stress and manure on relative water content and cell membrane stability in dragonhead (*Dracocephalum moldavica*). *Plant Ecophysiology* 2: 13-19.
 28. Rubio, V., R. Bustos, M. L. Irigoyen, X. Cardona-Lopez, M. Rojas-Triana and J. Paz-Ares. 2009. Plant hormones and nutrient signaling. *Plant Molecular Biology* 69(4): 361-373.
 29. Senaratna, T., D. Touchell, E. Bunn and K. Dixon. 2000 Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30(2): 157-161.
 30. Seyed Hajizadeh, H. and A. A. Aliloo. 2013. The effectiveness of pre-harvest salicylic acid application on physiological traits in *Lilium* (*Lilium longiflorum* L.) cut flower. *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences* 1(12): 344-350. (In Farsi).
 31. Turkmen, N., A. Dursan, M. Turan and C. Erdinc. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-soil and Plant Science*. 54(3): 168-174.
 32. Valdrighi, M. M., A. Pera, M. Agnolucci, S. Frassinetti, D. Lunardi and G. Vallini. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system: a comparative study. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 58(2-3): 133-144.
 33. Zamani, S., M. Kazemi and M. Aran. 2011. Postharvest life of cut rose flowers as affected by salicylic acid and glutamine. *World Applied Sciences Journal* 12(9): 1621-1624.