نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۷۲۵-۷۱۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.4, Winter 2020, P. 711-725
ISSN: 2008 - 4730

# تأثیر کاربرد اسیدفولویک و نانوکلات آهن بر گلدهی و عمر پس از برداشت گل ژربرا رقم دانی (*Gerbera jamesonii*)

سهیلا حاجی زاده[۱]- زهره جبارزاده[۲*] - میر حسن رسولی صدقیانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۵

## چکیده

به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف اسیدفولویک و نانوکلات آهن بر گلدهی و همچنین عمر پس از برداشت گل ژربرا رقم دانی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۹۷-۹۶ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل اسیدفولویک در ۴ سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر به‌صورت کاربرد خاکی و نانوکلات آهن در ۴ سطح صفر ، ۱، ۲ و ۴ گرم در لیتر به‌صورت محلول‌پاشی بود. آزمایش در شرایط گلخانه در گلدان و در محیط کشت هیدروپونیک اجرا شد. در این پژوهش شاخص‌های تعداد روز تا ظهور غنچه گل، طول ساقه گل‌دهنده، ماندگاری گل روی بوته، عمر گلجای، وزن تر و خشک گل و همچنین محتوای کلروفیل و کاروتنوئید مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که با افزایش غلظت نانوکلات آهن بیشترین وزن خشک گل بدست آمد ولی وزن تر گل تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. تیمار اسید فولویک ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بدون کاربرد نانوکلات آهن سبب زود گلدهی شد. محتوای کلروفیل (کلروفیل a، b و کلروفیل کل) و مقدار کاروتنوئید ژربرا با افزایش غلظت‌های اسیدفولویک و نانوکلات آهن در مقایسه با شاهد افزایش یافت. بیشترین ماندگاری گل روی بوته در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدفولویک به همراه ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن به دست آمد و در غلظت ۴ گرم در لیتر نانوکلات آهن تمامی غلظت‌های اسیدفولویک باعث افزایش معنی‌دار عمرگلجای نسبت به تیمار شاهد شدند. بطور کلی نتایج حاصل، بیانگر تأثیر مثبت این تیمارها بر بیشتر صفات اندازه‌گیری شده می‌باشد.

**واژه های کلیدی:** کاروتنوئید، کلروفیل، ماندگاری گل، وزن خشک گل

## مقدمه

گل ژربرا با نام علمی *Gerbera jamesonii* گیاهی متعلق به تیره کاسنی (Compositae) می‌باشد. تیره‌کاسنی یکی از مهم‌ترین تیره‌های گیاهی محسوب می‌شود که تعداد زیادی از گونه‌های مهم زینتی نظیر ابری، همیشه‌بهار، داوودی، جعفری، آهار و کوکب در آن جای دارند. ارزش ژربرا به‌دلیل گلبرگ‌های پرتوآسای زیبا در حاشیه بوده و گل‌های آن دارای دامنه متنوعی از رنگ‌ها شامل زرد، نارنجی، صورتی، قرمز، بنفش و سفید می‌باشد. این گیاه بومی جنوب کشورهای آفریقا، ماداگاسکار، آسیا و اندونزی می‌باشد (۱۱). ژربرا در حال حاضر جزء ۱۰ گل بریدنی مهم دنیا و ایران محسوب می‌شود (۱۵).

ترکیبات هوموسی مواد آلی، دارای دو نوع اسید آلی مهم به نام‌های اسیدهیومیک و اسیدفولویک و جزء هومین است (۹). ترکیبات هیومیکی نتیجه تجزیه مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره هستند که دارای فعالیت‌های اکسین‌مانند و سایتوکنین‌مانند هستند. ظاهراً این مواد با وزن مولکولی کم با قرار گرفتن در غشاء سلولی، نه تنها جذب یک سری از عناصر را بهبود می‌بخشند، بلکه به حفظ پایداری غشاء نیز کمک می‌کنند (۶). مواد هیومیکی کیفیت تولید گیاهان زینتی را افزایش داده و باعث کاهش مصرف کود می‌شوند (۱۲). اسیدفولویک یکی از این ترکیبات هیومیکی می‌باشد که اثرات سودمند بسیاری در افزایش مقاومت به خشکی، بهبود جذب مواد مغذی، ثبات pH و کاهش آبشویی کود دارد (۳۷). اسیدهای فولویک مجموعه‌ای از زنجیره‌های آلیفاتیک ضعیف و اسیدهای ارگانیک آروماتیک می‌باشند که در کلیه pHهای اسیدی، بازی و خنثی، در آب قابل حل می‌باشند. شکل و ترکیب این مولکول، کاملاً تغییرپذیر است (۲۸). اسیدفولویک یک تامپون طبیعی و کلات‌کننده مناسب با قدرت تبادل یونی زیاد است که قدرت جذب عناصر معدنی را در گیاهان افزایش می‌دهد و در نتیجه آن، مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد و نیز

۱و ۲ - دانش آموخته کارشناسی ارشد گیاهان زینتی و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: Email: z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir)
۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
DOI: 10.22067/jhorts4.v33i4.80118

باعث افزایش کیفیت و کمیت محصول می‌گردد (۱۷).

فناوری نانو به‌عنوان یک فناوری بین رشته‌ای و پیشتاز با رفع مشکلات و کمبودها در بسیاری از عرصه‌های علمی و صنعتی به خوبی جایگاه خود را در علوم کشاورزی و صنایع وابسته آن به اثبات رسانده است. فناوری نانو کاربردهای وسیعی در همه مراحل تولید، فراوری، نگهداری، بسته‌بندی و انتقال تولیدات کشاورزی دارد (۳۳). نانوذرات واکنش پذیری زیادی دارند چون سطح تماس آن‌ها بیشتر است، در واقع چگالی بیشتر یا ناحیه فعال بیشتری دارند (۲۹). با کودهای نانو، ترکیبات به سرعت جذب گیاهان می‌شوند و مواد مغذی و ضروری برای گیاه تأمین می‌شود. بنابراین با استفاده از مواد نانو، رشد گیاه افزایش پیدا می‌کند (۳). نانوکلات آهن بسیار با دوام بوده و آهن خود را به تدریج در دامنه وسیعی از pH ( ۳ تا ۱۲) آزاد می‌سازد. ویژگی استفاده از این فرم از کود آهن (نانوکلات) این است که در ساخت آن از اتیلن استفاده نشده است، زیرا اتیلن ترکیبی است که باعث زودرسی گیاه و ریزش برگ‌ها می‌شود (۲۵).

با توجه به اثرات مفید اسیدفولویک و نانوکلات آهن، و با توجه به اینکه ژربرا یکی از گیاهان محبوب شاخه بریدنی است که افزایش کیفیت و عمر پس از برداشت آن می‌تواند بازارپسندی این گل را افزایش دهد، هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر این دو ماده بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل ژربرا می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال‌های ۹۷-۹۶ در گلخانه‌های آموزشی، پژوهشی و تولیدی دانشگاه ارومیه انجام شد. در این آزمایش از رقم Dune ژربرا استفاده شد. پس از انتخاب رقم مورد نظر، نشاهای کشت بافتی ژربرای ۶-۴ برگی تهیه شده از تهران، در گلدان‌های پلاستیکی سایز ۲۰ کشت شدند. دمای روز گلخانه ۲۵-۲۰ و دمای شب ۱۶-۱۳ درجه سانتی‌گراد و شدت نور ۵۰۰-۴۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه بود. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و ۱۶ تیمار به‌صورت گلدانی در گلخانه اجرا شد. هر واحد آزمایشی شامل یک گلدان و هر گلدان حاوی یک گیاه بوده و مجموعاً ۴۸ واحد آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت. محیط کشت مورد استفاده غیر خاکی و مخلوطی از کوکوپیت (۵ درصد) و پرلایت (۳۰ درصد) و پیت ماس (۶۵ درصد) بود. طی دوره‌های رشد و گلدهی، محلول غذایی اعمال شد. تغذیه گیاه ژربرا سه بار در هفته و براساس ترکیب محلول غذایی که در جدول ۱ آورده شده است، صورت گرفت. لازم به ذکر است که عناصر میکرو نیز با غلظت مشخص به محلول غذایی اضافه می‌شدند.

**جدول۱- برنامه غذایی مورد استفاده برای ژربرا برای ۱۰۰۰ لیتر**

**Table1- Nutrition program used for gerbera for 1000 L**

| $5Ca(NO_3)_2$-$NH_4NO_3$. $10H_2O$ | Fe chelate 6% | $K_2SO_4$ | MAP | $NH_4NO_3$ | $KNO_3$ | $Mg(NO)_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 75 g | 20 g | 87 g | 115 g | 100 g | 493 g | 210 g |

پس از استقرار کامل گیاهان (حدوداً دو ماه پس از کاشت گیاهان)، تیمارهای مورد مطالعه شامل غلظت‌های مختلف اسیدفولویک ( ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌صورت کاربرد خاکی و نانوکلات آهن در غلظت‌های ۰، ۱، ۲ و ۴ گرم در لیتر به‌صورت محلول پاشی هر ۱۵ روز یکبار و به مدت ۴ ماه اعمال شد. در این آزمایش از اسیدفولویک مرک چین و نانوکلات آهن خضرا استفاده شد. دو هفته پس از پایان اعمال تیمارها، نمونه برداری از گل‌ها و برگ‌ها به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی انجام گرفت.

وزن تر و خشک گل: برای مقایسه وزن تر گیاهان تیمار شده با گیاهان شاهد، گل‌ها پس از برداشت تصادفی بلافاصله توسط ترازوی دیجیتالی (METTLER, PJ300) و با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن شدند. برای تعیین وزن خشک ابتدا نمونه‌ها پس از قرارگیری در پاکت کاغذی، در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و پس از خارج نمودن نمونه‌ها از آون، مجدداً به کمک ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شدند. همچنین طول ساقه گل‌دهنده (با خط کش) و تعداد روز تا ظهور غنچه گل اندازه‌گیری شد.

ماندگاری گل روی بوته: برای بررسی دوام یا عمر گل روی بوته، تعداد روز از ظهور گل‌ها تا زمانی که گل‌ها حالت شادابی و تورژسانس خود را از دست نداده‌اند، ثبت شد.

عمرگلجای: به منظور تعیین عمر گلجایی ژربرا، گل‌ها قبل از به گرده نشستن چیده شدند، سپس در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و شرایط محیطی دمای ۳±۲۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۷۰ درصد و دوره نوری ۱۰/ ۱۴ ساعت (۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی) قرار داده شدند. هر دو روز یکبار بازبرش گل‌ها صورت می‌گرفت. زمان پایان عمر گل، وقتی که ۳۰ درصد گل‌های زبانه‌ای پژمرده شدند تعیین شد (۱۶).

شاخص کلروفیل: در کلیه تیمارها و از هر گلدان میزان کلروفیل سه برگ (از پهنک برگ‌های توسعه یافته‌ی قسمت‌های بالا، وسط و پایین گیاه) با دستگاه سنجش شاخص کلروفیل(SPAD) (MINOLTA 502, Osaka Japan) اندازه‌گیری گردید و سپس از آن‌ها میانگین گرفته شد.

محتوای کلروفیل و کارتنوئید: این اندازه‌گیری به روش لیچتنتالر انجام گرفت. بدین منظور، ۰/۱ گرم از بافت برگی (برگ‌های کاملاً توسعه یافته) با قیچی خرد شده و در یک هاون چینی با ۵ میلی‌لیتر استون ۱۰۰ درصد سائیده تا به‌صورت توده یکنواختی درآید (عمل سائیدن و له کردن بافت برگی در محیط خنک و در نور کم انجام گرفت). ۰/۵ میلی‌لیتر از مخلوط به‌دست آمده برداشته شده و با ۱/۵ میلی‌لیتر آب مخلوط شده و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۲۵۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. پس از سانتریفیوژ کردن، میزان جذب آن در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر، ۶۴۵ نانومتر و ۴۷۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر، میزان کلروفیل a ,b و کلروفیل کل و کاروتنوئید بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر نمونه بدست آمد (۲۱).

$$Chla = (11.75 \times A663 - 2.350 \times A645)$$
$$Chlb = (18.61 \times A645 - 3.960 \times A663)$$
$$Chl\ total = Chla + Chl$$
$$Car = \frac{1000 \times A470 - 2.27 \times Chla - 81.4 \times Chlb}{227}$$

A645: جذب نوری در طول موج ۶۴۵
A663: جذب نوری در طول موج ۶۶۳
A470: جذب نوری در طول موج ۴۷۰

تجزیه آماری داده‌ها و نرم افزارهای مورد استفاده: برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام گرفت. همچنین، برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel (2016) استفاده گردید.

## نتایج و بحث

تعداد روز تا ظهور غنچه‌ی گل: نتایج تجزیه واریانس (جدول۲) نشان داد که که اثر اصلی اسیدفولویک در سطح احتمال ۱ درصد و اثر اصلی نانوکلات‌آهن و اثر متقابل دو تیمار در سطح احتمال ۵ درصد در تعداد روز تا ظهور غنچه گل آن تأثیر معنی‌دار داشتند.

**جدول۱-نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار های اسید فولویک و نانو کلات آهن بر شاخص‌های مربوط به گلدهی ژربرا رقم دانی**

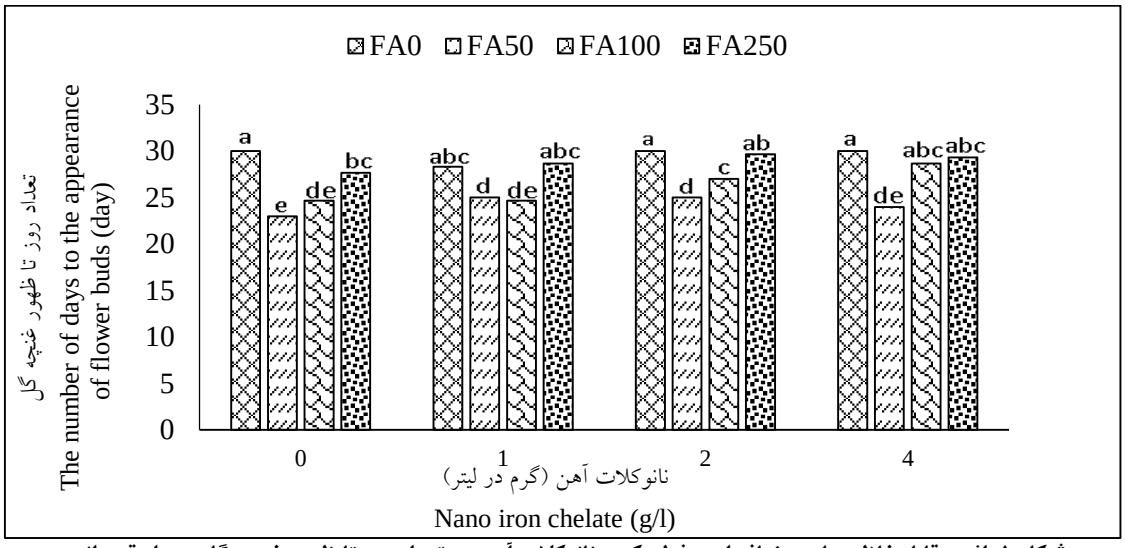
**Table 1- ANOVA for the effects of fulvic acid and iron nano chelate treatments on flowering indexes of gerbera cv. Dune**

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | میانگین مربعات Means of Squares: تعداد روز تا ظهور غنچه گل The number of days to the appearance of flower buds | طول ساقه گل‌دهنده Flower stem length | ماندگاری گل روی بوته Flower longevity | عمر گلجای Vase life | وزن تر گل Flower fresh weight | وزن خشک گل Flower dry weight |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اسیدفولویک Fulvic acid | 3 | 22.138$^{**}$ | 32.326$^{ns}$ | 23.187$^{**}$ | 3.187 $^{ns}$ | 4.478 $^{ns}$ | 1.210 $^{*}$ |
| نانوکلات آهن Nano iron chelate | 3 | 6.694$^{*}$ | 127.097$^{**}$ | 0.354$^{ns}$ | 17.187$^{**}$ | 59.401 $^{ns}$ | 1.831$^{**}$ |
| اسیدفولویک× نانوکلات آهن Fulvic acid× Nano iron chelate | 9 | 3.712$^{*}$ | 42.685$^{ns}$ | 10.020$^{*}$ | 11.298 $^{**}$ | 43.742 $^{ns}$ | 0.734 $^{ns}$ |
| اشتباه آزمایشی Error | 32 | 1.562 | 21.062 | 3.645 | 1.687 | 29.166 | 0.359 |
| ضریب تغییرات (درصد) CV(%) | | 8.49 | 6.56 | 6.72 | 11.742 | 12.71 | 10.17 |

**:معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد  *:معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد  ns: عدم معنی‌داری

**Siginificant at 1% level of probability, * Siginificant at 5% level of probability, ns: Non-siginificant

نتایج مقایسه میانگین (شکل۱) نشان داد که در کاربرد توأم دو ماده، غلظت کم اسیدفولویک (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) در تمامی سطوح نانوکلات آهن سبب زود باز شدن گل‌ها می‌شود ولی کاربرد غلظت‌های زیاد هر دو ماده مجدداً باعث دیر باز شدن گل‌ها می‌شود. لازم به‌ذکر است که بیشترین تعداد روز تا ظهور غنچه گل (۳۰ روز) مربوط به تیمار شاهد و غلظت ۲ و ۴ گرم در لیتر نانوکلات آهن بدون کاربرد اسیدفولویک و کمترین تعداد روز تا ظهور غنچه‌گل (۲۳ روز) مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدفولویک بدون کاربرد نانوکلات آهن بود.




**شکل ۱-اثر متقابل غلظت‌های مختلف اسیدفولویک × نانوکلات آهن بر تعداد روز تا ظهور غنچه گل ژربرا رقم دانی.**

**Figure 1- Interaction effect of different concentrations of fulvic acid × iron nano chelate on the number of days to the appearance of flower buds of gerbera cv. Dune (DMRT, $p \leq 0.05$)**

مواد هیومیک با مکانیسم‌های مختلف سبب تسریع رشد در گیاهان می‌شوند. یکی از این مکانیسم‌ها به اثر مستقیم این ترکیبات و وجود ترکیبات شبه هورمونی، از جمله ترکیبات اکسینی و شبه اکسینی، مربوط می‌باشد که می‌توانند رشد سلول‌ها را تحت تأثیر قرار دهند (۴). کاهش زمان تا گلدهی در اثر کاربرد اسیدفولویک احتمالاً به‌دلیل افزایش توسعه ریشه و جذب سریع عناصر غذایی می‌باشد که این امر موجب تسریع رشد و ظاهر شدن سریع گل‌ها و گذر از مرحله نونهالی به دوره بلوغ می‌باشد (۳۵)، که با نتایج پژوهش یزدانی (۳۹) مطابقت دارد. از طرفی افزایش میزان نیتروژن موجب تأخیر در زمان گلدهی می‌شود، از آن‌جایی که اسیدفولویک و نانوکلات آهن هر دو در افزایش مقدار نیتروژن نقش دارند و باعث افزایش رشد رویشی به‌ویژه تعداد برگ می‌شوند، می‌توان گفت که به این دلیل غلظت‌های زیاد این مواد سبب تأخیر در گلدهی شده‌اند.

طول ساقه گل‌دهنده: تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۲) نشان داد که اثر اصلی اسیدفولویک و اثرات متقابل اسیدفولویک و نانوکلات آهن بر طول ساقه گل‌دهنده معنی‌دار نبوده، اما کاربرد نانوکلات‌آهن در سطح احتمال ۱ درصد بر طول ساقه گل‌دهنده اثر معنی‌داری نشان داد.

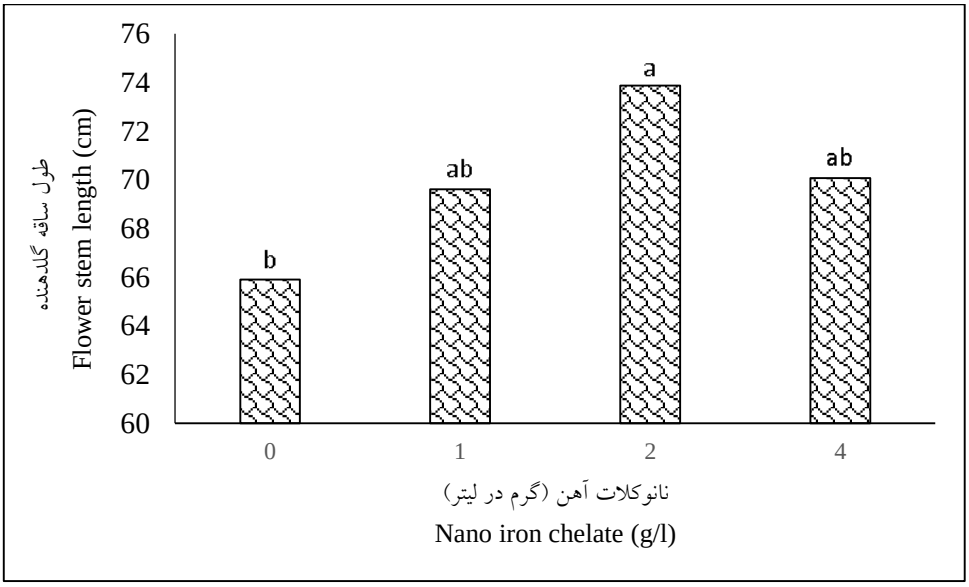
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل۲) نشان داد که تمامی غلظت‌های نانوکلات آهن باعث افزایش طول ساقه گل‌دهنده نسبت به شاهد شدند، هرچند که این افزایش فقط در غلظت ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن معنی‌دار بود. لازم به ذکر است که بیشترین طول ساقه گل‌دهنده (۷۳/۸۷ سانتی‌متر) در غلظت ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن و کمترین مقدار طول ساقه گل‌دهنده (۶۵/۹۱ سانتی‌متر) در تیمار شاهد مشاهده شد.

به‌طور کلی افزایش طول ساقه به‌واسطه کود آهن مربوط به تأثیر این عنصر در فتوسنتز است که سبب افزایش ساختار کلروفیل در برگ‌ها می‌شود و در نتیجه فتوسنتز افزایش می‌یابد و مواد فتوسنتزی بیشتر به نقاط مختلف گیاه از جمله ساقه‌ها وارد می‌شود و در نهایت طول ساقه افزایش می‌یابد (۳۱). در صورت کمبود آهن، برگ‌ها قادر به تولید ترکیبات فتوسنتزی مورد نیاز برای رشد و نمو نیستند که این امر موجب کاهش رشد می‌شود (۲۶). محلول‌پاشی آهن باعث افزایش جذب آهن در برگ‌های گیاه می‌شود که در نتیجه این افزایش، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز نیز افزایش می‌یابد که در نهایت باعث افزایش آسیمیلاسیون در برگ‌های گیاه می‌شود (۱۹)، احتمالاً این عوامل سبب افزایش طول ساقه گل‌دهنده با کاربرد نانوکلات آهن شده باشند. در پژوهش بخرد و همکاران (۷) نیز گزارش شد که کاربرد کود نانو سبب افزایش ارتفاع بوته شده است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

ماندگاری گل روی بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر اصلی نانوکلات آهن بر ماندگاری گل روی بوته تأثیر معنی‌داری نداشت اما اثر اصلی اسیدفولویک در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر معنی‌داری داشت.

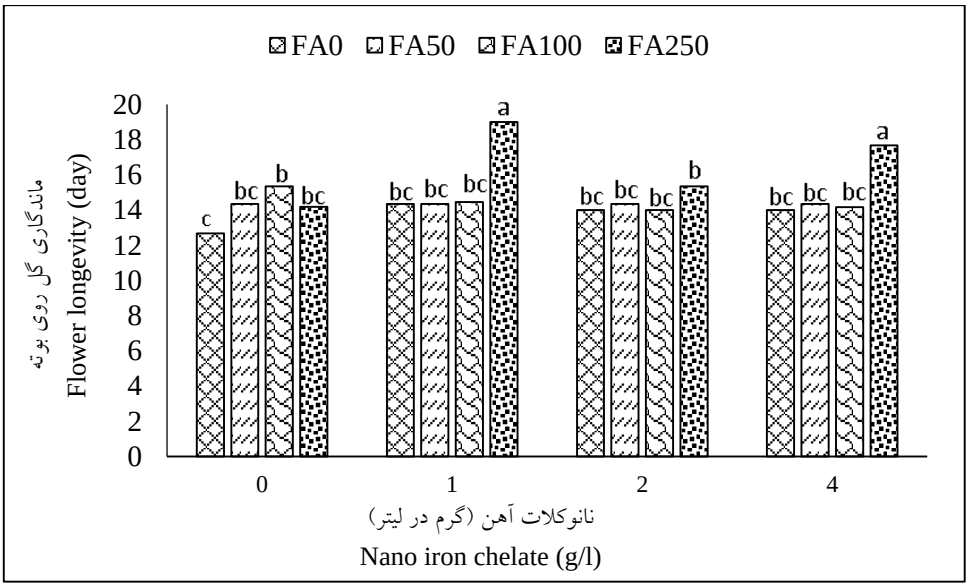
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۳) نشان می‌دهد که با کاربرد نانوکلات آهن همراه با غلظت زیاد اسیدفولویک، ماندگاری گل روی بوته افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. بیشترین ماندگاری گل روی بوته (۱۹ روز) مربوط به تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر

اسیدفولویک و ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن و کمترین ماندگاری گل روی بوته (۱۲/۶۶ روز) مربوط به تیمار شاهد بود.




**شکل ۲-تأثیر غلظت‌های نانوکلات آهن بر طول ساقه گل‌دهنده گل ژربرا رقم دانی**

**Figure 2- Effect of different concentrations of iron nano chelate on the flower stem length of gerbera cv. Dune (DMRT, *p≤0.01*)**




**شکل۳-اثر متقابل غلظت‌های مختلف اسیدفولویک × نانوکلات آهن بر ماندگاری گل روی بوته گل ژربرا رقم دانی.**

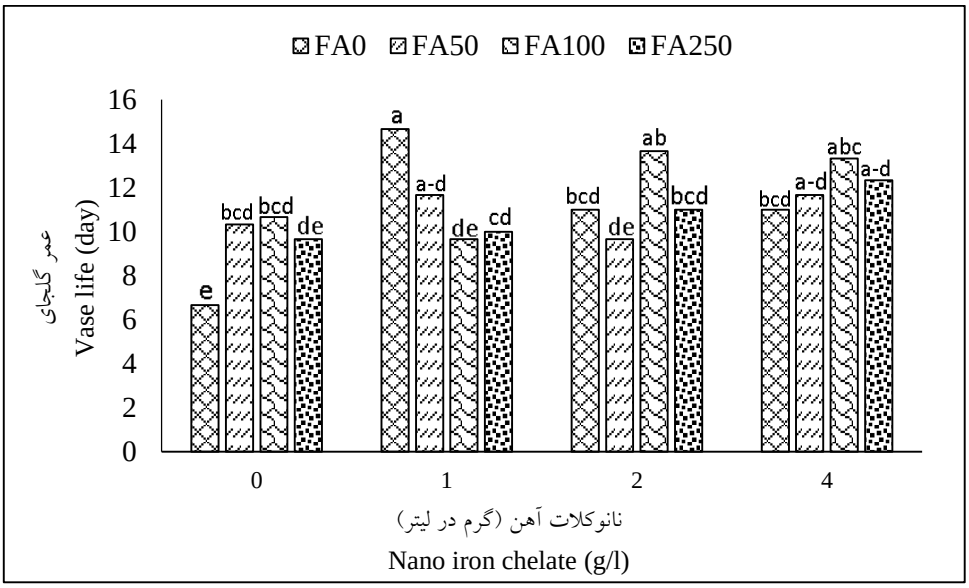
**Figure 3- Interaction effects of different concentrations of fulvic acid × iron nano chelate on flower longevity of gerbera cv. Dune (DMRT, *p≤0.05*)**

طول عمر گل صفتی است که علاوه بر شرایط محیطی نظیر دمای هوا، آبیاری و شدت نور می‌تواند تحت تأثیر عوامل درونی گیاه نیز قرار بگیرد. رابطه نزدیکی بین نشت یونی و دوام عمر گل وجود دارد (۳۲)، کاربرد مواد هیومیکی به‌دلیل بهبود ساختار غشاء سیتوپلاسم و حفظ آنتوسیانین، کاهش نشت یونی را در پی دارند (۱۰) تیمار اسیدفولویک احتمالاً باعث کاهش درصد نشت یونی و در نتیجه افزایش دوام و عمر گل شده است. همچنین از آنجا که اسیدفولویک ذخیره‌سازی رطوبت را افزایش می‌دهد (۲۸) می‌توان احتمال داد که با بهبود جذب تجمعی آب توسط ساقه گل‌دهنده سبب بهبود دوام عمر گل می‌شود. آهن با تأثیر بر میزان کلروفیل برگ‌ها و افزایش

سنتز ایندول استیک اسید باعث تأخیر در پیری گیاه و در نتیجه طولانی شدن دوره فتوسنتز می‌شود که این امر باعث بهبود تولید کربوهیدرات‌ها و انتقال آن‌ها به بخش‌های هوایی می‌شود (۱۸). در این پژوهش نیز، در مورد اثر نانوکلات آهن روی ماندگاری گل ژربرا روی بوته می‌توان گفت که احتمالاً نانوکلات آهن با افزایش میزان کلروفیل و کربوهیدرات‌ها ماندگاری گل را افزایش می‌دهد.

عمرگلجای: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۲) نشان داد که اثر اصلی اسیدفولویک تأثیر معنی‌داری روی عمر گلجای نداشت اما اثر اصلی نانوکلات آهن و همچنین اثر متقابل این عوامل در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر روی این صفت داشت.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل۴) نشان داد که اغلب تیمارها باعث افزایش معنی‌دار عمر گلجای نسبت به شاهد شدند. بیشترین میزان عمر گلجای (۱۴/۶۶ روز) مربوط به تیمار نانوکلات آهن ۱ گرم در لیتر بدون کاربرد اسیدفولویک بود. کمترین مقدار عمر گلجای (۶/۶۶ روز) نیز مربوط به تیمار شاهد بود. با توجه به شکل۴، کاربرد توأم اسیدفولویک و نانوکلات آهن روند مشخصی در افزایش عمر گلجای نداشت ولی در تیمار نانوکلات آهن ۴ گرم در لیتر، کاربرد اسیدفولویک در هر غلظتی توانست عمر گلجای را نسبت به شاهد افزایش دهد.




**شکل٤-اثر متقابل غلظت‌های مختلف اسیدفولویک × نانوکلات آهن بر عمر گلجای گل ژربرا رقم دانی.**

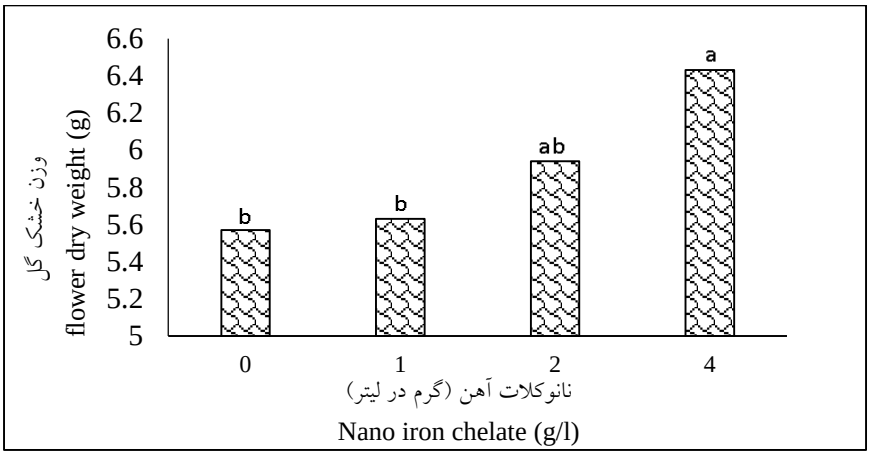
**Figure 4- Interaction effect of different concentrations of fulvic acid × iron nano chelate on vase life of gerbera cv. Dune (DMRT, $p \leq 0.01$)**

مواد هوموسی می‌توانند نقش مهمی در کیفیت گل‌های شاخه بریده ایفا نمایند. این مواد با افزایش رشد ریشه، بهبود غلظت عناصر غذایی در بافت‌های گیاه و شاید با خواص شبه هورمونی می‌توانند باعث حفظ کیفیت گل‌ها پس از برداشت شوند. اسیدفولویک با افزایش جذب عناصر غذایی، کلات کردن عناصر و فعالیت شبه هورمونی، می‌تواند کیفیت و کمیت گل ژربرا شاخه بریده را بهبود بخشد (۳۹). خاصیت شبه سایتوکینینی مواد هیومیک باعث افزایش عمر پس از برداشت گل‌های بریدنی می‌شود. این مواد باعث تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها شده و کاهش تعرق را به همراه دارند (۲۷). کمبود برخی عناصر از جمله نیتروژن، آهن، منیزیم و منگنز باعث کاهش در میزان کلروفیل و کاهش فتوسنتز می‌شود که در نهایت منجر به کاهش کربوهیدرات گل می‌گردد که کاهش کربوهیدرات‌ها باعث کاهش کیفیت و کاهش عمر پس از برداشت گل‌های شاخه بریده می‌شود. می‌توان علت افزایش عمر گلجای توسط کاربرد نانوکلات آهن در این پژوهش را کاهش از دست دهی آب، کوچک شدن منفذ روزنه و در نتیجه کاهش تعرق در اثر اعمال نانو کلات آهن و همچنین ساختار هیدروکربنی بدون اتیلن نانوکلات آهن ربط داد (۲۲،۲۳). نتایج این پژوهش با نتایج بیگی و چمنی (۵) درخصوص تأثیر موادهیومیکی و نانوکلات آهن روی گل رز مطابقت دارد.

وزن خشک گل: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۲) نشان داد که اثر متقابل تیمارها بر وزن خشک گل تأثیر معنی‌داری نداشت، اما اثر اصلی نانوکلات آهن در سطح احتمال ۱ درصد و اثر اصلی اسیدفولویک در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن خشک گل معنی‌دار شد.

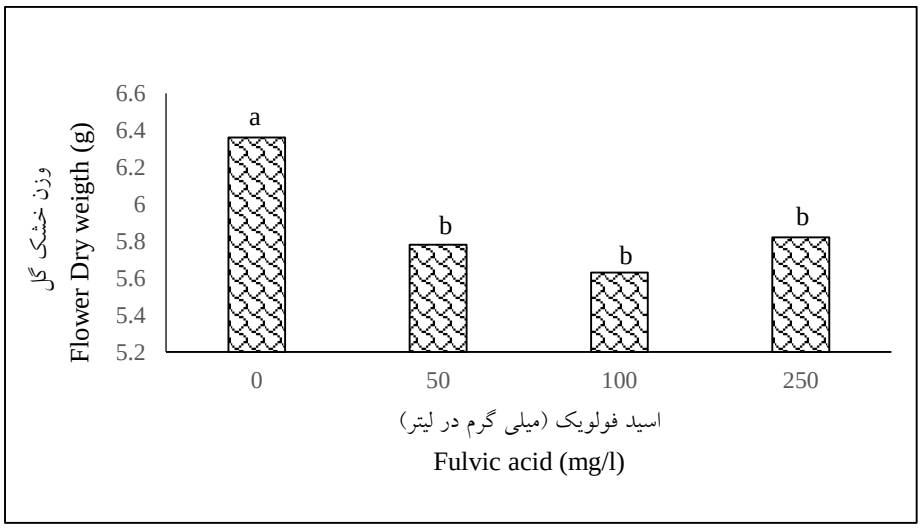
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۵) نشان داد که تمامی غلظت‌های نانوکلات آهن باعث افزایش وزن خشک گل نسبت به

شاهد شدند هرچند که این افـزایش فقـط در غلظـت ۴ گـرم در لیتـر نانوکلات آهن معنی دار بود. لازم به ذکر است کـه بیشـترین مقـدار وزن خشک گل (۶/۴۳ گرم) مربوط به تیمار ۴ گرم در لیتر نـانوکلات آهن و کمترین مقدارآن (۵/۵۷ گرم) مربوط به تیمار شاهد بود. نتـایج مقایسه میانگین های مربوط به اسید فولویـک نشـان داد کـه کـاربرد اسید فولویک باعث کاهش معنی دار وزن خشک گل نسبت به شـاهد شد هر چند که بین غلظت های مختلف اسید فولویک اختلاف معنـی داری مشاهده نشد (شکل ۶).




**شکل۵-تأثیر غلظت‌های مختلف نانوکلات آهن بر وزن خشک گل ژربرا رقم دانی.**

**Figure 5- Effect of different concentrations of iron nano chelate on flower dry weight of gerbera cv. Dune (DMRT, *p≤0.01*)**




**شکل٦-تأثیر غلظت‌های مختلف اسید فولویک بر وزن خشک گل ژربرا رقم دانی.**

**Figure 5- Effect of different concentrations of fulvic acid on flower dry weight of gerbera cv. Dune (DMRT, *p≤0.05*)**

در بین عناصر ریزمغذی، آهن نقش کلیدی در تشکیل کلروفیـل و فتوسنتز داشته و از اهمیت زیادی در سیستم آنزیمی و تـنفس گیاهـان برخوردار می‌باشد. بنابراین کاربرد آن اثر مثبت بر تولیـد مـاده خشـک گیاه خواهد داشت (۸). دلیل بیشتر بودن وزن خشک گل را مـی‌تـوان چنین بیان کرد که در برگ‌های گیاهان تیمار شده با کـود نـانوکلات آهن، مقدار کلروفیل افزایش می‌یابد که بـه سـنتز مـواد فتوسـنتزی و تولید مواد کربوهیدراتی منجر می‌شود، که درنهایت سبب افزایش وزن خشک گل می‌شود. دلیل کاهش وزن خشک گل در اثر کـاربرد اسـید فولویک را می توان چنین توجیه کرد که اسید فولویک باعث کـاهش مدت زمان ظهور غنچه تا باز شدن آن مـی‌شـود، بـه عبـارتی باعـث زودرسی گل می‌شود که این زودرسی با کاهش زیست توده گل همراه خواهد بود. همانطور که قبلا نیز اشاره شد، کاهش زمان تا گلـدهی در اثر کاربرد اسیدفولویک احتمالاً به‌دلیل افزایش توسعه ریشـه و جـذب سریع عناصر غذایی می‌باشد که این امر موجب تسریع رشـد و ظـاهر شدن سریع گل‌ها می‌شود (۳۵) و در نتیجه گل‌ها فرصت کافی بـرای بهره‌مندی از مواد ذخیره فتوسنتزی و به تبع آن، افزایش وزن ندارند.

**جدول۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای اسیدفولویک و نانوکلات آهن بر شاخص‌های فیزیولوژیکی ژربرا رقم دانی**

**Table 2- ANOVA for the effects of fulvic acid and iron nano chelate treatments on physiological indexes of gerbera cv. Dune**

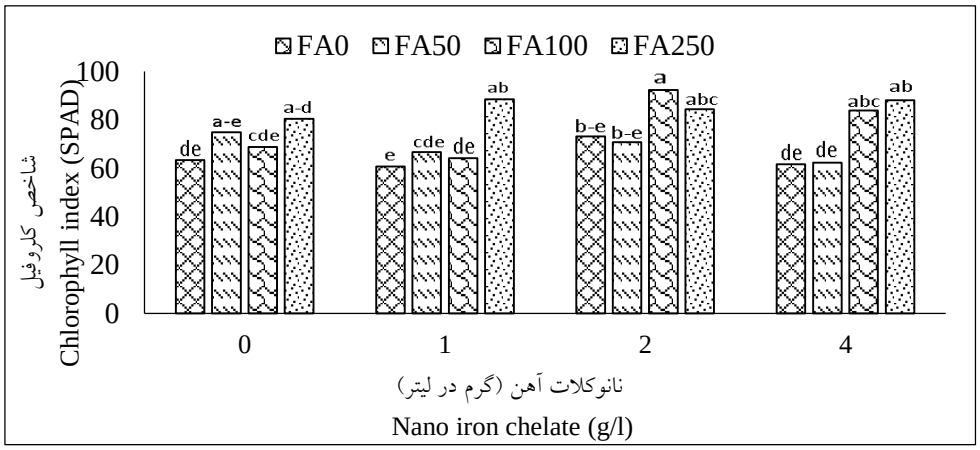
| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | میانگین مربعات Means of Squares | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | شاخص کلروفیل Chlorophyll index | کلروفیل a Chlorophyll a | کلروفیل b Chlorophyll b | کلروفیل کل Total Chlorophyll | کارتنوئید Carotenoid |
| اسیدفولویک Fulvic acid | 3 | 639.032** | 0.025** | 0.0066** | 0.058** | 0.004** |
| نانوکلات آهن Nano iron chelate | 3 | 62.718ns | 0.020** | 0.0005ns | 0.023** | 0.004** |
| اسیدفولویک× نانوکلات آهن Fulvic acid× Nano iron chelate | 9 | 337.657** | 0.005* | 0.0007* | 0.0079* | 0.0004** |
| اشتباه آزمایشی Error | 32 | 55.312 | 0.0019 | 0.0002 | 0.002 | 0.0001 |
| ضریب تغییرات CV(%) (درصد) | | 1.028 | 12.81 | 10.95 | 10.42 | 8 |

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ns: عدم معنی‌داری

**Significant at 1% level of probability, * Significant at 5% level of probability, ns: Non-siginificant

شاخص کلروفیل: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳) نشان داد که اثر اصلی اسیدفولویک و همچنین اثر متقابل دو تیمار در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص کلروفیل معنی‌دار بود، اما اثر اصلی نانوکلات آهن بر این شاخص معنی‌دار نبود.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۷) نشان داد که افزایش غلظت اسیدفولویک و نانوکلات آهن باعث افزایش شاخص کلروفیل شد. بیشترین مقدار شاخص کلروفیل (۹۲/۲۹) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدفولویک و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بود که اختلاف معنی‌داری با شاهد و اکثر تیمارها داشت ولی این اختلاف با تیمار بیشترین غلظت اسیدفولویک در تمامی سطوح نانوکلات آهن معنی‌دار نبود، کمترین مقدار شاخص کلروفیل (۶۰/۶۶) در غلظت ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن بدون کاربرد اسیدفولویک به دست آمد.



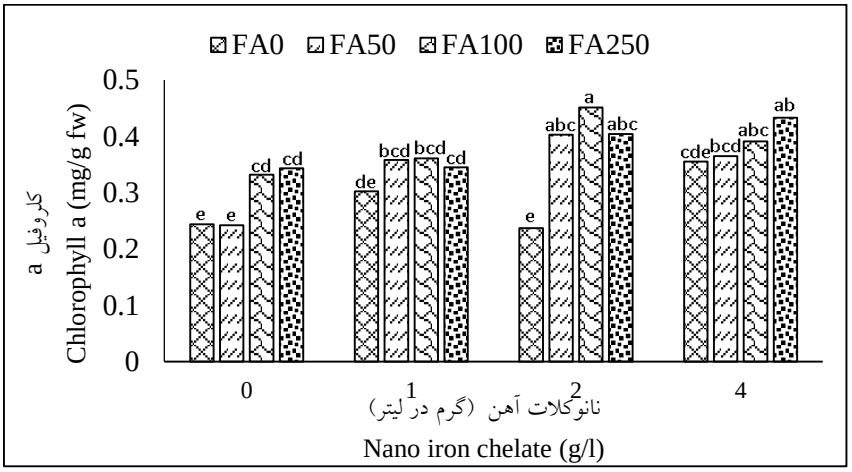

**شکل۷-اثر متقابل غلظت‌های مختلف اسیدفولویک × نانوکلات آهن بر شاخص کلروفیل گل ژربرا رقم دانی.**

**Figure 7- Interaction effect of different concentrations of fulvic acid × iron nano chelate on chlorophyll index of gerbera cv. Dune (DMRT, $p \leq 0.01$)**

## محتوای کلروفیل

کلروفیل a: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳) نشان داد که اثر اصلی اسیدفولویک و نانوکلات آهن در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل دو عامل در سطح ۵ درصد بر میانگین کلروفیل a معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۸) نشان داد که در تمامی غلظت‌های نانوکلات آهن، با افزایش غلظت اسیدفولویک مقدار کلروفیل a نیز روند صعودی داشت هرچند که در غلظت‌های ۱ و ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن با افزایش غلظت اسیدفولویک به ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر مقدار کلروفیل a کمی کاهش یافت اما این کاهش معنی‌دار نبود. در میان غلظت‌های اسیدفولویک و نانوکلات آهن بیشترین میزان کلروفیل a (۰/۴۵۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، در غلظت ۲ گرم بر لیتر نانوکلات آهن با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدفولویک بود هرچند که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۵۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدفولویک در همان غلظت نانوکلات آهن و غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدفولویک توأم با ۴ گرم در لیتر نانوکلات آهن نداشت. کمترین مقدار کلروفیل a (۰/۲۳۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، مربوط به تیمار ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن بدون کاربرد اسیدفولویک بود که با تیمارهای شاهد و تیمارهای ۱ و ۴ گرم در لیتر نانوکلات آهن بدون کاربرد اسیدفولویک و همچنین تیمار ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدفولویک بدون کاربرد نانوکلات آهن تفاوت معنی‌داری نداشت.




**شکل۸-اثر متقابل غلظت‌های مختلف اسیدفولویک × نانوکلات آهن بر کلروفیل a ژربرا رقم دانی.**

**Figure 8- Interaction effect of different concentrations of fulvic acid × iron nano chelate on chlorophyll a of gerbera cv. Dune (DMRT, $p\leq0.05$)**

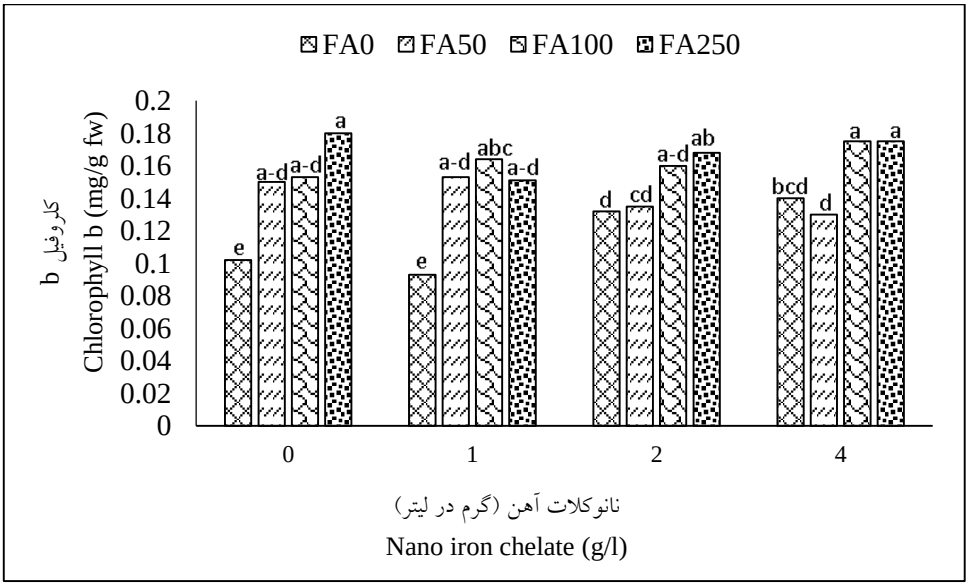
کلروفیل b: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳) نشان داد که اثر اصلی اسیدفولویک در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل دو تیمار در سطح احتمال ۵ درصد بر کلروفیل b معنی‌دار بود اما اثر اصلی نانوکلات آهن بر کلروفیل b معنی‌دار نبود.

نتایج مقایسه میانگین اثر داده‌ها (شکل ۹) نشان داد که با افزایش غلظت اسیدفولویک در تمامی غلظت‌های نانوکلات آهن، مقدار کلروفیل b نیز افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. بیشترین مقدار کلروفیل b (۰/۱۸۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدفولویک بدون کاربرد نانوکلات آهن بود هر چند که با سایر غلظت‌های به‌کار رفته اسیدفولویک در همان سطح نانوکلات آهن و تمامی تیمارهای با کاربرد اسیدفولویک در غلظت ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن و غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدفولویک در غلظت‌های ۲ و ۴ گرم در لیتر نانوکلات آهن اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار کلروفیل b (۰/۰۹۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در غلظت ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن بدون کاربرد اسیدفولویک بود.

کلروفیل کل: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳) نشان داد که اثر اصلی اسیدفولویک و نانوکلات آهن در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل دو تیمار در سطح احتمال ۵ درصد بر کلروفیل کل معنی‌دار بود.

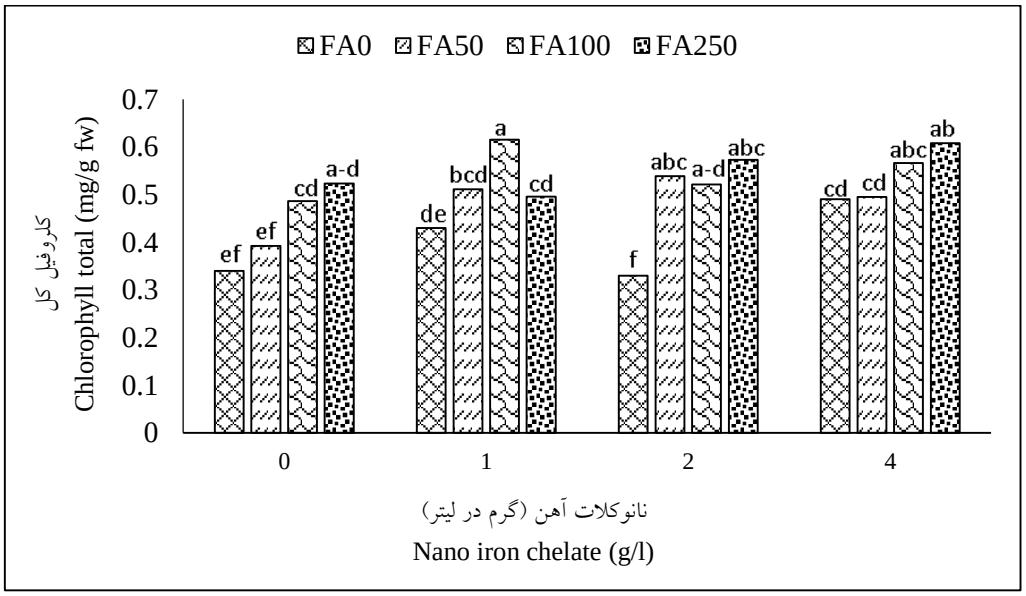
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱۰) نشان داد که کاربرد توأم اسیدفولویک و نانوکلات آهن در اکثر تیمارها باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل کل نسبت به شاهد شد. لازم به ذکر است که بیشترین مقدار کلروفیل کل (۰/۶۱۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در غلظت ۱ گرم بر لیتر نانوکلات آهن و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدفولویک بود و کمترین مقدار کلروفیل کل (۰/۳۳۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در

غلظت ۲ گرم بر لیتر نانوکلات آهن بدون کاربرد اسیدفولویک به‌دست آمد هرچند که با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت.




**شکل۹-اثر متقابل غلظت‌های مختلف اسیدفولویک × نانوکلات آهن بر کلروفیل b ژربرا رقم دانی.**

**Figure 9- Interaction effect of different concentrations of fulvic acid × iron nano chelate on chlorophyll b of gerbera cv. Dune (DMRT, $p\leq0.05$)**




**شکل۱۰-اثر متقابل غلظت‌های مختلف اسیدفولویک × نانوکلات آهن بر کلروفیل کل ژربرا رقم دانی**

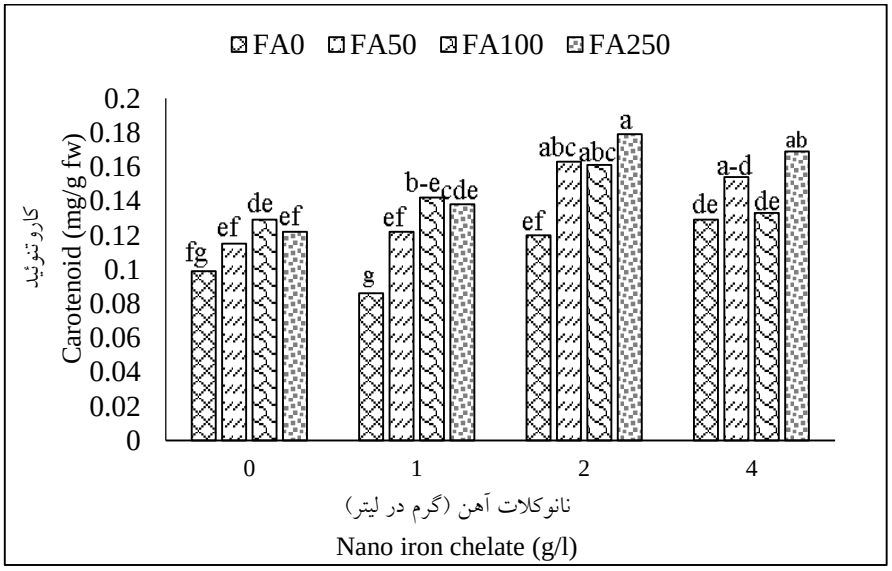
**Figure 10- Interaction effect of different concentrations of fulvic acid × iron nano chelate on chlorophyll total of gerbera cv. Dune (DMRT, $p\leq0.05$)**

مواد هیومیکی در فرایندهای بیولوژیک مانند فتوسنتز و کلروفیل کل موثرند (۳۴). در پژوهش یانگ و همکاران (۳۸) که تأثیر مواد هیومیکی بر فعالیت کلروفیل‌ها بررسی شده بود مشخص شد که، اسیدفولویک بیشتر از اسیدهیومیک و هیومین بر فعالیت کلروفیل a تأثیر می‌گذارد. اسیدفولویک موجب افزایش ظرفیت تولید از طریق افزایش سنتز کلروفیل نیز می‌گردد (۲۸). همچنین به‌نظر می‌رسد که اسیدفولویک از طریق قدرت کلات‌کنندگی عناصر غذایی و با کاهش تبخیر و تعرق و در نتیجه قراردادن آب و مواد غذایی بیشتر و

مناسب‌تر در اختیار گیاه می‌تواند ساخت رنگیزه‌های کلروفیل را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی در گیاه را راحت‌تر کند. نتایج پژوهش حاضر، همچنین با نتایج پژوهش ناردی و همکاران (۳۰) مطابقت دارد که بیان کردند استفاده از اسیدهیومیک و اسیدفولویک بصورت کاربرد در محلول غذایی و یا به‌صورت محلول‌پاشی، می‌تواند موجب افزایش فتوسنتز و تنفس شود. در بین عناصر ریزمغذی، آهن نقش کلیدی در تشکیل کلروفیل و فتوسنتز داشته و از اهمیت زیادی در سیستم آنزیمی و تنفس گیاهان برخوردار می‌باشد (۸). محتوای - کلروفیل یکی از مهم‌ترین عواملی است که ظرفیت فتوسنتزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. احتمالاً علت افزایش مقدار کلروفیل به‌دلیل تأثیر نانوکلات آهن بر ساخت پیش‌سازهای سنتز کلروفیل باشد. زیرا آهن جزء متابولیک آنزیم کاپروپورفینوژن اکسیداز است و این آنزیم در بیوسنتز آلفا–آمینو لینوولئیک ALA که پیش‌ساز کلروفیل است تأثیر دارد (۲۴).

کاروتنوئید: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۳) نشان داد که اثر اصلی اسیدفولویک و نانوکلات آهن و همچنین اثر متقابل دو تیمار در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان کاروتنوئید معنی‌دار بودند.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱۱) نشان داد که کاربرد اسیدفولویک و نانوکلات آهن باعث افزایش معنی‌دار میزان کاروتنوئید نسبت به شاهد شد. بیشترین مقدار کاروتنوئید (۰/۱۷۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدفولویک به همراه ۲ گرم در لیتر نانوکلات آهن مشاهده شد و کمترین مقدار (۰/۰۸۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار ۱ گرم در لیتر نانوکلات آهن بدون اسیدفولویک به‌دست آمد هرچند که با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت.




**شکل۱۱–اثر متقابل غلظت‌های مختلف اسیدفولویک × نانوکلات آهن بر کاروتنوئید ژربرا رقم دانی.**

**Figure 11- Interaction effect of different concentrations of fulvic acid × iron nano chelate on carotenoid of gerbera cv. Dune (DMRT, $p\leq0.01$)**

کاروتنوئیدها رنگیزه‌هایی هستند که در تمام برگ‌های سبز و همچنین در قسمت‌های بدون سبزینه گیاه یافت می‌شوند. در برگ‌های سبز، کاروتنوئیدها همراه با کلروفیل در داخل کلروپلاست قرار دارند که در اثر غالب بودن رنگ سبز کلروفیل، رنگ زرد یا نارنجی آنها مخفی می‌باشد (۲۰). کاروتنوئیدها سه نقش عمده در گیاه دارند: اول اینکه نور در طول موج ۴۰۰ تا ۵۵۰ نانومتر را جذب و به کلروفیل a انتقال می‌دهد، نقش دوم کارتنوئیدها این است که با دفع رادیکال‌های آزادی که به طور طبیعی طی فتوسنتز تولید می‌شوند، از دستگاه فتوسنتزی حفاظت می‌کنند و نقش سوم آن‌ها حفظ فتوسیستم I، ثبات پروتئین‌های دریافت کننده نور و ثبات غشای تیلاکوئید اس (۲، ۱۴). نتایج تحقیقات گذشته (۱۳) نشان می‌دهد، هورمون اسید جیبرلیک در افزایش محتوای کاروتنوئید روی گیاه کروتون مؤثر بوده است. با توجه به نقش هورمونی اسید فولویک می‌توان احتمال داد که خاصیت جیبرلینی این تیمار سبب افزایش محتوای کاروتنوئید شده است. از طرفی می‌توان احتمال داد که اسیدفولویک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود و به‌دنبال آن رنگدانه کاروتنوئید افزایش یافته است. از آنجایی که آهن سبب حفظ ساختمان کلروپلاست می‌گردد، وجود آهن باعث افزایش ساخت کاروتنوئید در گیاهان می‌شود (۱). احتمالاً در این پژوهش به این دلایل افزایش غلظت نانوکلات آهن،

سنتزکاروتنوئیدها را افـزایش داده اسـت. همچنـین افـزایش غلظـت کاروتنوئیـد در اثـر کـاربرد نـانوکلات آهـن، مـی‌توانـد بـا کـاهش رادیکال‌های آزاد باعث حفظ و پایداری کلروفیل شود. می‌تـوان گفـت که عنصر آهن برای سنتز کلروپلاست و کاروتنوئیدها لازم است (۳۶).

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، کاربرد اسیدفولویک و نانوکلات آهن بر بیشتر شاخص‌هـای گلـدهی و بیوشـیمیایی ژربـرا تأثیر مثبتی داشته است. کاربرد غلظت کم اسـید فولویـک (۵۰ میلـی گرم در لیتر) به همراه نانوکلات آهـن باعـث زود گلـدهی شـد. اسـید فولویک در طول سـاقه گلدهنـده تـاثیر نداشـت و کـاربرد آن باعـث کاهش وزن خشک گل شد این در حالی اسـت کـه کـاربرد همزمـان نانوکلات آهن و اسید فولویک باعث افزایش ماندگاری گل روی بوته شد. نانو کلات آهن همچنین باعث افزایش طول ساقه گلدهنده، عمر گلجای و وزن خشک گل شـد. در اکثـر شـاخص‌هـای بیوشـیمیایی، کاربرد همزمان ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک و ۲ گـرم در لیتـر نانوکلات آهن نتیجه بهتر و یا مطلوبی روی شاخص‌های اندازه‌گیـری شده نسبت به تیمار شاهد داشت، هرچند که بیشترین غلظت تیمارهـا نیز تأثیر منفی نداشته و گاهاً در بعضی شاخص‌ها تأثیر بیشـتری نیـز نشان دادند. به‌نظر می‌رسد، از بین تیمارهای مختلف، غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک و غلظت‌های ۲ و ۴ گرم در لیتر نانوکلات آهن می‌توانند برای گیاه ژربرا تأثیرگذار و مفید باشند.

## منابع


1. Ahmadi M., Ehsanzadeh P., and Jabbari F. 2007. Introduction to Plant Physiology (translated), Volume 2, Tehran University Press. 681 p. (In Persian).
2. Akbarian M.M., Heidari Sharifabad H., Noormohammadi G., and Darvish Kojouri F. 2012. The effect of potassium, zinc and iron foliar application on the production of saffron (*Crocus sativa*). Annals of Biological Research, 3(12): 5651-5958.
3. Askary M., Amirjani M.R., and Saberi T. 2016. Comparison of the effects of nano-iron fertilizer with iron-chelate on growth parameters and some biochemical properties of Catharanthus roseus. Journal of Plant Nutrition, 7(40): 974-982.
4. Atiyeh R.M., Lee S., and Edwards C.A. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology, 84: 7-14.
5. Bagi H., and Chamani E. 2016. Effects of iron nanoparticles and humic acid on growth, development and vase life of cut rose flower cv. White Nablus under hydroponic conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 7(3): 103-112. (In Persian with English abstract).
6. Balazadeh S., and Hassanpour Asil M. 2014. The Effect of Humic Acid and nano calcium chelate on growth Chrysanthemum morfolium. International conference on sustainable development, strategies and challenges with a focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism. Tabriz. (In Persian).
7. Bekhrad H., Niknam F., and Mahdavi B. 2017. Effects of nano fertilizer and different levels of nitrogen on grain and oil yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Plant Ecophysiology, 9(28): 110-122. (In Persian).
8. Briat J.F., Curie C., and Gaymard F. 2007. Iron ultilization and metabolism in plants. Current Opinion in Plant Biology, 10(3): 82-276.
9. Davoodi Fard M., Habibi D., and Davoodi Fard F. 2012. Effects of salt stress on cell membrane stability, chlorophyll and yield components in wheat inoculated with plant growth promoting bacteria and humic acid. Iranian journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(2): 71-86. (In Persian with English abstract).
10. Dolatian N. 2013. The effect of humic acid on quantitative and qualitative characteristics of strawberry var. Selva under greenhouse conditions. MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad.
11. Dole J.M., and Wilkins H.F. 2004. Floriculture, principles and species. Prentice Hall Upper Saddle River New Jersey. Pp. 356-360.
12. Dudley J.B., Pertuit Jr, A.J., and Toler J.E. 2004. Leonardite influences zinnia and marigold growth. HortScience, 39: 251–255.
13. Eid R.A., and Abou-Leila B.H. 2006. Response of croton plants to gibbeellic acid, benzyladenine and ascorbic acid application. Word Journal of Agricultural Sciences, 2(2): 174-179.
14. Gill S.S., and Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry, 48: 909-930.
15. Hadavi E., Salehi M., and Moradi P. 2011. Application of microorganisms compared with nanoparticles of silver, humic acid and gibberellic acid on vase life of cut gerbera goodtimming. Journal of Ornamental and Horticultural Plants, 1(1): 27-33.
16. Haghighi M., Nikbakht A., Xia Y.P., and Pessarakli M. 2014. Influence of humic acid in diluted nutrient solution

on growth, nutrient efficiency and postharvest attributes of gerbera. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 45: 177-188.
17. Karbalaye Golizadeh Sh., Mir Mahmudi T., and Khalili Aghdam N. 2016. Morpho-physiological changes hempseed (*Cannabis satival* L.) traits as affected by seed priming whith fulvic acid and hydrogen peroxide. Journal of Crop Ecophysiology (Agricultural Science), 10(1): 73-88. (In Persian with English abstract).
18. Kheiry A. Vaisi M., and Sanikhani M. 2017. Effect of micro-elements of Fe, Zn and Mn on some characteristics of Borage (*Borago officinalis* L.). Journal of Plant Ecophysiology, 9 (29): 183-194. (In Persian with English abstract).
19. Kholde Barin B., and Eslamzadeh T, 2005. The nutrition mineral of high plants. Shiraz University Press. First volume, 456 p. (In Persian).
20. Khosh Khoui M., Sheibani B., Rouhani I. and Tafazzoli E.A. 2008. Principles of gardening. Shiraz University Press, 19nd 596 p. (In Persian).
21. Lichtenthaler H.K., and Wellburn A.R.1987. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. Biochemical Society Transactions, 11: 591- 592.
22. Lu P., He Sh., Li H., Cao J., and Xu H.L. 2010. Effects of nano-silver treatment on vase life of cut rose cv. Movie Star flowers. Journal of Food, Agriculture and Enviroment, 8(2): 1118-1122.
23. Maleki Farahani S., Khalesi A., and Sharghi Y. 2015. Effect of nano iron chelate fertilizer on iron absorption and saffron (*Crocus sativus* L.) quantitative and qualitative characteristics. Asian Journal of Biological Sciencec, 8(2): 72-82.
24. Marschner H. 2012. Mineral nutrition of higher plants. 3rd Ed. New York, USA. 672p.
25. Moghadam A.R., Vattani H., Baghaei B., and Keshavarz N. 2012. Effect of different levels of fertilizer nano-iron chelates on growth and yield characteristics of two varieties of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Research Journal of Applied Sciences, 4(12): 4813-4818.
26. Mohamadipoor R., Sedaghathoor S., and Mahboub-Khomami A. 2013. Effect of application of iron fertilizer in two methods foliar and soil application on growth characteristics of Spathyphyllum illusion. European Journal of Experimental Biology, 3(1): 232-240.
27. Morard P., Eyheraguibel B., Morard M., and Silvestre J. 2011. Direct effects of humic- like substances on growth, water and mineral nutrition of various species. Journal of Plant Nutrition, 34: 46-59.
28. Mothaghi D. 2015. Fulvic acid and its role in agriculture. Datis Agrochemicals R&D Department.
29. Nadi E., Aynehband A., and Mogaddam M. 2013. Effect of nano-iron chelate fertilizer on grain yield, protein percent and cholorophyll content of Faba bean (*Vicia faba* L.). International Journal of Biosciences, 3(9): 272-276.
30. Nardi S., Pizzeghello D., Gessa C., Ferrarese L., Trainotti L., and Casadoro G. 2000. A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. Soil Biology and Biochemistry, 32: 415-419.
31. Nasiri Y., Zehtab Salmasi S., Nasrullah Zadeh S., Ghassemi Gholezani K., Najafi N., and Javanmard A. 2013. Evaluation of foliar spray of ferrous sulfate and zinc sulfate on yield and nutrients concentration of aerial parts in German chamomile. Journal of Agricultural Science, 23(3), 105-115. (In Persian with English abstract)
32. Nazari Deljou M., Pour Youssef M., Karamian R., and Jaberian Hamedani H. 2012. Effect of cultivar on water relations and postharvest quality of gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex. Hook f.) cut flower. World Applied Sciences Journal, 18(5): 698-703.
33. Rezaei R. Hosseini S.M. Shabanali Fami H., and Sarafrazi A.M. 2009. An identification and analysis the mechanisms of nanotechnology development in Iranian agricultural sector. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development, 42(3): 379-388. (In Persian with English abstract)
34. Salman S.R., Abou-Hussein S.D., Abdel-Mawgoud A.M.R., and El-Nemr M.A. 2005. Fruit yield and quality of watermelon as affected by hybrids and humic acid application. Journal of Applied Sciences Research, 1: 51-58.
35. Shahsavan Markadeh M., and Chamani E. 2014. Effects of various concentrations and time of humic acid application on quantitative and qualitative characteristics of cut stock flower Matthiola incana 'Hanza'. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 5(19): 157-170. (In Persian with English abstract)
36. Shamloo A., and Roozbahani A. 2016. Effect of amino acids and microelements on the rate of photosynthetic pigments content and yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Plant Physiology, 7(21): 136 - 150.
37. Suh H.J., Yoo K.S., and Suh S.G. 2014. Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Horticulture Environment and Biotechnology, 55(6): 455-461.
38. Yang C.M., Ming C.W., Lu Y.F., Chang I.F., and Chou C.H. 2004. Humic substances affect the activity of chlorophylls. Journal of Chemical Ecology, 30(50): 1057-1065.
39. Yazdani B. 2010. Effect of different concentrations of humic acid and fulvic acid on the qualitative and quantitative characteristics of Gerbera jamesonii. Master's Thesis. Isfahan University of Agricultural Sciences. (In Persian).

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.4, Winter 2020, P. 711-725
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۷۲۵-۷۱۱
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

# Effect of Fulvic Acid and Iron Nano Chelate Application on Flowering and Vase Life of *Gerbera jamesonii* cv. Dune

**S. Hajizadeh[1]- Z. Jabbarzadeh[2*]- M.H. Rasouli-Sadaghiani[3]**

Received: 24-04-2019
Accepted: 07-10-2019

**Introduction:** *Gerbera jamesonii* is a permanent, herbaceous and chilling-sensitive plant species from the family Asteraceae that is native to hot regions. The species has high color diversity and it is among the top ten cut flowers in the world. Fulvic acids are a family of organic acids, natural compounds, and components of the humus (which is a fraction of soil organic matter). They are similar to humic acids, with differences being the carbon and oxygen contents, acidity degree of polymerization, molecular weight and color. Fulvic acid remains in solution after removal of humic acid from humin by acidification. Fulvic acids are of relatively low molecular mass and less biologically active than humic acids. Among micronutrients, Iron (Fe) is a cofactor for approximately 140 enzymes that catalyze unique biochemical reactions and is an essential element for growth of plants. Lack of iron causes young leaves yellow and photosynthesis activity reduce significantly and consequently biomass reduce. Iron plays many essential roles in plant growth and development, including chlorophyll synthesis, thylakoid synthesis, chloroplast development, contribution in RNA synthesis and improvement the performance of photosystems. Nano-fertilizers can be substituted for conventional fertilizers. Studies showed that the effect of nano-particles on plants can be beneficial (seedling growth and development).

**Materials and Methods:** In order to investigate the effect of different concentrations of fulvic acid and iron nano chelate on flowering of gerbera as well as flower vase life of gerbera cv. Dune, an experiment was conducted as a factorial based on a completely randomized design with three replications during the years 2016-2017. The medium was included peat moss 65%, perlite 30% and cocopeat 5%. The seedlings of tissue cultured plants were planted into pots (size-20) (volume 7 L, height 19 cm, diameter 24 cm) in hydroponic greenhouse conditions. Day/night temperature regime was set at 20-25/13-16°C and light intensity at 400-500 µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$. The plants were fed three times a week. The treatments were: fulvic acid at four concentrations of 0 , 50, 100 and 250 mg $L^{-1}$ as drench and iron nano chelate at 4 concentrations of 0, 1, 2 and 4 gr $L^{-1}$ as foliar application (15 days intervals for 4 months),. Two weeks after the last treatment, morphological parameters were measured. They were included flower fresh and dry weight, flowering stem length, flower longevity and vase life and the number of days to the appearance of flower buds. Also, the recorded physiological parameters included chlorophyll a, b and total chlorophyll, chlorophyll index and carotenoid.

**Results and Discussion:** The results of this study showed that, flower dry weight was increased with increasing the concentration of iron nano chelate. The highest flower dry weight (6.43g) was obtained from plants treated with 4 g $L^{-1}$ iron nano chelate and the lowest one (5.57 g) from control plants, but flower fresh weight was not affected by these treatments. The highest length of flowering stem was observed in treatment of 2 g $L^{-1}$ iron nano chelate. The lowest time to flowering was obtained from 50 mg $L^{-1}$ fulvic acid without application of iron nano chelate. The results of means comparisons showed that fulvic acid and iron nano chelate caused to increase flower longevity significantly. The highest flower longevity (19 days) was obtained from 250 mg $L^{-1}$ fulvic acid and 1 g $L^{-1}$ iron nano chelate and the lowest mean (12.66 days) was related to control plants. Also, most of treatments caused to increase vase life compared to control. The highest vase life (14.66 days) was observed in 1 g $L^{-1}$ iron nano chelate without fulvic acid while the lowest mean (6.66 days) was observed in control. Chlorophyll content (chlorophyll a, b and total chlorophyll) and carotenoid content of gerbera increased with increasing concentrations of fulvic acid and iron nano chelate in compared with the control.

**Conclusion:** According to the results obtained from this research, application of fulvic acid and iron nano chelate have a positive effect on most flowering and biochemical indices. Application of low concentrations of fulvic acid (50 mg $L^{-1}$) supplemented with iron nano chelate caused to early flowering. Fulvic acid didn't have any effect on flowering stem length and its application reduced the flower dry weight. While combined application of fulvic acid and iron nano chelate caused to increase flower longevity. Also iron nano chelate

1 and 2- Gratuated (MSc) student of Ornamental Plants and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University
(*- Corresponding Author Email: z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir)
3- Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

caused to increase flowering stem length, vase life and flower dry weight. In most of the biochemical indices, combined treatment of 100 mg $L^{-1}$ of fulvic acid and 2g $L^{-1}$ of iron nano chelate had better or favorable result on measured indices compared to the control treatment although the highest concentration of treatments did not have a negative effect and sometimes in some indicators also have more impact. Among these treatments, the concentrations of 100 and 250 mg $L^{-1}$ fulvic acid and 2 and 4 g $L^{-1}$ iron nano chelate can be effective for gerbera plant.

**Keywords**: Carotenoid, Chlorophyll, Flower dry weight, Flower longevity