مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۰ شماره ۲ صفحه‌های ۱۵۷ تا ۱۷۰ (۱۳۹۸)
مقاله پژوهشی

بررسی برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و زیست‌شیمیایی و عمر گلجایی گل بریدنی ژربرا با کاربرد هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم[1]

Investigation of Some Morphological and Biochemical Characteristics and Vase Life of *Gerbera jamesonii* cv. Dune Cut Flower Using Humic Acid and Nano Calcium Chelate

نازدار میرزایی اسگندیان، زهره جبارزاده * و میرحسن رسولی صدقیانی[2]

چکیده

به‌منظور بررسی اثر هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم روی ژربرا (*Gerbera jamesonii* cv. Dune)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار در شرایط کشت هیدروپونیک اجرا شد. فاکتور اول، هیومیک‌اسید در ۴ غلظت صفر (شاهد)، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌صورت کاربرد در محیط کشت و فاکتور دوم، نانوکلات کلسیم در ۴ غلظت صفر (شاهد)، ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر به‌صورت محلول‌پاشی اجرا شد. شاخص‌هایی مانند شمار و سطح برگ، وزن تر و خشک گل آذین، عمر گلجایی، زمان غنچه تا شکوفایی گل و ماندگاری گل روی بوته و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شدند. نتیجه‌ها نشان دادند که هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم باعث افزایش مقدار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز به‌ترتیب به مقدار ۷، ۶ و ۷ برابر نسبت به شاهد شدند. با کاربرد هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم عمر گلجایی و عمر گل روی بوته به‌ترتیب افزایش ۵۷ و ۳۱ درصدی نسبت به شاهد داشتند. قطر گل و ساقه گلدهنده نیز ۲۰ ٪ نسبت به افزایش شاهد نشان دادند. سطح برگ با افزایش غلظت نانوکلات کلسیم افزایش یافت. شمار برگ نیز فقط با افزایش غلظت هیومیک‌اسید روند افزایشی داشت. به‌طور کلی می‌توان گفت کاربرد همزمان هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم در بهبود برخی ویژگی‌های ژربرا موثر بوده و به‌طور تقریبی غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیترهیومیک‌اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم موثرتر بودند.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، ژربرا، سطح برگ، عمر گلجایی، ماندگاری گل.

مقدمه

ژربرا با نام علمی *Gerbera jamesonii* Bolus ex Hooker f. از تیره Asteraceae (۱۵) و از جمله گل‌های بریدنی مهم و محبوب جهان و بومی آفریقا و مناطق گرمسیری آسیا است. این گیاه گل‌هایی جذاب با گوناگونی رنگی زیاد داشته که به عنوان گل خشک در صنایع دستی استفاده می‌شود (۳۶).

کلسیم یک عنصر غیرمتحرک در آوند آبکش می‌باشد و انتقال آن در آوند چوب است (۱۰). کلسیم بیشتر به روش آپوپلاستی در گیاه منتقل شده و از راه آوند چوبی با قابلیت انتقال دوباره، محدود منتقل می‌شود. بنابراین غلظت آن در اندام‌هایی با

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱/۲۴

۲- به‌ترتیب دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد، استادیار گروه علوم باغبانی و استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

میزان تعرق کم، مثل گل‌ها که بیشتر از راه آوندهای آبکش تغذیه می‌شوند، کم است. از سوی دیگر، تعرق کم، خطر کاهش غلظت کلسیم بافتی را به زیر حد بحرانی افزایش می‌دهد. بنابراین عوارض ناشی از کمبود کلسیم در اندام‌های با میزان تعرق کم، همچون گل‌ها، به‌طور فراوان به چشم می‌خورد (۵). یون کلسیم (Ca^{2+}) در قالب پکتات کلسیم به صورت پلی بین پروتئین‌های سطح غشاء و گروه‌های فسفولیپید می‌باشد و به حفظ ساختار غشاء کمک می‌کند. کلسیم اتصال عرضی پلی‌مرها را تسهیل می‌کند، به ویژه در لایه میانی باعث تشکیل شبکه‌ای از دیواره یاخته‌ای شده و مقاومت مکانیکی آن را افزایش می‌دهد (۲۰). فناوری نانو هنر دستکاری ماده‌ها در مقیاس اتمی و مولکولی با هدف در دست گرفتن کنترل آن‌ها در سطح مولکولی و اتمی و استفاده از ویژگی‌های آن‌ها در این سطح‌ها می‌باشد (۳۵). نانوذره‌ها ابعادی بین ۱ تا ۱۰ نانومتر، دارای ویژگی‌هایی از جمله نسبت سطح به حجم زیادتر، هدایت الکتریکی بهتر، کارایی بهتر و پیشرفته‌تر مانند رسانش هستند (۴۱). این ویژگی نانوذره‌ها سبب تسهیل جذب کودها (۲۶)، کاهش هزینه‌های حفظ محیط زیست (۲۴) و کنترل دقیق آزادسازی عنصرهای غذایی می‌شود (۱۳).

ماده‌های هیومیکی، پلیمری با وزن مولکولی زیاد (۲۵) که نتیجه تجزیه ماده‌های آلی خاک، پیت، لیگنین، زغال سنگ و غیره هستند (۱). ساختار شیمیایی این ماده‌ها به‌علت پیچیدگی مولکول‌ها به روشنی مشخص نیست (۳۱). ماده‌های هیومیکی دارای فعالیت‌های اکسین‌مانند و سایتوکنین‌مانند هستند. این ماده‌ها با قرار گرفتن در غشاء یاخته‌ای نه تنها جذب یک سری از عنصرها را بهبود می‌بخشند، بلکه به حفظ پایداری غشاء نیز کمک می‌کنند (۱). در خصوص روش اثر هیومیک‌اسید می‌توان آن را به دو دسته تقسیم کرد: اثر مستقیم آن که به عنوان یک ترکیب شبه هورمونی و اثر غیر مستقیم آن که به‌صورت افزایش جذب عنصرهای غذایی از راه ویژگی کلات‌کنندگی و احیاکنندگی و حفظ نفوذپذیری غشاء و افزایش سوخت‌وساز ریزانداموارهها در خاک، بهبود وضعیت فیزیکی خاک و افزایش رشد ریشه و ساقه است (۲). هیومیک‌اسید با دخالت در ساخت پروتئین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و واکنش‌های آنزیمی، رشد را در گیاه تحریک می‌کند (۴۱).

اثر هیومیک‌اسید (صفر، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در محلول غذایی بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک ژربرا (*Gerbera jamesonii* cv. Malibu)، توسط Nikbakht و همکاران (۳۰) بررسی شد. نتیجه‌ها نشان داد که کاربرد غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش انباشت کلسیم در برگ و ساقه گلدهنده شد، از سوی دیگر، عارضه خمیدگی گردن در ژربرا نیز نسبت به شاهد، کاهش یافت. شاهسون مارکده و چمنی (۲) اثر غلظت‌های صفر، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و زمان‌های مختلف کاربرد هیومیک‌اسید بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل بریدنی شب‌بو (*Matthiola incana* cv. Hanza) را بررسی و مشاهده نمودند که غلظت‌های مختلف هیومیک‌اسید، اثر مثبت معنی‌داری بر شمار برگ و طول گیاه داشت و منجر به افزایش چشمگیر آن‌ها شد. هم‌چنین غلظت‌های مختلف هیومیک‌اسید سبب کاهش شمار روز تا گلدهی نسبت به شاهد شد (۲). بالازاده و حسن‌پور اصیل (۱) تاثیر هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم را بر رشد و گلدهی گل داوودی (*Chrysanthemum morifolium* cv. Chinita) مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش، هیومیک‌اسید به صورت محلول‌پاشی در غلظت‌های (صفر، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و نانوکلات کلسیم در غلظت‌های (صفر، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر) استفاده شد. کاربرد هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم باعث افزایش چشمگیر در قطر گل، وزن تر شاخساره، وزن خشک ساقه، سطح برگ و طول ساقه شد (۱). کاربرد هیومیک‌اسید موجب افزایش مقدار آنزیم آلفا آمیلاز، قندهای محلول و مقدار آنتوسیانین در گل‌های لیلیوم شد، افزون بر این، کاربرد هیومیک‌اسید منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در سوسن (*Lilium longiflorum*) شد (۳۳). در پژوهشی اثر کلسیم و تنظیم کننده رشد IBA بر ویژگی‌های کمی و کیفی دو رقم سوسن بررسی و مشاهده شد که بیشترین سطح برگ، وزن تر و خشک گیاه، کم‌ترین سوختگی برگ و مقدار اتیلن تولید شده و همچنین کم‌ترین نفوذپذیری یاخته در برگ، ساقه و گل در غلظت ۲ میلی‌مولار نیترات کلسیم و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد (۴). افزایش قطر گل و ساقه گلدهنده و افزایش چشمگیر عمر گلجایی نسبت به شاهد در اثر کاربرد کلسیم توسط Nazari Deljou و Gholipour (۲۹) گزارش شد.

ژربرا در حال حاضر جز ۱۰ گل بریدنی مهم دنیا و ایران محسوب می‌شود. یکی از مهم‌ترین دشواری‌های این گل، خمیدگی گردن می‌باشد. خمیدگی گردن در اثر تعداد گل زیاد، ساقه فاقد استحکام کافی، میزان کم ماده‌های خشک و میزان کم آب گل ایجاد

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

می‌شود (۱۵). با توجه به اثرهای هیومیک‌اسید و کلسیم بر ویژگی‌های رشدی، سیستم آنتی اکسیدانی و عمر گلجایی گیاهان، پژوهشی بر مبنای تاثیر هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم بر ویژگی‌های رشدی و زیست‌شیمیایی گل ژربرا انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش نشاء کشت بافتی ژربرا رقم دانی[۱] در گلدان‌هایی با حجم ۷ لیتر و ارتفاع و قطر دهانه به‌ترتیب ۱۹ و ۲۴ سانتی‌متر در شرایط هیدروپونیک در بستری آمیخته از پیت‌ماس (۶۵٪)، پرلایت (۳۰٪) و کوکوپیت (۵٪) در گلخانه‌های پژوهشی و تولیدی دانشگاه ارومیه کشت شدند. دمای روزانه گلخانه ۲۵ تا ۲۰ و دمای شب ۱۶ تا ۱۳ درجه سلسیوس و شدت نور $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ۴۰۰- ۵۰۰ بود. تغذیه نیز سه بار در هفته و بر اساس ترکیب محلول غذایی که در جدول ۱ آورده شده است، انجام شد. لازم به ذکر است که عنصرهای کم‌مصرف نیز با غلظت مشخص به محلول غذایی افزوده می‌شدند. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار که هر تکرار شامل سه گلدان و هر گلدان حاوی یک گیاه بود، اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل، فاکتور اول، چهار سطح مختلف هیومیک‌اسید از منبع لئوناردیت ۸۵٪ (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌صورت کاربرد در محیط کشت و فاکتور دوم، چهار سطح مختلف نانوکلات کلسیم ۷٪ (خضرا، شرکت صدور احرار شرق) (صفر، ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر) به‌صورت محلول‌پاشی بودند. در پایان شاخص‌های وزن تر و خشک گل به کمک ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم)، شمار برگ با شمارش و سطح پهنک برگ به کمک دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area Meter. Am200) (لازم به ذکر است که به‌دلیل این‌که برجستگی قسمت دمبرگ مانع اندازه‌گیری دقیق سطح برگ می‌شد به همین دلیل این قسمت حذف شد و فقط سطح پهنک برگ در اندازه‌گیری لحاظ شد)، زمان غنچه تا شکوفایی کامل، ماندگاری گل روی بوته و عمر گلجایی (زمان پایان عمر گل، وقتی که ۳۰٪ گل‌های زبانه‌ای پژمرده شدند، تعیین شد)، اندازه‌گیری شد (۲۰).

به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی از جمله کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز ابتدا عصاره گیاهی تهیه شد. بدین صورت که ۰/۵ گرم برگ توسط ۵ میلی‌لیتر بافر استخراج با pH: 7.5 (شامل بافر تریس ۵۰ میلی‌مولار ، ۳ میلی مولار کلرید منیزیم و ۱ میلی‌مولار EDTA) ساییده شد (۲۳). بافر استخراج برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز شامل ۰/۲ میلی‌مولار آسکوربات نیز بود. محلول همگن حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. بخش رونشین حاصل به‌عنوان عصاره خام برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار گرفت (۲۳). فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از روش Aebi (۸) در طول موج ۲۴۰ نانومتر، فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز با استفاده از روش Upadhyaya و همکاران (۴۲) در طول موج ۴۲۰ نانومتر و فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز با استفاده از روش Nakano و Asada (۲۷) در طول موج ۲۹۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

واکاوی آماری داده‌ها توسط نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک و پنج درصد انجام گرفت.

جدول ۱- برنامه غذایی مورد استفاده برای ژربرا برای ۱۰۰۰ لیتر.

Table 1. Nutritional program used for gerbera for 1000 L.

نیترات منیزیم $Mg(NO_3)_2$	نیترات پتاسیم KNO_3	نیترات آمونیم NH_4NO_3	مونوآمونیم فسفات MAP	سولفات پتاسیم K_2SO_4	کلات آهن ۶ درصد Fe chelate 6%	نیترات کلسیم-نیترات آمونیم $5Ca(NO_3)_2$-NH_4NO_3. 10H2O
210 g	493 g	100 g	115 g	87 g	20 g	75 g

۱- Dune

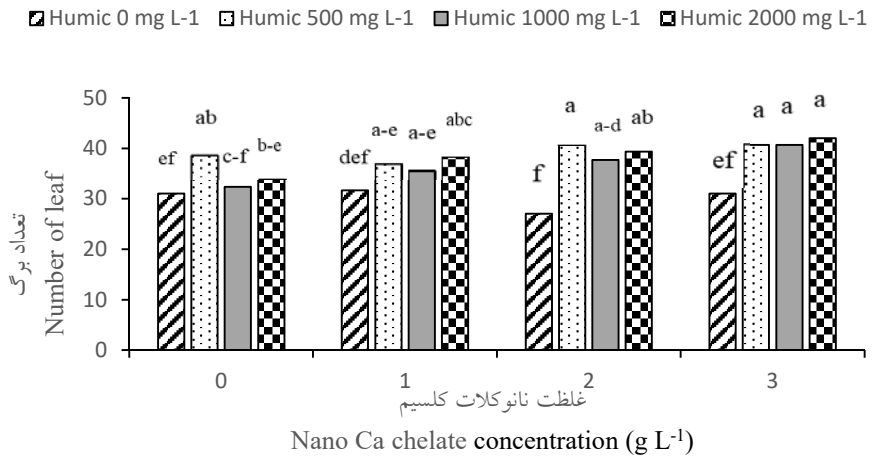
[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

نتایج و بحث

شمار و سطح برگ

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم باعث افزایش معنی‌دار شمار برگ نسبت به شاهد شد به‌طوری‌که بیشترین شمار برگ (۴۲ عدد) در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید و ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد (شکل ۱). هر چند که با تیمارهای دیگر کاربرد هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم اختلاف معنی‌داری نداشتند. کمترین شمار برگ (۲۷ عدد) در غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد. هر چند که با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید و غلظت‌های صفر، ۱ و ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم اختلاف معنی‌داری نداشت.



شکل ۱- برهمکنش غلظت‌های مختلف هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم بر شمار برگ گل شاخه بریدنی ژربرا رقم دانی. میانگین‌های با حرف‌های مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Fig. 1. Interaction effects of different concentrations of humic acid and nano-calcium chelate on number of leaves in *Gerbera jamesonii* cv. Dune. Means with similar letters are not significantly different at 1% level of probability using Duncan's multiple range tests.

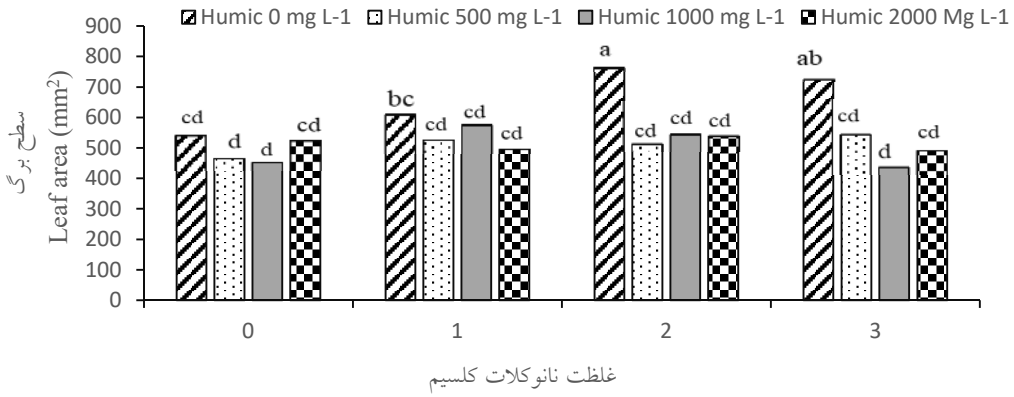
نتیجه‌های حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم بیانگر این موضوع است که هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم در مراحل رشد گیاه باعث افزایش سطح برگ نسبت به شاهد شدند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار سطح پهنک برگ (۷۶۴/۶۸ میلی‌متر مربع) در غلظت هیومیک‌اسید صفر و غلظت ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم بود که با غلظت هیومیک‌اسید صفر و ۳ گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. کمترین مقدار سطح پهنک برگ (۴۳۹/۸۱ میلی‌متر مربع) در تیمار هیومیک‌اسید ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم به دست آمد، اما اختلاف معنی‌داری بین سایر غلظت‌ها از نظر آماری وجود نداشت (شکل۲).

تشکیل کمپلکس بین هیومیک‌اسید و یون‌های معدنی، تأثیر هیومیک‌اسید بر نورساخت از راه افزایش عمر بافت‌های فتوسنتز کننده، جذب CO_2، افزایش سطح تولید ATP، سرعت بخشیدن به تنفس میتوکندری، تحریک سوخت و ساز اسید نوکلئیک و فعالیت شبه سایتوکینینی، شبه جیبرلین و شبه اکسینی هیومیک‌اسید از جمله فرضیه‌های مؤثر برای بیان اثر هیومیک‌اسید بر ویژگی‌های رشدی گیاهان است (۴۳). بهبود پارامترهای رشد رویشی مانند رشد ساقه، ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک و غیره در اثر کاربرد هیومیک اسید توسط دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است. مشاهیری و حسن‌پور اصیل (۶) در گل نرگس و Fan و همکاران (۱۹) در گل داوودی نشان دادند که کاربرد هیومیک اسید باعث افزایش ارتفاع ساقه، سطح برگ و بهبود نرخ رشد می‌شود و گیاهان تیمار شده بزرگ‌تر از گیاهان تیمار نشده بودند. افزایش سطح برگ ممکن است به‌دلیل افزایش تقسیم یاخته‌ای و بزرگ شدن یاخته‌ای القا شده

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

توسط واکنش بین کلسیم و اکسین باشد (۱۸) عدم تاثیر چشمگیر هیومیک‌اسید بر سطح برگ گیاه مورد مطالعه در پژوهش حاضر می‌تواند به علت تاثیر این ماده بر شمار برگ باشد. افزایش شمار برگ به‌احتمال فرصت کافی برای افزایش سطح برگ توسط گیاه را محدود کرده است.



شکل ۲- برهمکنش غلظت‌های مختلف هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم بر سطح برگ گل شاخه بریدنی ژربرا رقم دانی. میانگین‌های با حرف‌های مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Fig. 2. Interaction effects of different concentrations of humic acid and nano- calcium chelate on leaf area of *Gerbera jamesonii* cv. Dune. Means with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using Duncan's multiple range tests.

قطر گل

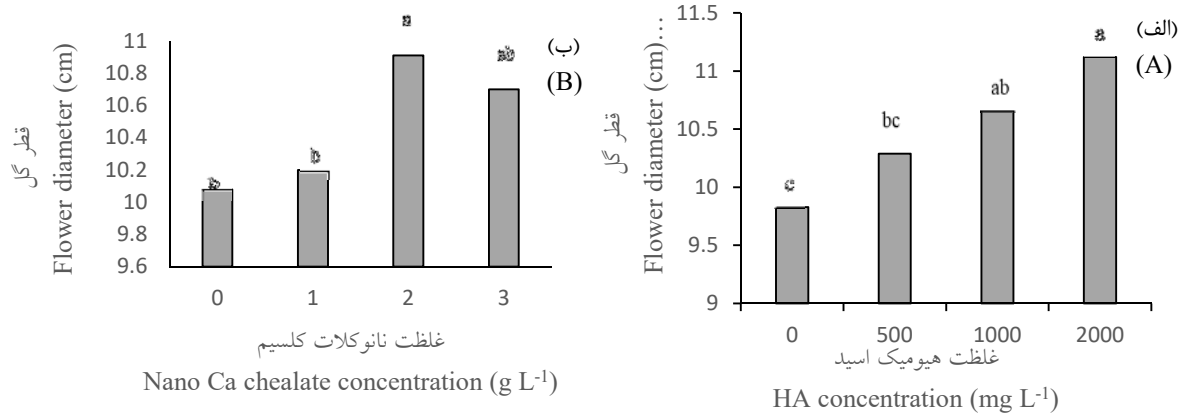
نتیجه‌های حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرهای اصلی هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم در سطح احتمال ۱٪ بر قطر گل معنی‌دار بود. اما برهمکنش آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نگردید. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت هیومیک‌اسید قطر گل افزایش یافت به‌طوری که بیشترین و کمترین قطر گل (۱۱/۱۲ و ۹/۸۳ سانتی‌متر) به‌ترتیب در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید و تیمار شاهد (بدون کاربرد هیومیک‌اسید) دیده شد (شکل ۳- الف).

کاربرد نانوکلات کلسیم نیز منجر به افزایش قطر گل شد. بیشترین قطر گل (۱۰/۹۱ سانتی‌متر) در غلظت ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم به‌دست آمد که با غلظت ۳ گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار آن (۱۰/۰۸ سانتی‌متر) نیز در تیمار شاهد (بدون کاربرد نانوکلات کلسیم) به‌دست آمد (شکل ۳- ب).

همانطور که در شکل‌ها مشاهده می‌شود هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم باعث بهبود افزایش قطر گل ژربرا نسبت به شاهد گردیدند. اثر مثبت هیومیک‌اسید بر ویژگی‌های رشدی گیاه می‌تواند به‌دلیل اثر مستقیم شبه‌هورمونی آن یا اثر غیرمستقیم آن بر افزایش جذب عنصرها به‌ویژه کلسیم باشد که به افزایش مقاومت مکانیکی دیواره یاخته‌ای و ثبات بیشتر غشای یاخته‌ای منجر می‌شود (۳۰). با توجه به اثر شبه اکسینی هیومیک‌اسید که باعث تقسیم یاخته‌ای می‌شود افزایش قطر گل در این پژوهش دور از انتظار نیست. کلسیم به فعالیت هورمون اکسین کمک کرده و سبب تقسیم یاخته‌ای و افزایش طول یاخته‌ها می‌شود (۱۸) که این امر می‌تواند علت افزایش قطر گل در پژوهش حاضر باشد. افزایش قطر گل در اثر کاربرد اسید هومیک توسط طالبی (۳) نیز گزارش شده است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

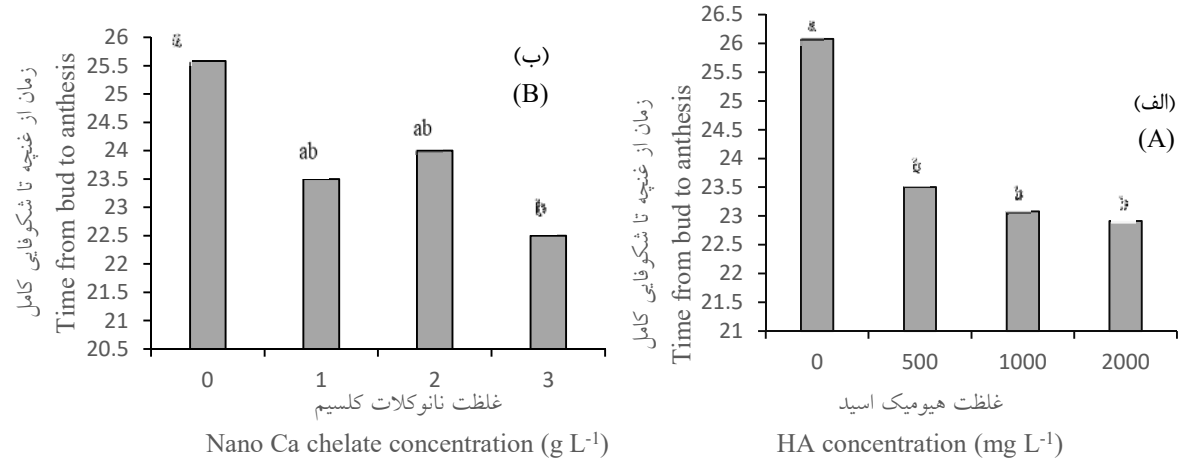


شکل ۳- تاثیر غلظت‌های مختلف هیومیک‌اسید (a) و نانوکلات کلسیم (b) بر قطر گل بریدنی ژربرا رقم دانی. میانگین‌های با حرف‌های مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Fig. 3. Effect of different concentrations of humic acid (a) and nano- calcium chelate (b) on flower diameter of *Gerbera jamesonii* cv. Dune. Means with similar letters are not significantly different at 1% level of probability using Duncan's multiple range tests.

زمان از غنچه تا شکوفایی گل و ماندگاری گل روی بوته

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت هیومیک‌اسید، شمار روز تا شکوفایی گل کاهش یافت. به‌طوری که بیشترین و کمترین شمار روز تا شکوفایی کامل گل (۲۶/۰۸ و ۲۲/۹۱ روز) به‌ترتیب در شاهد و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید دیده شد. اما به‌طور کلی، اختلاف بین سه غلظت ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۴- الف). در کاربرد نانوکلات کلسیم فقط غلظت ۳ گرم در لیتر منجر به تسریع معنی‌دار در گلدهی شد، به‌طوری‌که بیشترین شمار روز تا شکوفایی کامل گل (۲۵/۵۸ روز) در شاهد و کمترین مقدار آن (۲۲/۵ روز) در غلظت ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم به دست آمد. (شکل ۴- ب).



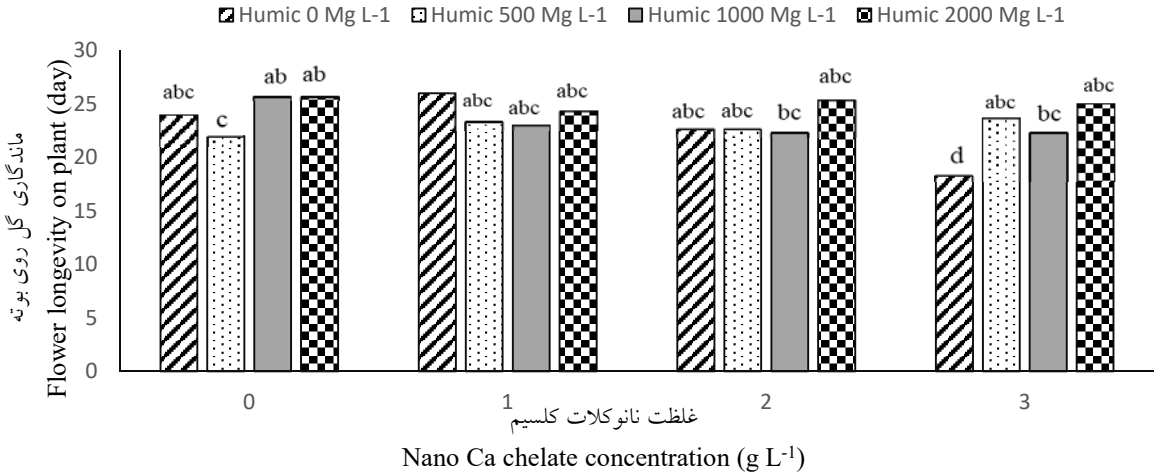
شکل ۴- تاثیر غلظت‌های مختلف هیومیک‌اسید (a) و نانوکلات کلسیم (b) بر شمار روز تا بازشدن کامل گل در گل شاخه‌بریدنی ژربرا رقم دانی. میانگین‌های با حرف‌های مشترک نشان دهنده نبود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Fig. 4. Effect of different concentrations of humic acid (a) and nano- calcium chelate (b) on time from bud to anthesis of *Gerbera jamesonii* cv. Dune. Means with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using Duncan's multiple range tests.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین عمر گل روی بوته (۲۶ روز) در تیمار بدون کاربرد هیومیک‌اسید و غلظت ۱ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد، هر چند که با بیشتر تیمارهای کاربرد نانوکلات کلسیم و هیومیک‌اسید اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار ماندگاری گل روی بوته (۱۸/۳۳ روز) در تیمار شاهد هیومیک‌اسید و غلظت ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد (شکل ۵). در غلظت‌های ۱ و ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم، هیومیک‌اسید تاثیر معنی‌داری در افزایش ماندگاری گل روی بوته ایجاد نکرد. اما در غلظت ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم، افزایش غلظت هیومیک‌اسید باعث افزایش ماندگاری گل روی بوته شد.



شکل ۵- برهمکنش غلظت‌های مختلف هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم بر عمر گل روی بوته ژربرا رقم دانی. میانگین‌های با حرف‌های مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Fig. 5. Interaction effects of different concentrations of humic acid and nano- calcium chelate on flower longevity on plant of *Gerbera jamesonii* cv. Dune. Means with similar letters are not significantly different at 1% level of probability using Duncan's multiple range tests.

در پژوهش انجام شده، هیومیک‌اسید باعث کاهش شمار روز از غنچه تا شکوفایی کامل نسبت به شاهد شد. کاهش شمار روز از غنچه تا شکوفایی کامل در اثر کاربرد هیومیک‌اسید می‌تواند به‌دلیل تاثیر این ماده بر رشد ریشه و جذب عنصرهای غذایی باشد، که باعث افزایش مقدار فتوسنتز و به دنبال آن افزایش مقدار کربوهیدرات‌ها شده و باز شدن کامل گل را سبب شود. عنصر کلسیم نیز در بهبود و نمو گلدهی و انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ‌ها موثر می‌باشد (۱۸)، با توجه به این، می‌توان گفت که کلسیم با تامین کربوهیدرات گیاه باعث شکوفایی سریع‌تر گل‌ها شده است.

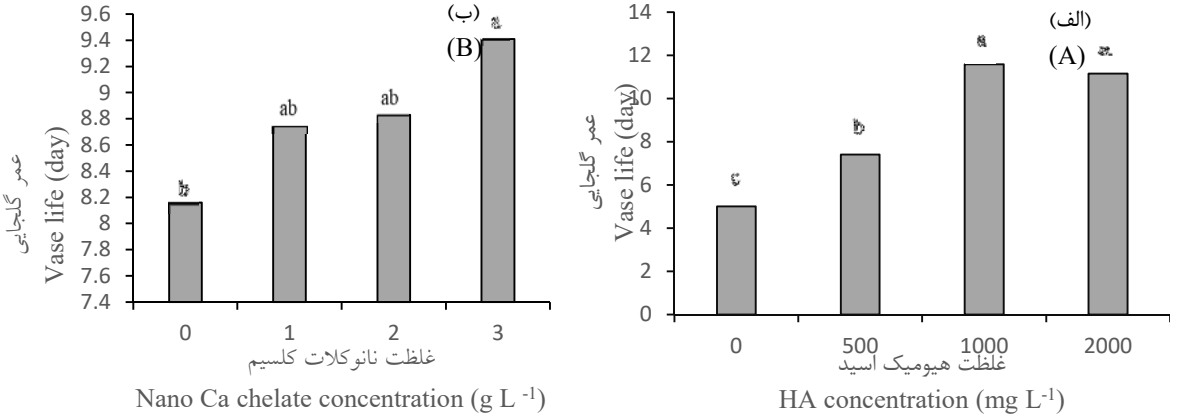
براساس رابطه نزدیک بین نشت یونی و دوام عمر گل (۲۸) و نقش کلسیم در استحکام دیواره یاخته‌ای و کاهش نشت یونی، به‌احتمال نانوکلات کلسیم از این راه منجر به افزایش عمر گل روی بوته شده‌اند. افزون بر این، هیومیک‌اسید دارای ویژگی‌های شبه سایتوکنینی می‌باشد (۴۳). سایتوکنین در به تاخیر انداختن پیری و تجزیه کلروفیل نقش دارد، هیومیک‌اسید جذب عنصرهایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم را افزایش می‌دهد (۲۰). تغذیه مناسب می‌تواند علت دیگری بر افزایش ماندگاری گل روی بوته باشد.

عمر گلجایی

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که افزایش غلظت هیومیک‌اسید باعث افزایش عمر گلجایی شد و غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید باعث افزایش دو برابری عمر گلجایی نسبت به شاهد شد هر چند که بین غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۶- الف). افزایش نانوکلات کلسیم نیز باعث افزایش عمر گلجایی شد هر چند که فقط غلظت ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین و کمترین عمر گلجایی (۹/۴۱ و

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

۸/۱۶ روز) به‌ترتیب در تیمار ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم و شاهد مشاهده شد (شکل ۶- ب). همانطور که مشاهده می‌شود بین غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم تفاوت معنی‌دار نبود.



شکل ۶- تاثیر غلظت‌های مختلف هیومیک‌اسید (a) و نانوکلات کلسیم (b) بر عمر گلجایی گل ژربرا رقم دانی. میانگین‌های با حرف‌های مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Fig. 6. Effect of different concentrations of humic acid (a) and nano- calcium chelate (b) on vase life of *Gerbera jamesonii* cv. Dune. Means with similar letters are not significantly different at 5% level of probability using Duncan's multiple range tests.

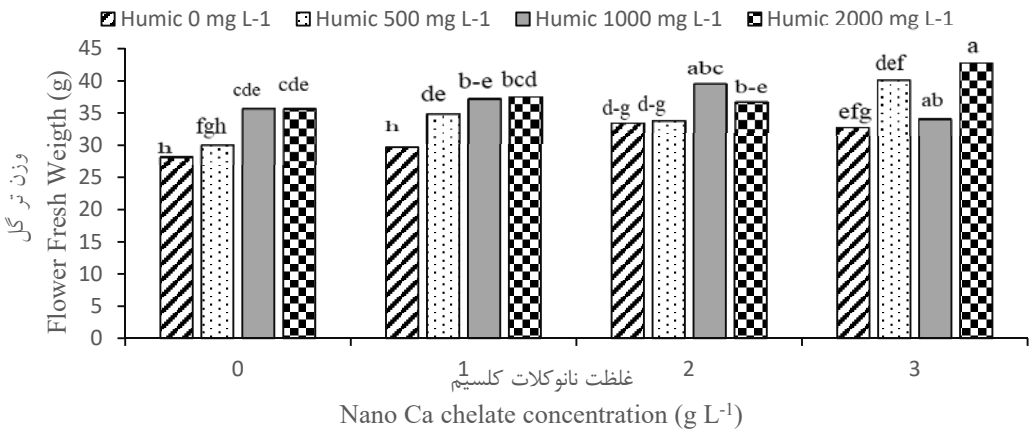
همانطور که در شکل‌ها مشاهده می‌شود هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم باعث افزایش عمر گلجایی نسبت به شاهد شدند. مشابه پژوهش حاضر، Ahmad و همکاران (۹) در گلایول تاثیر هیومیک‌اسید را بر افزایش عمر گلجایی گزارش کرده‌اند. اسیدهیومیک افزون بر بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و افزایش جذب عنصرهای غذایی مانند کلسیم که به عنوان عنصر مؤثر در افزایش کیفیت و دوام عمر گل شاخه بریده می‌باشد (۳۸)، به‌دلیل تاثیر در تنظیم فعالیت‌های آنتی اکسیدانی و سایر فعالیت‌های آنزیمی (۴۴) و نیز افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه (۳۳) باعث افزایش عمر گلجایی می‌شود. کلسیم در به تأخیر انداختن فرآیند پیری و افزایش عمر گل‌های بریدنی از راه سازوکارهای مختلف نقش ایفا می‌کند. اثر بازدارندگی کلسیم روی فعالیت ACC اکسیداز یکی از این سازوکارهاست که به دنبال آن تولید اتیلن به وسیله گلبرگ‌ها کاهش می‌یابد. فعالیت پمپ پروتونی موجود در غشا، افزایش وزن تر گل‌ها (۴۰)، افزایش جذب آب و کاهش تنفس در طول فرآیند پس از برداشت از جمله سازوکارهای کلسیم می‌باشد (۳۲). نیکبخت و همکاران (۷) دریافتند که در طول خمیدگی ساقه ژربرا، یاخته‌ها روی هم‌دیگر می‌افتند و آوندهای چوبی از حالت طبیعی خود خارج می‌شوند و منجر به از هم گسیختگی یاخته‌ها می‌شود. در نتیجه حرکت آب به سمت گل‌آذین مختل شده و منجر به پیری زودرس گل می‌شود. هر چه مقدار کلسیم موجود در دیواره بیشتر باشد عمر پس از برداشت گل بیشتر بوده و احتمال خمیدگی و پژمردگی گل پس از برداشت کمتر می‌شود.

وزن تر و خشک گل

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن تر گل (۴۲/۷۷ گرم) در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید و ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد هر چند که با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین وزن تر گل (۲۸/۲۷ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۷). با توجه به نتیجه‌های به‌دست آمده، کاربرد غلظت‌های مختلف نانوکلات کلسیم (بدون کاربرد هیومیک‌اسید) تاثیر معنی‌داری در افزایش وزن تر گل نداشت. از سوی دیگر در کاربرد هیومیک‌اسید به‌تنهایی (بدون نانوکلات کلسیم) در غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید بیشترین وزن تر گل مشاهده شد و این نشان‌دهنده تاثیر بیشتر هیومیک‌اسید نسبت به نانوکلات کلسیم می‌باشد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]

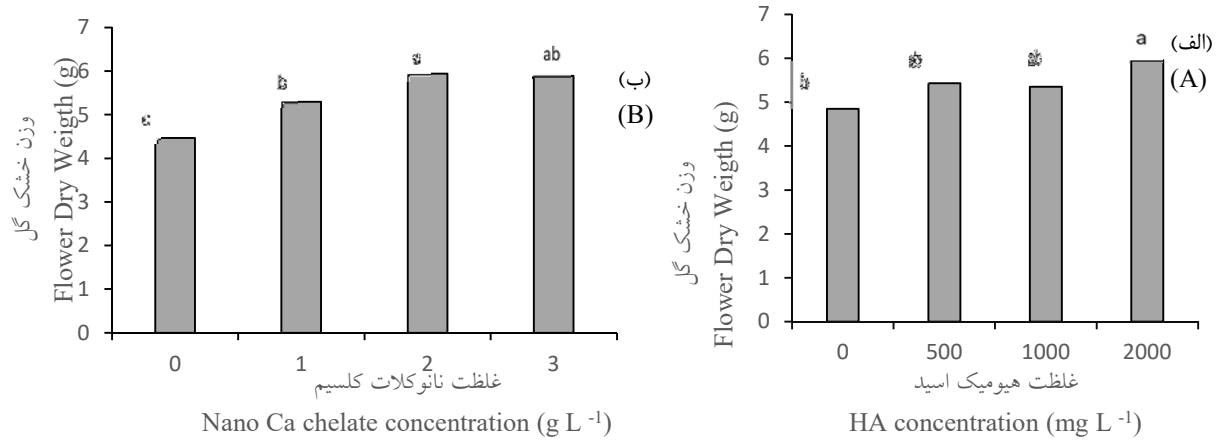
[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]



شکل ۷- برهمکنش غلظت‌های مختلف هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم بر وزن تر گل در گیاه ژربرا رقم دانی. میانگین‌های با حرف‌های مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Fig. 7. Interaction effects of different concentrations of humic acid and nano- calcium chelate on flower fresh weight of *Gerbera jamesonii* cv. Dune. Means with similar letters are not significantly different at 1% level of probability using Duncan's multiple range tests.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت هیومیک‌اسید وزن خشک گل افزایش یافت. به‌طوری که بیشترین وکمترین وزن خشک گل (۵/۹۵ و ۴/۸۵ گرم) به‌ترتیب در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید و تیمار شاهد دیده شد (شکل ۸- الف). کاربرد نانوکلات کلسیم نیز منجر به افزایش وزن خشک گل شد. بیشترین وزن خشک گل (۵/۹۴ گرم) در غلظت ۲ گرم در لیتر و کمترین مقدار آن (۴/۴۷ گرم) در نبود نانوکلات کلسیم به دست آمد (شکل ۸- ب).



شکل ۸- تاثیر غلظت‌های مختلف هیومیک‌اسید (a) و نانوکلات کلسیم (b) بر وزن خشک گل در گیاه ژربرا رقم دانی. میانگین‌های با حرف‌های مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Fig. 8. Effect of different concentrations of humic acid (a) and nano- calcium chelate (b) on flower dry weight of *Gerbera jamesonii* cv. Dune. Means with similar letters are not significantly different at 1% level of probability using Duncan's multiple range tests.

همان‌طور که اشاره شد، هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم باعث افزایش وزن تر و خشک گل نسبت به شاهد شدند. هیومیک‌اسید اثر شبه‌اکسینی دارد که باعث افزایش تقسیم یاخته‌ای می‌شود که می‌تواند دلیل بر افزایش وزن تر گل باشد. افزون بر این، هیومیک‌اسید جذب عنصرهای نیتروژن، پتاسیم، فسفر و منیزیم را افزایش می‌دهد که بهبود جذب عنصرها توسط هیومیک‌اسید و

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

حفظ و توازن آب توسط کلسیم به احتمال، علت افزایش وزن تر گل در مطالعه حاضر می‌باشد. هیومیک‌اسید در مقدار فتوسنتز (به‌دلیل افزایش کلروفیل) نقش دارد، افزایش فتوسنتز به نوبه خود باعث افزایش مقدار کربوهیدرات در گیاه شده و در نتیجه وزن خشک گیاه افزایش می‌یابد. عنصر کلسیم در ساخت پروتئین‌های میتوکندری دخیل است. میتوکندری در تنفس هوازی و انتقال فعال شمار زیادی از عنصرها نقش دارد (۲۲). می‌توان نتیجه گرفت که بین جذب عنصرها و کلسیم ارتباط مثبتی وجود دارد. کلسیم با جلوگیری از تجزیه کلروفیل و پروتین‌ها می‌تواند باعث افزایش رشد و در نتیجه افزایش وزن خشک شود. به احتمال دخیل بودن کلسیم در انتقال کربوهیدرات نیز علت دیگری در افزایش وزن خشک گل در این مطالعه شده است.

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

آنزیم کاتالاز

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار فعالیت کاتالاز (۸ میکرومولار بر دقیقه) در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید و بدون کاربرد نانوکلات کلسیم و کمترین مقدار آن نیز در تیمارهای بدون کاربرد هیومیک‌اسید و غلظت‌های صفر، ۱ و ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد (جدول ۲). در کاربرد هیومیک‌اسید به تنهایی، افزایش غلظت هیومیک‌اسید باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز شد، هر چند که غلظت‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند.

جدول ۲- برهمکنش غلظت‌های مختلف هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم بر مقدار فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز ژربرا رقم دانی.

Table 2. Interaction effects of different concentrations of humic acid and nano- calcium chelate on catalase, ascorbate peroxidase, and guayacol peroxidase activity of *Gerbera jamesonii* cv. Dune.

اسید هیومیک Humic acid (mg L^{-1})	نانوکلات کلسیم (گرم بر لیتر) Nano- calcium chelate (g L^{-1})	کاتالاز catalase (µM/min g FW)	آسکوربات پراکسیداز ascorbate peroxidase (µM/min g FW)	گایاکول پراکسیداز guayacol peroxidase (µM/min g FW)
0	0†	1.33^{e}	0.025^{f}	4^{cd}
	1	3^{de}	0.027^{f}	2.33^{d}
	2	1.33^{3}	0.086^{f}	7^{ab}
	3	5.33^{a-d}	0.023^{f}	4^{cd}
500	0	6.66^{abc}	3.03^{abc}	4^{cd}
	1	7.33^{ab}	2.06^{cde}	3.13^{d}
	2	7^{abc}	3.83^{a}	4.06^{cd}
	3	7.33^{ab}	2.96^{abc}	4.36^{bcd}
1000	0	8^{a}	3.13^{ab}	4^{cd}
	1	7.33^{ab}	1.53^{de}	1.66^{d}
	2	5^{ab}	2.43^{bcd}	6.33^{abc}
	3	7.33^{ab}	1.24^{e}	3.36^{d}
2000	0	5.33^{a-d}	1.96^{de}	2.6^{d}
	1	4.33^{cd}	2.12^{cde}	7.16^{a}
	2	7.66^{ab}	2.13^{cde}	3.83^{cd}
	3	7.33^{ab}	2.83^{bcd}	2^{d}

††Means with similar letters are not significantly different at 1% level of probability using Duncan's multiple range tests.

میانگین‌های داری حرف‌های مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

آنزیم آسکوربات پراکسیداز

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (۳/۸۳ میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن تر) در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم و کمترین مقدار آن (۰/۰۲۳ میکرومول بر دقیقه

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

بر گرم وزن تر) در تیمار بدون کاربرد هیومیک‌اسید و ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد (جدول ۲). در تیمارهای با غلظت‌های مختلف نانوکلات کلسیم و بدون کاربرد هیومیک‌اسید، مقدار فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در کمترین حد ممکن بود و تفاوت معنی‌داری هم بین آن‌ها مشاهده نشد.

آنزیم گایاکول‌پراکسیداز

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (۷/۱۶ میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن تر) در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید و غلظت ۱ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد که با تیمار صفر و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید همراه با ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار آن (۱/۶۶ میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن تر) در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید و ۱ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد که با بقیه تیمارهای به کار برده شده تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). نتیجه‌ها نشان داد که افزایش غلظت نانوکلات کلسیم و هیومیک‌اسید روند مشخصی در افزایش مقدار فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز ایجاد نکردند.

کاربرد هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم در پژوهش انجام شده باعث بهبود آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نسبت به شاهد شد. گیاهان از طریق دو سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی (پراکسیدازها و کاتالازها) و غیر آنزیمی (کارتنوئیدها و ترکیب‌های فنولی) یاخته‌ها را در برابر اثرهای سمی گونه‌های فعال اکسیژن محافظت می‌کنند (۱۷). مشابه نتیجه‌های به‌دست آمده از این پژوهش، طالبی (۳) نیز بیان کرد که کاربرد هیومیک‌اسید در ورد سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود. می‌توان این‌گونه توجیه کرد که کاربرد هیومیک‌اسید سبب بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و افزایش جذب عنصرهای غذایی می‌شود که این خود منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌گردد (۳۸) فعالیت این آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌تواند مربوط به نقش عملکردی هیومیک‌اسید به عنوان آنتی‌اکسیدان و فعالیت شبه‌اکسینی آن (۱۲) یا توانایی هیومیک‌اسید به‌عنوان جاروبگر و غیرفعال‌کننده گونه‌های اکسیژن فعال باشد (۱۱). پژوهشگران گزارش کردند که هیومیک‌اسید منجر به افزایش ترکیب‌های فنولی می‌شود (۱۶) و انباشت ترکیب‌های فنولی نیز به نوبه خود فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی را تحریک می‌نماید (۳۴). افزون بر این، ترکیب‌های فنولی نقش مهمی در تمایز ریشه‌ها دارند (۱۴) و احتمال می‌رود داشتن سیستم ریشه‌ای مناسب با افزایش سیستم آنتی‌اکسیدانی مرتبط باشد. کلسیم اثرهای مهمی روی چندین فرآیند فیزیولوژیکی در گیاه از جمله فعالیت‌های آنزیمی دارد. رادیکال‌های آزاد ترکیب‌هایی با الکترون آزاد و جفت نشده ناپایدار هستند که کلسیم به عنوان یک کاتیون می‌تواند بار مثبت لازم برای خنثی شدن رادیکال‌های آزاد را فراهم کند و خسارت ناشی از فعالیت رادیکال‌های آزاد را کاهش دهد و به فعالیت آنتی‌اکسیدانی یاخته کمک کند. مشابه نتیجه‌های به دست آمده از این پژوهش، Siddiqui و همکاران (۳۷) نیز افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله کاتالاز را در اثر کاربرد کلسیم گزارش کردند. کلسیم به‌عنوان یک پیام‌رسان ثانویه محرک‌های محیطی عمل می‌کند و پروتئین‌های شبه‌کالمودولین را که با یون‌های کلسیم واکنش می‌دهند، تحریک می‌کند. تغییر در ساختار پروتئین‌های کالمودولین در نتیجه پیوند با یون‌های کلسیم، یک سری سازوکارها شامل انتقال یون، بیان ژن، حرکت یاخته‌ای، رشد، تکثیر و مقاومت به تنش از راه فعال کردن سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی را سبب می‌شود (۲۱) و در نتیجه با کاربرد مناسب آن می‌توان، باعث بهبود مقاومت گیاهان به تنش های محیطی شد.

نتیجه گیری

به‌طور کلی، از این پژوهش نتیجه گرفته شد که کاربرد هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم به‌طور چشمگیری عمر گلجایی و ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی گل بریدنی ژربرا را بهبود می‌بخشد، به‌طوری‌که غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید و ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم در بهبود این شاخص‌ها موثرتر عمل کردند.

منابع References

۱. بالازاده، س. و م. حسن‌پور اصیل. ۱۳۹۳. اثر هیومیک‌اسید و نانوکلات کلسیم بر رشد و نمو گل داوودی (*Chrysanthemum morifolium*). کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی ، منابع طبیعی، تبریز- ایران.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

۲. شاهسون مارکده، م. و الف. چمنی. ۱۳۹۳. تاثیر غلظت و زمان‌های مختلف کاربرد هیومیک‌اسید بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل بریده شب بو "رقم Hanza".مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۱۵۷-۱۷۰ :۱۹.
۳. طالبی، پ. ۱۳۹۵. تاثیر اسید سالسیلیک و هیومیک‌اسید بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گل رز مینیاتور رقم هفت رنگ. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه ارومیه، ۱۰۲ ص.
۴. کریمی، و.، ع.ا. حاتم‌زاده، م. حسن پور و ح.ا. سمیع‌زاده. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر تغذیه نیترات کلسیم و تنظیم کننده رشد IBA بر خصوصیات کمی و کیفی دو رقم سوسن. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۸۹- ۷۹: (۱) ۴۳.
۵. کیانی، ش. و ک. میرزاشاهی. ۱۳۹۰ . تاثیر تغذیه برگی قبل از برداشت با مقادیر و منابع مختلف کلسیم بر عملکرد و کیفیت گل بریده رز رقم ایلونا. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۷۹-۸۹: (۷)۲.

۶. مشاهیری، ی. و م. حسن پور اصیل. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر جیبرلیک اسید و هیومیک اسید بر برخی صفات رشدی گل نرگس رقم ژرمن (*Narcissus jonquilla* cv. German). علوم باغبانی ایران. ۸۸۶- ۸۷۵ : (۴)۴۸.
۷. نیکبخت، ع.و.، م. کافی، ن. اعتمادی، ح. ابراهیم‌زاده و ی. پینگ‌شی. ۱۳۸۶. اثر هیومیک‌اسید بر جذب کلسیم و رفتار فیزیولوژیکی پس از برداشت گل ژربرا. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۲۴۸-۲۳۷: (۸)۴.

8. Aebi, H. 1984. Catalase *in vitro*. Method. Enzymol. 105:121- 126.
9. Ahmad, I., R.U. Saqib, M. Qasim, M. Saleem, A.S. Khan and M. Yaseen. 2013. Humic acid and cultivar effects on growth, yield, vase life and corm characteristics of gladiolus. Chil. J. Agr. Res. 73(4):339-344.
10. Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. 2007. Handbook of Plant Nutrition. Taylor and Francis Group, Pp. 122-125.
11. Bailly, C. 2004. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed Sci. Res. 14(2):93–107.
12. Cordeiro, F.C., C. Santa-Catarina, V. Silveira and S.R. De Souza. 2011. Humic acid effect on catalase activity and the generation of reactive oxygen species in corn (*Zea mays*). Biosci. Biotechnol. Biochem. 75(1):70–74.
13. Cui, H., C. Sun, Q. Liu, J. Jiang and W. Gu. 2006. Applications of nanotechnology in agrochemical formulation, perspectives, challenges and strategies. Chinese Academy of Agricultural Sciences. Beijing. China. Pp. 1-6.
14. Dash, G.K., S.K. Senapati and G.R. Rout. 2011. Effect of auxins on adventitious root development from nodal cuttings of *Saraca asoka* (Roxb.) de Wilde and associated biochemical changes. J. Hort. Forest. 3(10):320–326.
15. Danaee, E., M. Salehi and P. Moradi. 2010. Effect of GA_3 and BA on postharvest quality and vase life of gerbera (*Gerbera jamesonii*. cv. Good Timing) cut flowers. Hort. Environ. Biotech. 52(2):140-144.
16. Elmongy, M.S., H. Zhou, Y. Cao, B. Liu and Y. Xia. 2018. The effect of humic acid on endogenous hormone levels and antioxidant enzyme activity during *in vitro* rooting of evergreen azalea. Sci. Hort. 227:234-243.
17. El-Tayeb, M.A. and N.L. El-Enany. 2006. Salicylic acid-induced adaptive response to copper stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Plant Growth Regul. 50:191-199.
18. Fageria, N.K. 2009. The use of nutrients in crop plants. CRC Press, Boca Raton. FL. USA. 430 p.
19. Fan, H.M., X.W. Wang and X. Sun. 2014. Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. Sci. Hort. 177:118-123.
20. Haghighi, M., A. Nikbakht, Y.P. Xia and M. Pessarakli. 2014. Influence of humic acid in diluted nutrient solution on growth, nutrient efficiency, and postharvest attributes of gerbera. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 45:177- 188.
21. Jiang, Y. and B. Huang. 2001. Effect of calcium on antioxidant activities and water relations associated with heat tolerance in two cool-season grasses. J. Exp. Bot. 52(355):341-349.
22. Jing, W.X., Ch. Danshjeng, L. Nianghui, W. Jingming and D. Youxiong. 2004. Effect of calcium chloride on preservation of cut flowers of *Gerbera hybrida*. Acta Bot. Yunn. 26:345-348.
23. Kang, H.M. and M.E. Saltveit. 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling leaves and roots and differentially affected by salicylic acid. Plant Physiol. 115:571-576.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

24. Mohammadi, Kh. 2015. Grain oil and fatty acids composition of soybean affected by nano-iron chelate, chemical fertilizers and farmyard manure. Arch. Agron. Soil Sci. 61(11):1593-1600.
25. Muscolo, A., M. Sidari, O. Francioso, V. Tugnoli and S. Nardi. 2007. The auxin- like activity of humic substances is related to membrane interactions in carrot cell cultures. J. Chem. Ecol. 33:115- 129.
26. Nadi, E., A. Ayenehband and M. Mojaddam 2013. Effect of nano-iron chelate fertilizer on grain yield, protein percent and chlorophyll content of Faba bean *(Vicia faba* L.). Int. J. Biosci. 3(9):267-272.
27. Nakano, Y. and K. Asada. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. J. Plant Cell Physiol. 22:867- 880.
28. Nazari Deljou, M.J., M. Pour Youssef, R. Karamian and H. Jaberian Hamedani. 2012. Effect of cultivar on water relations and postharvest quality of gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex. Hook f.) cut flower. World Appl. Sci. J. 18(5):698-703.
29. Nazari Deljou, M.J. and K. Gholipour. 2014. Effect of pre and post anthesis foliar application of calcium on postharvest quality of Gerbera cut flower. Acta Hort. 1034(68):539-543.
30. Nikhbakhat, A., M. Kafi, M. Babalar, Y.P. Xia, A. Luo and N. Etemadi. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake and postharvest of Gerbera. J. Plant Nutr. 31:2155–2167.
31. Noroozisharaf, A. and M. Kaviani. 2018. Effect of soil application of humic acid on nutrients uptake, essential oil and chemical compositions of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) under greenhouse conditions. Physiol. Mol. Biol. Plant. 24(3):423-431.
32. Nowark, J. and R.M. Rudnicki. 1990. Postharvest and storage of cut flowers, florist greens and potted plant. Portland: Timber Press. 210 p.
33. Parandian, F. and S. Samavat. 2012. Effects of Fulvic and Humic acid on Anthocyanin, soluble sugar,α-amylase enzyme and some micronurient elements in Lilium. Int. Res. J. Appl. Basic Sci. 3(5):924-929.
34. Porfiro, S., M.L. Calado, C. Noceda, M.J. Cabrita, M.G. Da Silva, P. Azadi and A. Peixe. 2016. Tracking biochemical changes during adventitious root formation in olive (*Olea europaea* L.). Sci. Hort. 204:41–53.
35. Roosta, H.R., M. Jalali and S.M.A. Vakili Shahrbabaki. 2015. Effect of nano Fe-chelate, Fe-EDDHA and $FeSO_4$ on vegetative growth, physiological parameters and some nutrient elements concentrations of four varieties of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in NFT system. J. Plant Nutr. 38(14):2176-2184.
36. Soad, M.M.I., S. Ibrahim, L. Taha, R. Taha and E. Eid. 2011. Extending postharvest life and Keeping quality of gerbera cut-flowers using some chemical preservatives. J. Agr. Sci. Res. 7(7):1233-1239.
37. Siddiqui, M.H., M.H. Al-Whaibi, M. Sakaran, M.O. Basalah and H.M. Ali. 2012. Effect of calcium and potassium on antioxidant system of vicia faba L. under cadmium stress. Int. J. Mol. Sci. 13:6604-6619.
38. Tabatabaei, S.J. and J. Nazari. 2007. Influence of nutrient concentrations and NaCl salinity on the growth, photosynthesis and essential oil content of peppermint and lemon verbena. Turk. J. Agr. Forest. 31:245-253.
39. Tantawy, A.S., Y.A.M. Salama, A.M.R. Abdel-Mawgoud and A.A. Ghoname. 2014. Comparison of chelated calcium with nano calcium on alleviation of salinity negative effects on tomato plants. Mid. East J. 3(4):912-916.
40. Torre, S., A. Borochov and A.H. Halevy. 1999. Calcium regulation of senescence in rose petals. Plant Physiol. 107:214-219.
41. Türkmen, O., A. Dursun, M. Turan and Ç. Erdinç. 2007. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato *(Lycopersicon esculentum L.*) seedlings under saline soil conditions. Soil Plant Sci. 54:168-174.
42. Upadhyaya, A., D. Sankhla, T.D. Davis, N. Sankhla and B.N. Smidth. 1985. Effect of paclobutrazol on the activities of some enzymes of activated oxygen metabolism and lipid peroxidation in senescing soybean leaves. Plant Physiol. 121:453- 467.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

43. Youssef, A.A., M.H. Mahgoub and I.M. Talaat. 2004. Physiological and biochemical aspects of *Matthiola incana* L. plants under the effect of putrescine and kinetin treatments. Egypt. J. Appl. Sci. 19(9B):492-510.
44. Zhang, X.Z., and E.H. Ervin. 2004. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. Crop Sci. 5:1737-1745.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 20 (2): 157-170 (2019)
Research article

Investigation of Some Morphological and Biochemical Characteristics and Vase Life of *Gerbera jamesonii* cv. Dune Cut Flower Using Humic Acid and Nano Calcium Chelate

N. Mirzaie Esgandian, Z. Jabbarzadeh* and Mir H. Rasouli-Sadaghiani[1]

In order to investigate the interaction effects of humic acid and nano-calcium chelate on *Gerbera jamesonii* cv. Dune, an experiment was performed as factorial based on a completely randomized design with two factors and three replications in hydroponic conditions. First factor was included: humic acid in 4 concentrations of 0 (control), 500, 1000, and 2000 mg L^{-1} as drench and the second factor: nano-calcium chelate at 4 concentrations of 0 (control), 1, 2, and 3 g L^{-1} as foliar application. Indices such as number of leaves and leaf area, fresh and dry weight of inflorescence, vase life, time of bud to floral anthesis, flower longevity, and antioxidant enzymes activity were measured. Results showed that humic acid and nano-calcium chelate in comparison with the control increased the activity of antioxidant enzymes such as catalase, ascorbate peroxidase, and guayacol peroxidase about 7, 6, and 7 times, respectively. Vase life and flower longevity were affected by application of humic acid and nano-calcium chelate compared to the control as showed a 57 and 31% increasing, respectively. Flower diameter and flower stem diameter showed 20% increasing compared to control. With increasing the concentration of nano-calcium chelate, leaf area increased. The number of leaf was increased only with increasing the concentration of humic acid. Generally, application of both humic acid and nano-calcium chelate was effective on improving some characteristics of gerbera and approximately 2000 mg L^{-1} humic acid and 2 g L^{-1} nano-calcium chelate were more effective.

Keywords: Antioxidant enzymes, Flower longevity, Gerbera, Leaf area, Vase life.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-02]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7]

1. Former M.Sc. Student and Assistant Professor of Horticultural Science, and Professor of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (Z.Jabbarzadeh@urmia.ac.ir).