J. Crop Prod. Process. 2026, 15(4), 1-16; DOI: 10.47176/jcpp.15.4.30475

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

Original Article

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 $mg \cdot L^{-1}$) and four concentrations of HA (0, 100, 200, and 400 $mg \cdot L^{-1}$), 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

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

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*. 2026, 15(4), 1-16. (*In Persian*). DOI: 10.47176/jcpp.15.4.30475.

Copyright © 2026 Isfahan University of Technology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱۴۰۴، دوره ۱۵، شماره ۴، صص. ۱۶-۱، DOI: 10.47176/jcpp.15.4.30475

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
صفحه خانگی نشریه: https://jcpp.iut.ac.ir/

مقاله پژوهشی

اثر محلول‌پاشی برگی اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های زینتی و مورفوفیزیولوژیکی گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.)

سید نجم الدین مرتضوی * و لطافت مرادی

چکیده– به‌منظور ارزیابی تاثیر دو ترکیب اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر برخی از ویژگی‌های زینتی و مورفوفیزیولوژیکی گیاه سرخارگل، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه زنجان در سالهای ۱۳۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل چهار سطح اسید سالیسیلیک و چهار سطح اسید هیومیک (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بودند. نتایج نشان داد کاربرد اسید سالیسیلیک به‌طور معنی‌داری صفاتی مانند آنتوسیانین، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد گل در بوته، قطر ساقه گل‌دهنده، ماندگاری گل‌های شاخه بریده، محتوای نسبی آب برگ را افزایش و نشت یونی برگ را کاهش داد. کاربرد اثر ساده اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد باعث کاهش نشت یونی و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ارتفاع گیاه، تعداد گل در بوته، ماندگاری گل‌های شاخه بریده، قطر ساقه گل‌دهنده و محتوای نسبی آب برگ در گیاه سرخارگل شد. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر صفات آنتوسیانین، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی گیاه، تعداد گل در بوته، ماندگاری گل‌های شاخه بریده، قطر ساقه گل‌دهنده، محتوای نسبی آب برگ را افزایش و نشت یونی برگ را کاهش داد و سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شد و تعداد گل در بوته را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید. نتایج پژوهش نشان داد که کاربرد برگی ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک موجب بهبود صفات اندازه‌گیری 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 می‌شود

واژه‌های کلیدی: صفات مورفولوژیکی، قطرگل، گل‌های شاخه بریده، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت

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. ۱۴۰۴ ©.

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

Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

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 معمولا با نزدیک شدن به نوک ساقه از وسعت برگ‌ها کاسته می‌شود. گل‌ها معمولا به رنگ‌های ارغوانی، صورتی، زرد و نارنجی بوده و قطر گل‌ها گاهی به ۱۵سانتی‌متر می‌رسد و حدود ۲ تا ۳ ماه روی گیاه باقی می‌مانند (۲٦). 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 بیوسنتز 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 محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش چشم‌گیری در طول و قطر غنچهٔ گل، طول ساقهٔ 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 (٦). 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 خاک‌های ایران اثر مستقیم بر مراحل فیزیولوژیکی وعملکرد گیاهان دارد (۲۵). بر اساس مطالعات انجام شده استفاده از اسید هیومیک به‌دلیل 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 ٤۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و چهار سطح اسید هیومیک (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به‌صورت جداگانه و در ترکیب با یکدیگر بود. پس از استقرار و شروع رشد رویشی بوته‌ها، محلول‌پاشی (بعد از ٤۰ روز) در دو مرحله شش تا هشت برگی گیاهان و مقارن با زمان تشکیل غنچه‌های گل اعمال شد (٤). ترتیب قرارگیری تیمارها در هر واحد آزمایشی به‌صورت بلوک کامل تصادفی در سه تکرار و در مجموع شامل ٤۸ 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

جدول ۱ . خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

پتاسیم (گرم بر کیلوگرم)	سدیم (گرم بر کیلوگرم)	کلسیم (گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	EC (دیسی‌زیمنس بر متر)	pH	ماده آلی (درصد)	بافت خاک
۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۰۷	۱/٤۹	۷/٤	۰/۹٤	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 ۲٤ 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 ۲٤ ساعت در یخچال در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و شرایط تاریکی نگهداری شد. سپس محلول به مدت ۱۰ دقیقه با دور ٤۰۰۰ سانتریفیوژ شده و در پایان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۵۰ نانومتر قرائت شد. از محلول اسید کلریدریک یک درصد متانول به‌عنوان شاهد استفاده شد. میزان آنتوسیانین برای هر عصاره بر حسب میکرومول بر گرم با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (۳).

رابطه (۱) $A= \varepsilon bc$

(که در آن (A) مقدار جذب، (ε) 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).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی = جذب DPPH − جذب نمونه/

رابطه (۲) : جذب DPPH ×100

برای اندازه‌گیری درصد نشت یونی از طریق رابطه ۳ و با تقسیم هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) بر هدایت الکتریکی ثانویه یا سلول های 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 ۲٤ 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 ۲٤ ساعت وزن خشک برگ‌ها (DW) تعیین شدند. درنهایت محتوای نسبی آب برگها با استفاده از رابطه (٤) محاسبه شد (۳۲).

$RWC= FW – DW / TW – DW \times 100$

رابطه (٤)

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS و برای مقایسهٔ 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

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عمر پس از برداشت	ارتفاع گیاه	تعداد شاخه	تعداد گل	قطرگل	قطرساقه
بلوک	۲	۰/۳۷^{ns}	۵٤/۵^{ns}	۰/۰۲^{ns}	٤/۵۲^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۰/۱۷^{ns}
سالسیلیک اسید	۳	۲۹/۷**	۱۹۷**	۱۱/۰۵**	۵٦/۱**	۰/۷۳^{ns}	۰/۰۲**
هیومیک اسید	۳	۲۳/۸**	۱٦۷**	۲/۰۲^{ns}	٦٦/۹**	۰/۵٦^{ns}	۰/۰۵*
سالسیلیک اسید×هیومیک اسید	۹	۲۸/٤**	۱۸۸**	٦/۸۵*	۷۱/۹**	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۲**
خطا	۳۰	۳/۳٦	۳٦/۳	۲/٤۲	۵/۹٤	٦۵/۵	۳/۱۹
ضریب تغییرات	-	۱۰/٤	۱۰/٤	۱٦/۲	۹/۱۲	۸/۲۱	۱/۵۳

ns، *، ** به‌ترتیب؛ غیر معنی‌دار، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		فعالیت آنتی‌اکسیدانی	آنتوسیانین	محتوای نسبی آب	نشت الکترولیت
بلوک	۲	۰/۰۰۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۰٦^{ns}	۱۸/٤^{ns}	۳/۵۷^{ns}
اسید سالیسیلیک	۳	۰/۰۰۰۰۰۲*	۰/۰۰۰۰٤*	۷٦/۲**	۷٦/۳**
اسید هیومیک	۳	۰/۰۰۰۰۰۰٦^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۵^{ns}	۳۹/۸*	٤۹/۳**
اسید سالیسیلیک×اسید هیومیک	۹	۰/۰۰۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۰۰۳*	۲۹/۱**	۵۳/٤**
خطا	۳۰	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۸	٦/٦۵	۱۱/۳
ضریب تغییرات	-	۷/۸٦	۲۲/۳	۲/۷۹	۱۹/۵

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

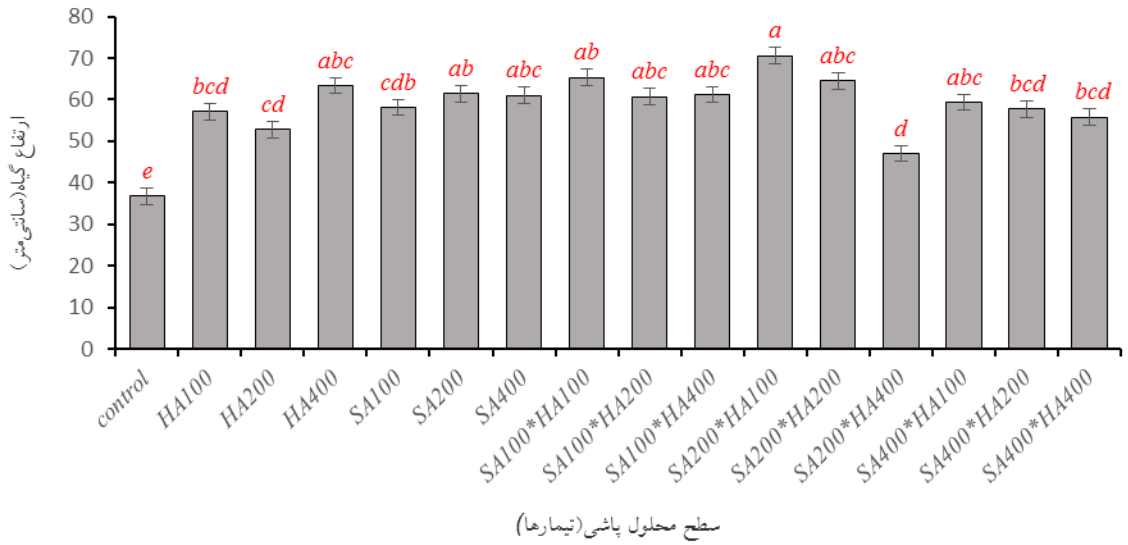
درصد استفاده شد و رسم نمودارها نیز به کمک نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

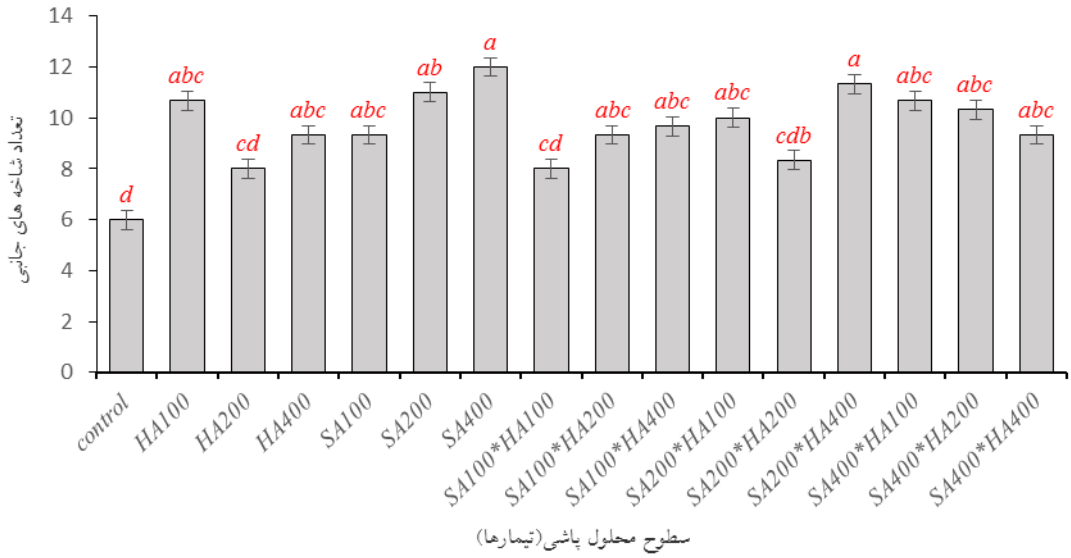
نتایج نشان داد کاربرد برگی اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک برروی صفات آنتوسیانین، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی گیاه، تعداد گل در بوته، ماندگاری گل‌های شاخه بریده، قطر ساقه گل‌دهنده، محتوای نسبی آب برگ، تعداد گل در بوته معنی‌دار بود. کاربرد این ترکیبات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل را افزایش و نشت یونی برگ را به طور معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) کاهش دادند (جداول ۲ و ۳).

ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های جانبی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه سرخارگل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول۲). کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک موجب افزایش ارتفاع گیاه شد به نحوی که بیشترین ارتفاع مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک بود. شاهد کمترین مقدار را دارا بود (شکل۱). بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها محلول‌پاشی برگی اسید سالیسیلیک بر تعداد شاخه‌های جانبی سرخارگل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و همینطور اثرمتقابل اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک اثر معنی‌داری را در



شکل۱. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر ارتفاع 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 به ترتیب HA , SA هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می دهند.



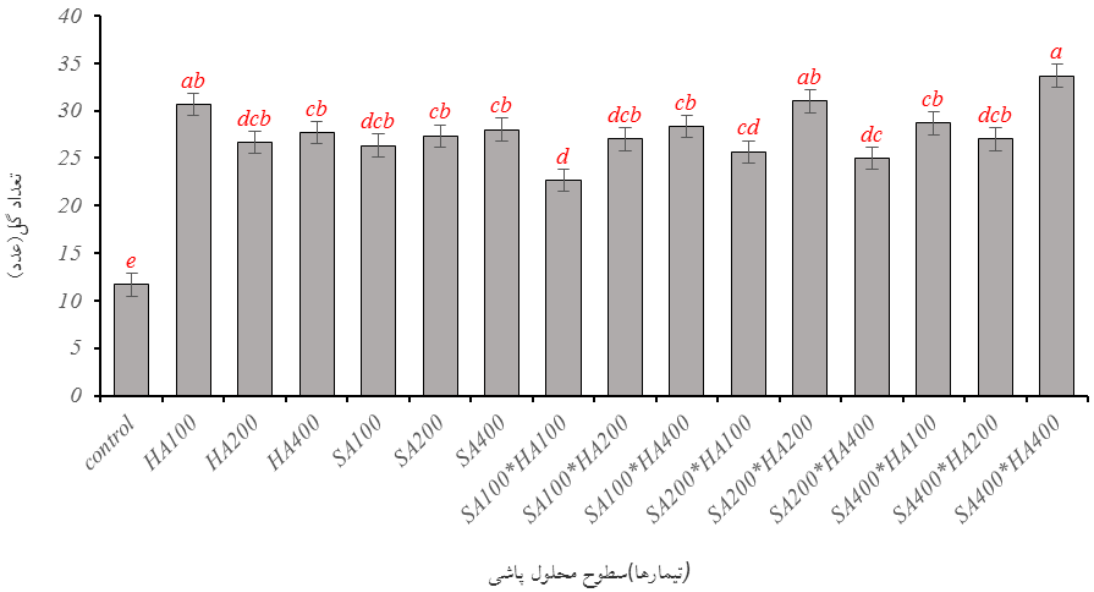
شکل۲. مقایسه میانگین اثرمتقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر تعداد شاخه‌های جانبی سرخارگل. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند. در محور افقی شکل به ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می دهند. HA , SA

سطح احتمال پنج درصد نشان داد (جدول۲). کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک موجب افزایش تعداد شاخه‌های جانبی شد، به نحوی که بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی مربوط به ترکیب غلظت ٤۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم برلیتر اسید هیومیک بود و شاهد کمترین مقدار را داشت (شکل۲). در آزمایش مشابهی اسید هیومیک با

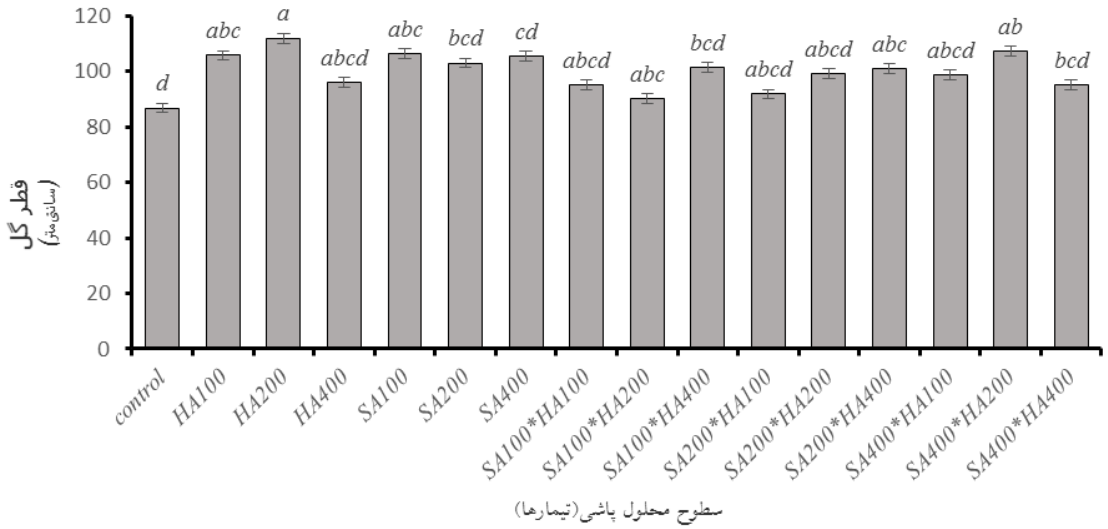
تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات-کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه فلفل و همینطور اسید هیومیک از طریق افزایش محتوای نیتروژن برگ‌ها و حفظ ماندگاری سبب بهبود رشد، افزایش زیست توده تولید شده گیاهان و ارتفاع بوته می‌شود (۱۰). اسید هیومیک از طریق افزایش محتوای نیتروژن برگ‌ها و حفظ ماندگاری برگ‌ها سبب بهبود رشد، افزایش زیست توده تولیدی و ارتفاع بوته شده و کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت محلول‌پاشی برگی در گیاه ذرت موجب افزایش سطح برگ و ارتفاع گیاه شد (۲۱). به‌نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک از طریق بهبود جذب عناصر غذایی به‌خصوص در شرایط تنش می‌تواند افزایش رشد را به‌همراه داشته باشد که افزایش ارتفاع گیاهچه یکی از این موارد است (٦). 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 (٤). 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 قابل‌دسترس برای رشد گیاه پروانش را فراهم می‌سازد، که این افزایش می‌تواند باعث رشد شاخه‌های اصلی و جانبی در گیاه زینتی پروانش شده و در نتیجه باعث افزایش جنبه ظاهری این گیاه شود (١٤). کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار در میزان عملکرد گل، عملکرد زیست‌توده 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 قطرگل

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 (جدول۲). براساس شکل ۳ مقایسه میانگین ترکیب٤۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ٤۰۰ میلی‌گرم برلیتر اسید هیومیک بهترین تاثیر بر تعداد گل در گیاه نسبت به سایر غلظت‌ها را داشت و همچنین غلظت ٤۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم 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 (جدول۲). ترکیب ٤۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک نسبت به سایر تیمارها اثر چشم‌گیری را در صفات قطر گل‌ها نشان داد و تیمار شاهد کمترین مقدار بود (شکل ٤). اثر تسریع‌کنندگی گلدهی توسط اسید هیومیک می‌تواند به‌دلیل 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 (٢٤). 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). محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش چشم‌گیر سطح برگ، طول و قطر غنچه گل، قطر گل و بهبودکیفیت گل‌های شاخه بریده رز شده است (۱۵). محلول‌پاشی اسید سیتریک در مرحله قبل از برداشت، سبب افزایش عمرگلجایی، جذب آب، قطر گل در گل رز شد (۱۲). همچنین اسید سالیسیلیک احتمالاً بر فعالیت سیتوکنین تاثیر می‌گذارد. بنابراین یکی از دلایل افزایش قطر گل‌ها تحت تأثیر اسید سالیسیلیک، تحریک سنتز سیتوکینین است (۱۲).



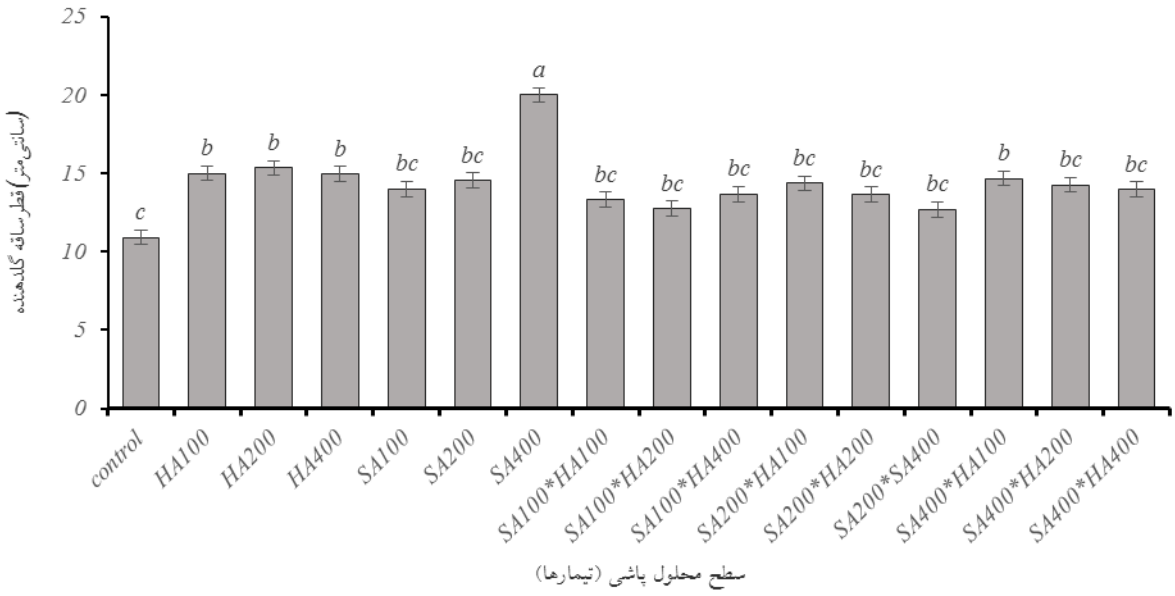
شکل ۳. مقایسه میانگین اثرمتقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر تعداد گل گیاه سرخارگل. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند. در محور افقی شکل HA , SA به ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می دهند.



شکل ٤. مقایسه میانگین اثرمتقابل 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 می دهند.

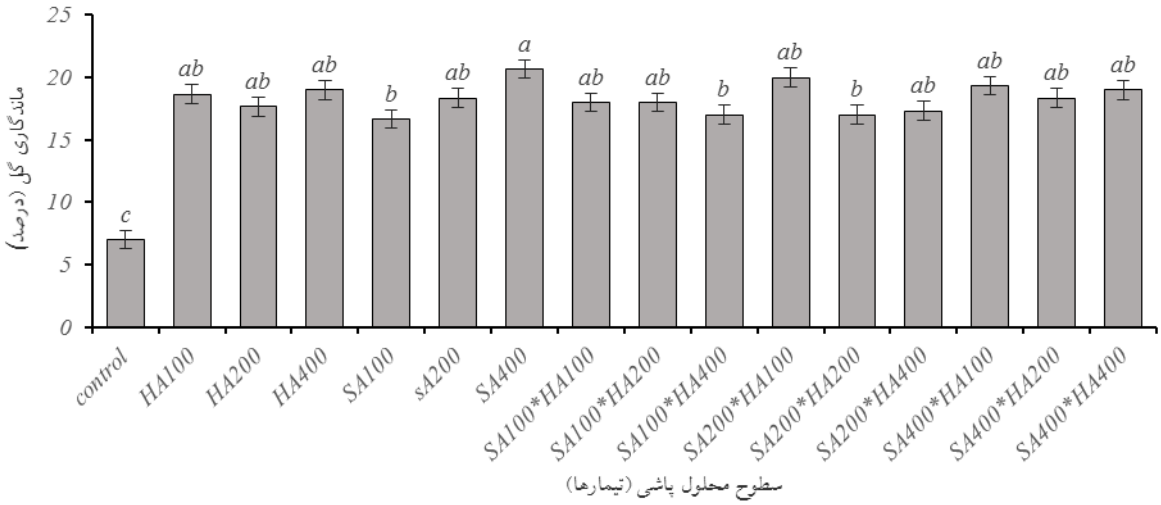
قطرساقه گل‌دهنده و ماندگاری گل‌ها

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر ساده تیمارهای اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک درسطح احتمال پنج درصد نتیجه معنی‌داری نشان داد و همچنین تاثیر متقابل این دو تیمار



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 HAبه ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می دهند.

بر روی قطرساقه گل‌دهنده در سطح احتمال یک درصد تاثیر معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). به‌طوری‌که طبق نتایج ارائه شده بیشترین میزان قطر ساقه گل‌دهنده مربوط به کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ٤٠٠ 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 تجزیهٔ واریانس داده‌ها کاربرد جداگانه اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک و اثر متقابل آنها درسطح احتمال یک درصد بر ماندگاری گل‌های شاخه بریده اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). طبق شکل ٦ مقایسه میانگین تاثیر متقابل اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر روی ماندگاری گل مربوط به تیمار با غلظت۲۰۰ میلی‌گرم برلیتر اسید سالیسیلیک همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک بود و همچنین بیشترین زمان ماندگاری گل در غلظت‌های ساده ٤٠٠ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک مشاهده شد. این تیمارها نسبت به سایر غلظت‌ها باعث بهبود ماندگاری گل‌های شاخه بریده در گیاه سرخارگل شدند (شکل ٦). 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 آبسیزیک‌اسید 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 (١٦) مطابقت داشت و همچنین در بررسی زمانی و

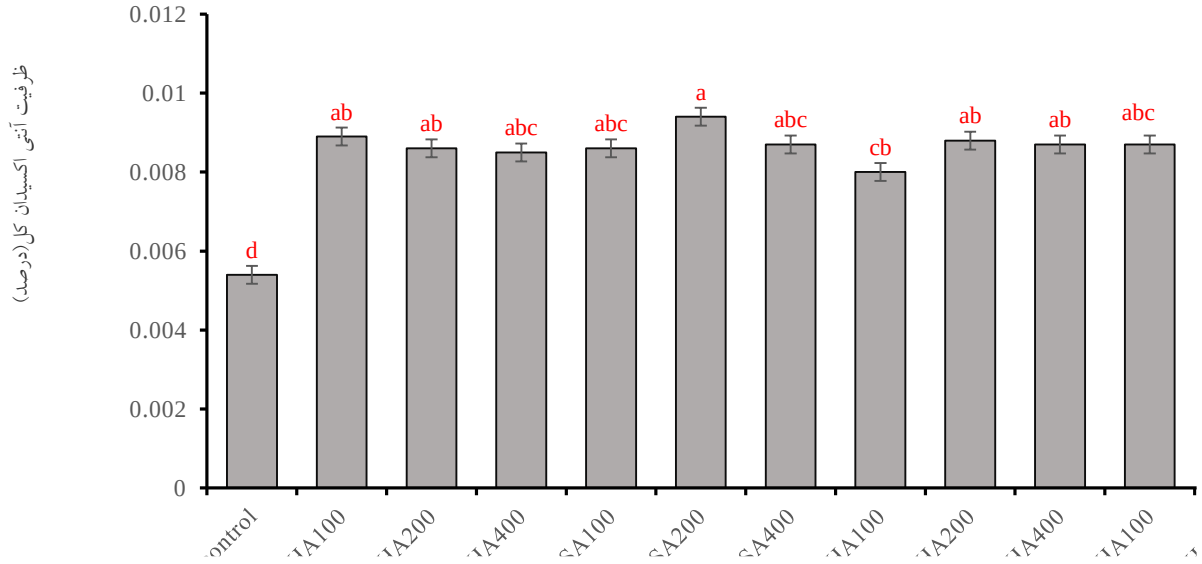


شکل ٦. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر ماندگاری گل گیاه سرخارگل. میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند. در محور افقی شکل SA , HA به ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می دهند.

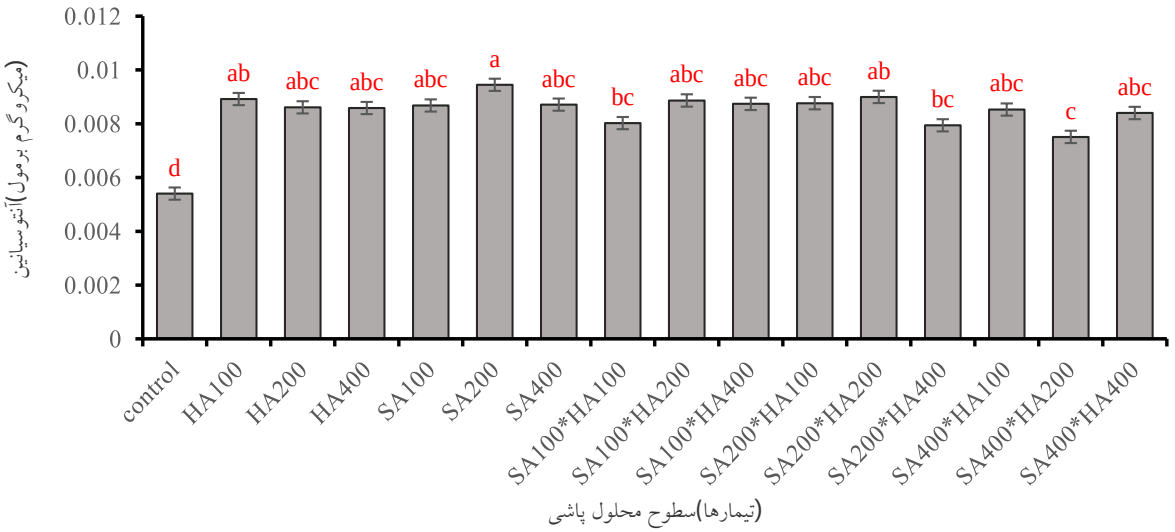
همکاران (۳۳) در ماندگاری گل رز با نتیجه این بررسی نتایج مشابهی را نشان داد. اسید هیومیک احتمالاً از طریق اثر شبه هورمونی و بهبود شرایط فیزیولوژیکی گیاه، سبب بهبود عمر پس از برداشت گل‌ها می‌شود (۳۳). ازسوی دیگر، این احتمال وجود دارد که چون اسید هیومیک منجر به افزایش در جذب مواد غذایی و فتوسنتز و به‌دنبال 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.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و آنتوسیانین

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳) نشان داد که کاربرد جداگانهٔ 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 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 به‌همراه غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک بیشترین تاثیر را برروی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی‌کل نشان داد و باعث افزایش این صفت در گیاه سرخارگل شد (شکل ۷). براساس جدول تجزیهٔ 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، غلظت۲۰۰ 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



شکل۷. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی 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 SA , HA به ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می دهند.



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 , HAبه ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می دهند.

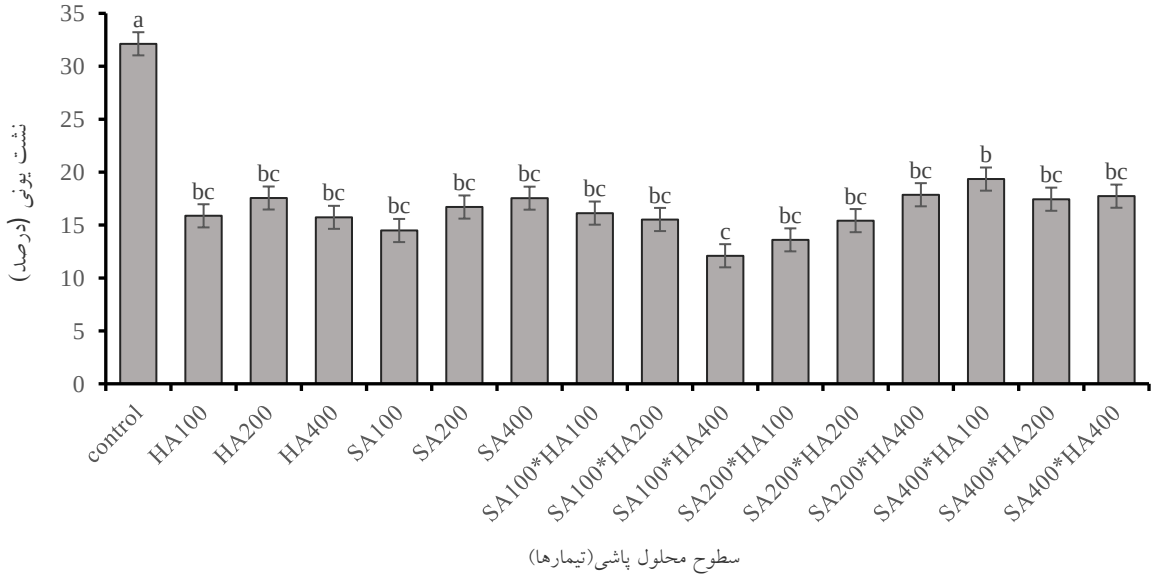
و در بررسی گزارش شد افزایش ویژگی‌های بیوشیمیایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل با استفاده از اسید هیومیک در گیاهان مختلف مثل گل مرواریدی (*Bellis*) شد (۸). به‌عنوان یک مادهٔ تنظیم‌کننده فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی با اثر بر آنزیم‌های فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل و همچنین تنظیم‌کننده‌های اسمزی مانند پرولین، آثار ناشی از خشکی را کاهش می‌دهد

شکل ۹. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر محتوای نسبی‌آب 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 HAبه ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می دهند.

(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 به‌عنوان یک گروه از فلاونوئیدهای محلول در آب در یک نقطهٔ پایانی در مسیر بیوسنتز فلاونوئیدها در سیتوپلاسم ساخته شده و به شکل فعال و جداگانه به داخل واکوئل سلول‌ها با پمپ گلوتاتیون وارد می‌شوند (۸). تئوری‌هایی دربارهٔ عمل آنتوسیانین برگ‌ها در سال‌های اخیر ارائه شده است که می‌توان به تعدیل کمی و کیفی نور دریافت شده، حفاظت از اثرات مخرب اشعهٔ ماوراء بنفش (UV)، حفاظت گیاهان از جانوران علف خوار، حفاظت از مهار نوری و جاروکنندهٔ رادیکال‌های فعال اکسیژنی تحت شرایط تنش محیطی اشاره کرد (۱۹). البته هیچ یک از عملکردهای ذکرشده منحصر به آنتوسیانین‌ها نیستند. ترکیبات دیگری هم در برگ‌ها می‌توانند این عملکردها را به‌طور مؤثری انجام دهند. برای مثال حضور کاروتنوئیدها و توزیع کلروفیل‌ها می‌توانند به‌طور چشمگیری دریافت نور را تعدیل کنند و یا اینکه ترپن‌ها و متابولیت‌های ثانویهٔ دیگری به عنوان ترکیبات دفاعی ضد علف‌خوارها در تعدادی از گیاهان عمل نمایند (۱۹).

محتوای نسبی آب برگ و نشت‌یونی برگ

بر اساس نتایج جدول تجزیهٔ 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 محتوی نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. طبق مقایسه میانگین غلظت ٤۰۰ میلی‌گرم برلیتر اسید سالیسیلیک و غلظت ٤۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ شد، همینطور با کاربرد غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم برلیتر اسید هیومیک نسبت به سایر غلظت‌ها، بیشترین اثر را داشتند و باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ شدند (شکل ۹). بر اساس نتایج جدول تجزیهٔ



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 HAبه ترتیب هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید را نشان می دهند.

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 روزنه‌ها 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 نسبی‌آب برگ در شرایط تنش خشکی شده و اثرات ناشی از این تنش را کاهش می‌دهد (۲۵). با افزایش میزان محتوای نسبی‌آب برگ‌ها، فشار درون سلولی برای رشد سلول‌ها فراهم شده و امکان اتساع دیوارهٔ 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 برگی میزان نشت‌یونی را در گیاهان گوجه فرنگی و لوبیا تحت شرایط تنش خشکی کاهش داد افزایش مصرف اسید سالیسیلیک موجب کاهش نشت‌یونی می‌شود زیرا اسید سالیسیلیک با تجزیهٔ 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 دیوارهٔ 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 دیوارهٔ سلولی و کاهش در نشت یونی از سلول‌های برگ و پایداری غشاء را افزایش می‌دهد (۳۳).

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های 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، غلظت‌های ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک، برای تولید گیاه سرخارگل توصیه می‌شود. بنابراین با توجه به ارزان قیمت بودن اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک و نداشتن اثر سوء زیست‌محیطی، کاربرد این ترکیبات با بهبود خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی سرخارگل، می‌تواند برای افزایش رشد و عملکرد این گیاه از طریق بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی 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 داشته‌اند.

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. Rajaee. 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 (hinocytiol, 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.