مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی در گل ژربرا (*Gerbera jamesonii*) رقم "دانی"

نازدار میرزایی اسگندیان[۱]، زهره جبارزاده[۱*] و میرحسن رسولی صدقیانی[۲]

[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه و [۲] گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۱۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۱/۲۷)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌صورت کاربرد در محیط‌کشت و نانوکلات کلسیم (صفر، ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر) به‌صورت محلول‌پاشی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان جذب عناصر گل ژربرا رقم Dune آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در گلخانه‌های پژوهشی و تولیدی دانشگاه ارومیه انجام گرفت. شاخص‌هایی از جمله وزن تر و خشک گل‌آذین، وزن تر و خشک ساقه گل‌دهنده، حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه، رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل a، b و کل و میزان عناصر برگ اندازه‌گیری شدند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها، نشان‌دهنده افزایش قابل‌توجه میزان حجم ریشه در اثر کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بود، به‌طوری‌که غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و یک گرم در لیتر نانوکلات کلسیم بیشترین حجم ریشه را نشان دادند. میزان وزن تر و خشک ساقه گل‌دهنده و گل‌آذین در اثر کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم افزایش قابل‌ملاحظه‌ای نشان داد. میزان جذب عناصر غذایی از جمله نیترات، فسفر، پتاسیم و کلسیم در اثر کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافتند. با کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم، رنگیزه‌های فتوسنتزی افزایش یافتند، بیشترین میزان کلروفیل a، b و کل در تیمار اسید هیومیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد. اسید هیومیک باعث افزایش وزن تر و خشک ریشه نیز شد. در کل نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر نشان می‌دهد که کاربرد توأم اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم، منجربه بهبود کیفیت و افزایش جذب عناصر غذایی در گل ژربرا شده است. غلظت مؤثر نیز، بسته به شاخص اندازه‌گیری‌شده متفاوت بود.

کلمات کلیدی: عناصر برگ، کشت هیدروپونیک، کلروفیل، وزن تر و خشک ریشه

مقدمه

ژربرا (*Gerbera jamesonii*) متعلق به خانواده Asteraceae (قاسمی‌قهساره و کافی، ۱۳۹۱)، گیاهی چندساله، علفی، بومی آفریقا و مناطق گرمسیری، حساس به سرما و دارای تنوع رنگی زیادی بوده (رشیدی، ۱۳۸۹) و دارای رتبه‌ی پنجم در بین گل‌های شاخه‌بریده معروف دنیا است (Geshnizjany *et al.*, 2018; Danaee *et al.*, 2011) که امروزه به شکل تجاری در سراسر دنیا پرورش داده می‌شود و به‌علت ظاهر زیبا، رنگ‌های جذاب و درخشان و عمر گلدانی مناسب (حدود سه هفته)، درخواست‌های محلی و بین‌المللی فراوانی برای خرید آن

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]

وجود دارد (رشیدی، ۱۳۸۹). لازم به ذکر است که میزان عمر گلجایی در ارقام مختلف و رنگ‌های مختلف ژربرا متفاوت است به‌طور مثال رقم "Marleen" عمر گلجایی ۱۷ روز را دارد درحالی‌که رقم "Agnes" طول عمر گلجایی ۸/۳ روز را دارد (Nazari Deljou *et al*., 2011).

اسید هیومیک یک ترکیب طبیعی آلی است که حاوی ۹۰-۵۰ درصد مواد ارگانیک (شاهسون‌مارکده و چمنی، ۱۳۹۳)، که نتیجه تجزیه مواد آلی خاک، پیت و لیگنین هستند (بالازاده و حسن‌پور اصیل، ۱۳۹۳). در خصوص نحوه اثر اسید هیومیک گزارش‌های متعددی وجود دارد. اما می‌توان اثر آن را به دو دسته تقسیم کرد: اثر غیرمستقیم که به‌صورت افزایش جذب عناصر غذایی از طریق خاصیت کلات‌کنندگی و احیاکنندگی و حفظ نفوذپذیری غشا و افزایش متابولیسم ریزجاندارن در خاک، بهبود وضعیت فیزیکی خاک و افزایش رشد ریشه و ساقه است (شاهسون‌مارکده و چمنی، ۱۳۹۳). فعالیت شبه‌هورمونی مواد هیومیکی از جمله اثرات شبه اکسینی، سایتوکنینی و شبه‌جیبرلینی در بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده شده است (Fahramand *et al*., 2014).

کلسیم یکی از عناصر فراوان در پوسته‌ی زمین و جز عناصر ماکرو برای گیاهان است (Barker and Pilbeam, 2007). عنصری نسبتاً غیرمتحرک که به‌صورت کاتیون دو ظرفیتی (Ca^{2+}) جذب می‌شود (بنی‌هاشم، ۱۳۹۲). کلسیم به‌عنوان پیام‌رسان ثانویه در گیاهان، به محرک‌های محیطی و هورمون‌ها واکنش نشان می‌دهد. این عنصر به فعالیت هورمون اکسین نیز کمک می‌کند (بنی‌هاشم، ۱۳۹۲). به‌طور کلی کلسیم، مقاومت اندام‌های گیاهی را در برابر صدمات مکانیکی، شکستگی، آفات و بیماری‌ها افزایش می‌دهد و همچنین باعث رشد طولی و گسترش ریشه و شاخه‌ها می‌شود (بنی‌هاشم، ۱۳۹۲). کلسیم در متابولیسم نیتروژن و انتقال و تأمین کربوهیدرات برای سلول‌های گیاهی دخالت دارد (خارا، ۱۳۸۵؛ Fageria, 2009).

تأثیر کاربرد محلول‌پاشی اسید هیومیک در غلظت‌های (صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و پوتریسین روی گیاه رز (*Rosa hybrida*) بررسی شد، نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که اسید هیومیک (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) موجب افزایش قابل‌توجه نیتروژن برگ در مقایسه با سایر تیمارها و شاهد شد. همچنین سایر عناصر ماکرو از جمله فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم تحت‌تأثیر اسیدهیومیک و پوتریسین قرار گرفتند و میزان جذب آن‌ها به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت (Dastyaran, 2015). پژوهشی دیگر برمبنای تأثیر اسید هیومیک (در دو غلظت صفر و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بر جذب عناصر و رشد گیاه ژربرا در شرایط کشت هیدروپونیک انجام شد، نتایج نشان داد که اسید هیومیک سبب افزایش جذب نیتروژن (۳۶ درصد نسبت به شاهد)، فسفر، کلسیم و منیزیم و آهن شد اما جذب پتاسیم تحت‌تأثیر اسید هیومیک قرار نگرفت (Haghighi *et al*., 2015). Fan و همکاران (۲۰۱٤) عنوان داشتند که با کاربرد اسید هیومیک در گل داوودی (*Chrysanthemum morifolium*) میزان کلروفیل، نسبت به شاهد ٤۳/٦ درصد افزایش یافت (Fan *et al*., 2014). در پژوهشی دیگر، تأثیر افزایش آب و مصرف اسید هیومیک (صفر، ۲۰، ۳۰ و ٤۰ لیتر بر هکتار) به‌صورت کاربرد خاکی بر پارامترهای رشدی صنوبر (*Populus nigra*) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل، فعالیت‌های ریشه و وزن ریشه در اثر کاربرد اسید هیومیک ٤۰ لیتر در هکتار به‌دست آمد (Jing- Min *et al*., 2010).

نانوکودها روشی برای کاهش یا حذف استفاده از کودهای شیمیایی در سال‌های اخیر هستند، ذخیره انرژی بیشتر، چگالی بیشتر و کاهش مردابی‌شدن آب‌های ساکن از جمله مزایای این کودها است (بالازاده و حسن‌پور اصیل، ۱۳۹۳).

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم به‌صورت محلول‌پاشی و کاربرد در پای بوته بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گل ژربرا انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱٦ تیمار (٤ تیمار اسید هیومیک و ٤ تیمار نانوکلات کلسیم)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]

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

نیترات منیزیم	نیترات پتاسیم	نیترات آمونیم	مونوآمونیم فسفات	سولفات پتاسیم	کلات آهن ٦ درصد	نیترات کلسیم نیترات آمونیم
۲۱۰ گرم	٤۹۳ گرم	۱۰۰ گرم	۱۱۵ گرم	۸۷ گرم	۲۰ گرم	۷۵ گرم

و سه تکرار و در هر تکرار سه گلدان و در هر گلدان یک گیاه انجام شد. این پژوهش در گلخانه‌های آموزشی، تولیدی و پژوهشی دانشگاه ارومیه در سال ۱۳۹۷ و آزمایش‌های مربوطه در آزمایشگاه‌های گروه علوم باغبانی و گروه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی ارومیه انجام شد.

برای کشت گیاه، ابتدا محیط‌کشت (٦۵ درصد پیت‌ماس، ۳۰ درصد پرلیت و ۵ درصد کوکوپیت) آماده شد. سپس نشاء کشت بافتی (خریداری‌شده در مرحله چهار برگی از شرکت اتکا در تهران) در گلدان سایز ۲۰ (حجم ۷ لیتر، ارتفاع و قطر گلدان به‌ترتیب ۱۹ و ۲٤ سانتی‌متر) در شرایط گلخانه‌ای کشت شدند. دمای روز در گلخانه ۲۵-۲۰ و دمای شب ۱٦-۱۳ درجه سانتی‌گراد، طول روز ۱٦/۸ ساعت (شب/ روز)، شدت نور طبیعی گلخانه $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ ٤۰۰-۵۰۰ بود.

تغذیه گیاهان سه بار در هفته و براساس ترکیب محلول غذایی که در جدول ۱ آورده شده است، انجام شد. لازم به ذکر است که عناصر میکرو نیز با غلظت مشخص به محلول غذایی اضافه می‌شدند. تیمارهای اعمال‌شده شامل اسید هیومیک (از منبع لئوناردیت و ساخت کشور آلمان که حاوی ۸۵ درصد اسید هیومیک، ۰/۸ درصد نیتروژن ارگانیک، ۱ درصد آهن و ۱۲ درصد پتاسیم بود) در چهار غلظت صفر (شاهد)، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هر دو هفته یکبار به‌صورت کاربرد در محیط‌کشت و نانوکلات کلسیم در چهار غلظت صفر (شاهد)، ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر هر دو هفته یکبار به صورت محلول‌پاشی بودند که حدود یک و نیم ماه بعد از کشت نشا اعمال شدند. مدت اعمال تیمارها دو ماه بود.

در پایان آزمایش، شاخص‌های مربوطه از جمله حجم ریشه (براساس اختلاف حجم ایجادشده در استوانه مدرج حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر آب)، وزن تر و خشک گل‌آذین، ساقه گل‌دهنده و ریشه با ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری شدند.

میزان کلروفیل a، b و کل با روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) تعیین شد. میزان جذب برای کلروفیل a و b به‌ترتیب در طول‌موج‌های ٦٦۳ و ٦٤۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده و میزان کلروفیل از روابط زیرمحاسبه شد.

$$Chl\ a = (11.75 \times A663 - 2.350 \times A645)$$
$$Chl\ b = (18.61 \times A645 - 3.960 \times A663)$$
$$Chl\ total = Chl\ a + Chl\ b$$

به‌منظور اندازه‌گیری عناصر برگ از برگ‌های بالغ وسطی گیاه استفاده شد. برای اندازه‌گیری نیترات برگ از روش Cataldo (۱۹۷۵) استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری عناصر پتاسیم، فسفر و کلسیم، ابتدا از نمونه‌های خشک‌شده در کوره ۵۵۰ سانتی‌گراد، عصاره تهیه شد (Ryan *et al.*, 2001). اندازه‌گیری میزان فسفر به‌روش کالریمتری (رنگ زرد مولبیدات وانادات) به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ٤۷۰ نانومتر، اندازه‌گیری پتاسیم با دستگاه شعله‌سنج (فلیم‌فتومتر، مدل فاطر ٤۰۵) از روش Mizukoshi و همکاران (۱۹۹٤) و اندازه‌گیری میزان کلسیم به‌روش تیتراسیون با EDTA ۰/۰۱ مولار انجام شد (غازان‌شاهی، ۱۳۸۵).

تجزیه داده‌ها با کمک نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel (2016) انجام شد.

نتایج و بحث

وزن تر گل‌آذین: نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی اسید هیومیک بر وزن تر گل‌آذین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود ولی اثر اصلی نانوکلات کلسیم و اثر متقابل اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر وزن تر

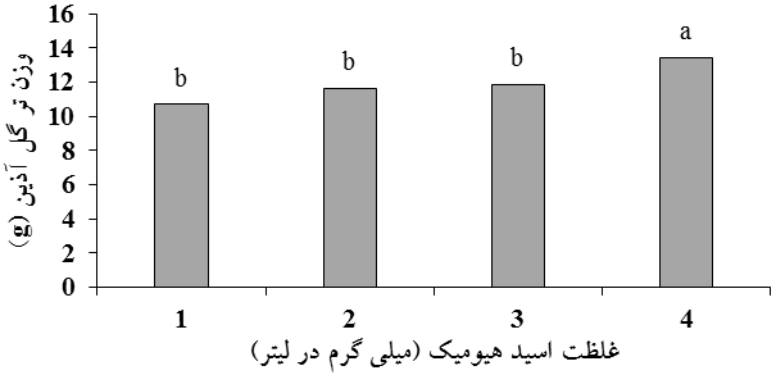
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]

جدول ۲- نتایج تجزیه‌ی واریانس مربوط به اثرات اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر برخی ویژگی‌های ژربرا رقم دانی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		وزن تر گل‌آذین	وزن خشک گل‌آذین	وزن تر ساقه گل‌دهنده	وزن خشک ساقه گل‌دهنده	حجم ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
اسید هیومیک (A)	۳	۱۵/۲٤**	۱۰/۸٤٤**	٥٦/۲۹**	۸/۱۹۷**	۱٦۷٦۸٥۲۰۸۳۳**	۱۱٤۰۱/٥٥۸۳**	۷۸٦/٦٤۱٦**
نانوکلات کلسیم (B)	۳	۲/۷۷^{ns}	۰/۲۳۲**	۱۷/٦۷*	۰/۱۹٤**	٥۷۲۹۰۹۷۲۲**	٥۰۲/۳۰٥ ^{ns}	٦۹/٥۳۰٤^{ns}
(B) × (A)	۹	۱/۱۸^{ns}	۰/۲٥۹**	۱۲/٤۲*	۰/۰٦۳۳**	۷٦۲۰۰۲۳۱٥**	۱۰۱۰/٤٥^{ns}	٤۰/۰٤٤^{ns}
خطای آزمایشی	۳۲	۱/۸۳	۰/٤۹٥	٤/٥۷	۰/۰۱٤۱	۱/۱۰	٥۰۲/۳٤	۲۷/۹۳۳
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۳۸	۸/۲۰	۹/٤٦	٦/۱۸	۹/۸۷	۲۳/۷۹	۲۳/٦۹

****: معنی‌داری در سطح ۱ درصد، *: معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ns: عدم معنی‌داری**



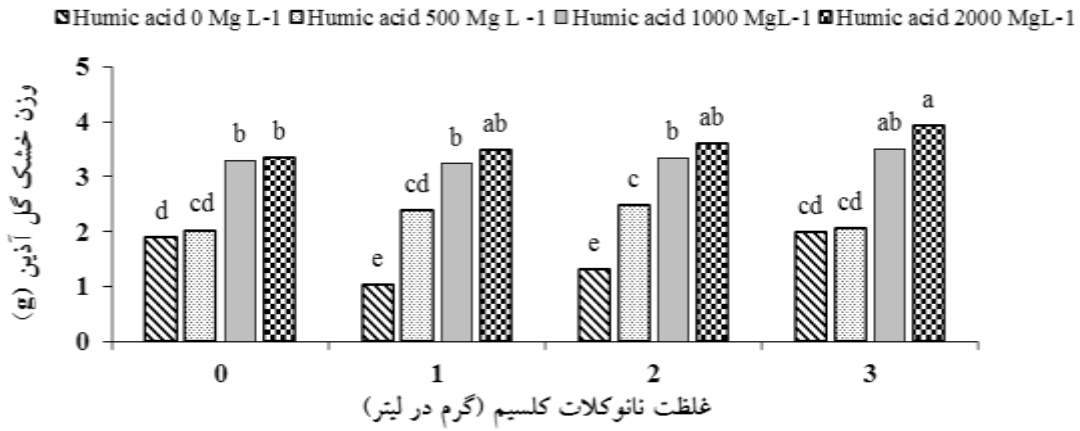
شکل ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر وزن تر گل‌آذین ژربرا رقم دانی. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۱ ٪ است.

گل‌آذین از لحاظ آماری معنی‌دار نگردید (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن تر گل‌آذین (۱۳/٤ گرم) در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و کمترین وزن تر گل‌آذین (۱۰/٦۹ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد، هر چند که با غلظت‌های ٥۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱).

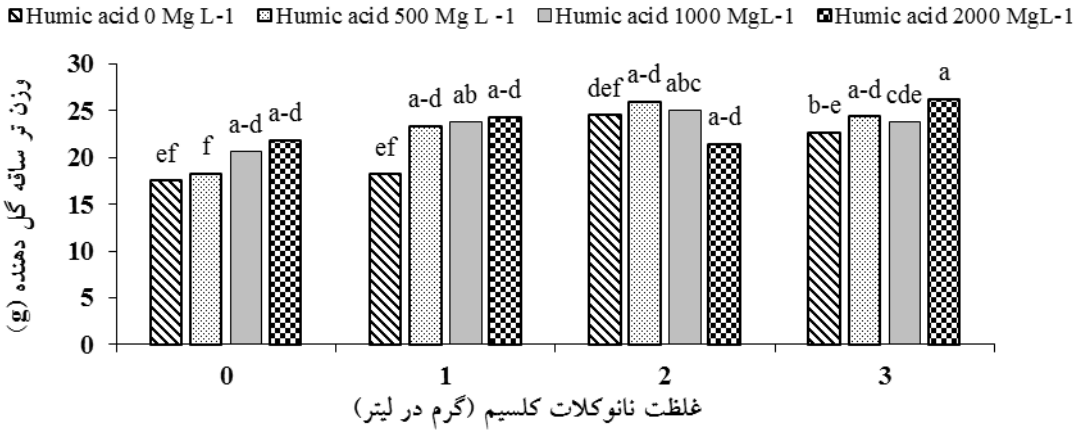
وزن خشک گل‌آذین: نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک گل‌آذین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک گل‌آذین (۳/۹۲ گرم) در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد هر چند که با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و غلظت‌های ۱ و ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین وزن خشک گل آذین (۱/۰۳ گرم) در غلظت ٥۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۱ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد. شکل ۲ نشان می‌دهد که افزایش اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم منجر به افزایش وزن خشک گل‌آذین شده است. (شکل ۲).

وزن تر ساقه گل‌دهنده: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر اصلی اسید هیومیک بر وزن تر ساقه گل‌دهنده در سطح احتمال ۱ درصد و اثر اصلی نانوکلات کلسیم و اثر متقابل اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر وزن تر ساقه گل‌دهنده در سطح احتمال ٥ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]



شکل ۲- اثرات متقابل اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر وزن خشک گل‌آذین ژربرا رقم دانی. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۱ ٪ است.



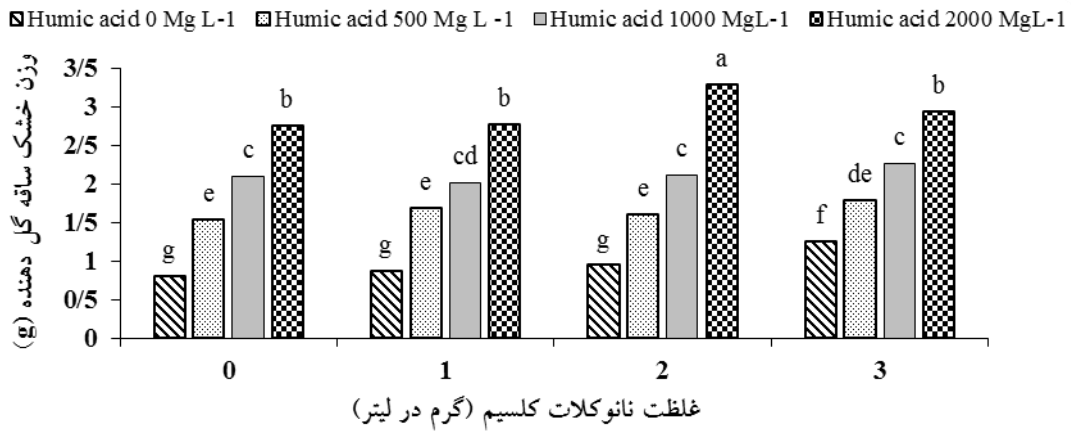
شکل ۳- اثرات متقابل اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر وزن تر ساقه گل‌دهنده ژربرا رقم دانی. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ است.

میزان وزن تر ساقه گل‌دهنده (۲٦/۲۹ گرم) در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد، اگرچه با اکثر تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین وزن تر ساقه گل‌دهنده (۱۷/۵۷ گرم) در تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۳).

وزن خشک ساقه گل‌دهنده: نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک ساقه گل‌دهنده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک ساقه گل‌دهنده (۳/۲۹ گرم) در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم و کمترین وزن خشک ساقه گل‌دهنده (۰/۸ گرم) در تیمار شاهد (بدون کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم) مشاهده شد (شکل ٤).

همان‌طور که در نمودارها مشاهده می‌شود اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم باعث بهبود ویژگی‌های گل در گیاه ژربرا نسبت به شاهد شدند. تشکیل کمپلکس بین اسید هیومیک و یون‌های معدنی، تحریک متابولیسم اسید نوکلئیک و فعالیت شبه‌سایتوکینینی، شبه‌جیبرلین و شبه‌اکسینی اسید هیومیک از دلایل عمده این افزایش هستند (Youssef *et al.*, 2004). اثر مثبت اسید هیومیک بر ویژگی‌های رشدی گیاه می‌تواند به‌دلیل اثر مستقیم شبه‌هورمونی آن یا اثر غیرمستقیم آن در افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]



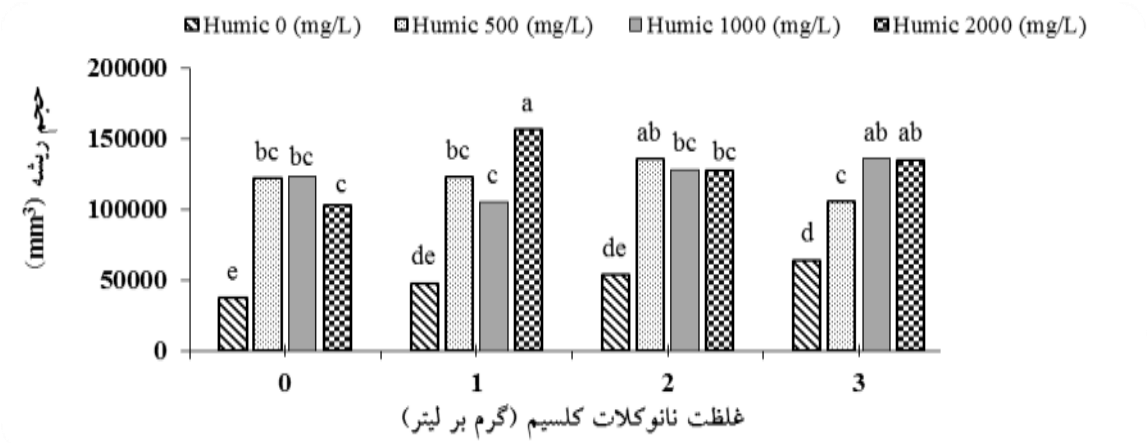
شکل ٤- اثرات متقابل اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر وزن خشک ساقه گل‌دهنده ژربرا رقم دانی. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

جذب عناصر به‌ویژه کلسیم باشد که به افزایش مقاومت مکانیکی دیواره سلولی و ثبات بیشتر غشای سلولی منجر می‌شود (Nikhbakhat *et al.*, 2008). همان‌طور که در پژوهش حاضر مشاهده شد، کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش وزن تر و خشک گل‌آذین و ساقه گل‌دهنده شد، به‌نظر می‌رسد که علاوه بر فعالیت شبه‌اکسینی و شبه‌سایتوکینینی اسید هیومیک، دخیل‌بودن در جذب عناصر، باعث قرارگیری گیاه در شرایط ایده‌آل رشدی شده و منجر به بهبود این ویژگی‌های رشدی شده است. اسید هیومیک باعث افزایش جذب نیتروژن در پژوهش حاضر شده است، عنصر نیتروژن در رشد رویشی و افزایش وزن تر گیاه نقش دارد که می‌تواند علت دیگری بر افزایش وزن تر گل‌آذین و ساقه گل‌دهنده در این مطالعه باشد. وزن خشک متأثر از میزان ماده خشک است، اسید هیومیک در میزان فتوسنتز (به‌دلیل افزایش کلروفیل) نقش دارد، افزایش فتوسنتز به نوبه‌ی خود باعث افزایش میزان کربرهیدرات در گیاه شده و وزن خشک گیاه افزایش می‌یابد، بنابراین به‌نظر می‌رسد دلیل افزایش وزن خشک گل در پژوهش حاضر باشد. کلسیم در تشکیل و افزایش پروتئین میتوکندری اثر مثبت دارد و سبب افزایش جذب آب، وزن تر و توازن آب گل‌ها می‌شود (Jing *et al.*, 2004).

عنصر کلسیم برای آنزیم‌های آمیلاز و ATPase کوفاکتور بوده و در پایداری و مقاومت مکانیکی دیواره سلولی، در انتقال کربوهیدرات و بسته‌شدن روزنه‌ها نقش دارد (Fageria, 2009). کلسیم در متابولیسم ازت و انتقال کربوهیدرات‌ها نیز دخالت دارد (خارا، ۱۳۸۵). بنا به آنچه که اشاره شد، تأثیر کلسیم بر جذب آب و بسته‌شدن روزنه‌ها و تأثیر بر متابولسیم ازت می‌تواند علت افزایش وزن تر ساقه گل‌دهنده و حفظ و توازن آب توسط این عنصر باشد (Jing *et al.*, 2004). احتمالاً دخیل‌بودن کلسیم در انتقال کربوهیدرات، باعث افزایش وزن خشک گل در این مطالعه شده است که با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش علی‌پور و دانایی (۱۳۹۷) مطابقت دارد. عنصر کلسیم در سنتز پروتئین‌های میتوکندری دخیل است، میتوکندری در تنفس هوازی و انتقال فعال تعداد زیادی از عناصر نقش دارد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۵) می‌توان نتیجه گرفت که بین جذب عناصر و کلسیم ارتباط مثبتی وجود دارد، کلسیم با جلوگیری از تجزیه کلروفیل و پروتئین‌ها می‌تواند باعث افزایش رشد و درنتیجه افزایش وزن خشک گل‌آذین و ساقه گل‌دهنده شود.

حجم ریشه: نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر حجم ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین حجم ریشه (۱۵٦٦٦۷ میلی‌متر مکعب) در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۱ گرم در لیتر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]



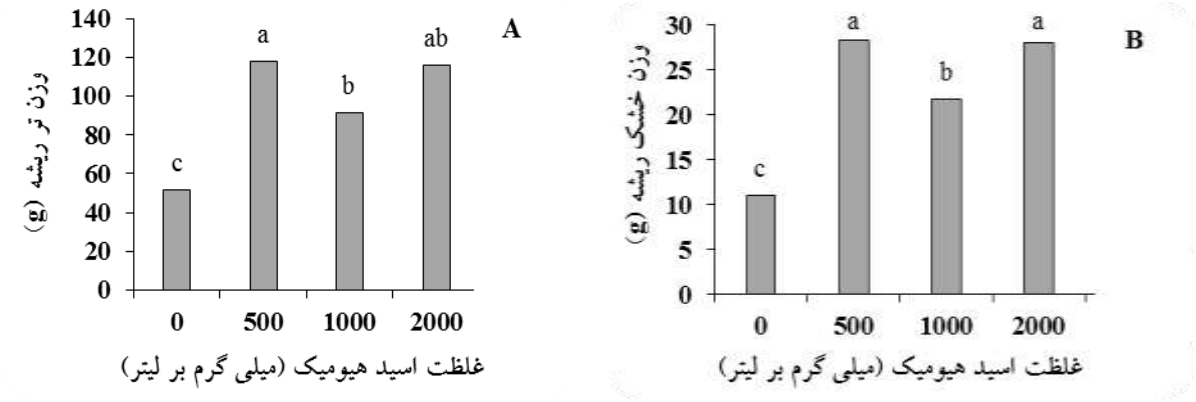
شکل ٥- اثرات متقابل اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر حجم ریشه ژربرا رقم دانی. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ١ ٪ است.

نانوکلات کلسیم و کمترین حجم ریشه (٣٧٠٠٠ میلی‌متر مکعب) در تیمار شاهد (بدون کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم) مشاهده شد (شکل ٥). در تیمار بدون کاربرد نانوکلات کلسیم، با افزایش میزان اسید هیومیک، حجم ریشه افزایش یافت. در همین تیمار، غلظت ٥٠٠ و ١٠٠٠ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بیشترین حجم ریشه را داشتند و کمترین میزان آن در تیمار شاهد به‌دست آمد. کاربرد نانوکلات کلسیم به تنهایی (بدون کاربرد اسید هیومیک) تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای در افزایش حجم ریشه نداشت، درحالی‌که کاربرد همزمان نانوکلات کلسیم و اسید هیومیک به‌طور همزمان تأثیر بسزایی بر حجم ریشه داشت. با توجه به شکل ٥ در غلظت ٣ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم با افزایش اسید هیومیک، حجم ریشه افزایش یافت.

وزن تر و خشک ریشه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که فقط اثر اصلی اسید هیومیک بر وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود. اما اثر نانوکلات کلسیم و اثرات متقابل اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم از نظر آماری معنی‌دار نگردید (جدول ٢). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان وزن تر ریشه (١١٧/٨٧ و ٥١/٥٧ گرم) به‌ترتیب در غلظت ٥٠٠ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و تیمار شاهد به‌دست آمد، اگر چه اختلاف بین تیمارهای ٥٠٠ و ٢٠٠٠ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل A ٦). در وزن خشک نیز، بیشترین و کمترین میزان وزن خشک ریشه (٢٨/٣٨ و ١١/٠٤ گرم) به‌ترتیب در غلظت ٥٠٠ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل B ٦). هر چند که اختلاف بین دو تیمار ٥٠٠ و ٢٠٠٠ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک از نظر آماری معنی‌دار نبود.

در پژوهش انجام‌شده، کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم منجر به بهبود ویژگی‌های رشدی مربوط به ریشه نسبت به شاهد شدند. در بسیاری از مطالعات مشخص شده است که اسید هیومیک باعث افزایش جذب عناصر معدنی (Mackowiak *et al*., 2001)، تحریک طول ریشه (Canellas *et al*., 2002) و افزایش وزن تر و خشک محصولات گیاهی می‌شود (Chen *et al*., 2004). کاربرد خاکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک، میزان اکسین، سایتوکنین و جیبرلین را در گیاهان افزایش می‌دهد (Abdel-Mawgoud *et al*., 2007). در پژوهشی، Liu و Cooper (٢٠٠٠) نشان دادند که هر گونه افزایش در وزن ریشه، دسترسی به عناصر غذایی خاک را بهبود می‌بخشد. برخی پژوهشگران، دلیل مؤثربودن اسید هیومیک بر افزایش رشد و نمو گیاهان را مواد تنظیم‌کننده از قبیل ایندول استیک اسید، جیبرلین‌ها و سایتوکینین‌های موجود در اسید هیومیک دانسته و همچنین برخی دیگر، اثرات مثبت اسید هیومیک را به تأثیر بیشتر آن بر ریشه گیاهان نسبت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]



شکل ٦- تأثیر غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر وزن تر (A) و خشک (B) ریشه ژربرا رقم دانی. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

داده‌اند (Turkmen *et al.*, 2007). غلظت‌های زیاد اسید هیومیک، رشد ریشه را در سیستم‌های بدون خاک، تحریک کرده و باعث افزایش حجم ریشه می‌شوند که ممکن است به‌دلیل جذب آسان‌تر و کارآیی مواد غذایی باشد. این احتمال وجود دارد که افزایش جذب مواد غذایی به‌وسیله‌ی گیاهان می‌تواند به‌طور ویژه‌ای در ارتباط با افزایش رشد ریشه باشد، همچنین گسترش ریشه می‌تواند در اثر فعالیت شبه‌هورمونی اسید هیومیک باشد (Elmongy *et al.*, 2018).

رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر میزان کلروفیل a، b و کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

کلروفیل a: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a (۱/۱۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم و کمترین میزان آن (۰/۳٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار شاهد (بدون کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم) مشاهده شد (شکل ۷). در کاربرد نانوکلات کلسیم به تنهایی، افزایش غلظت نانوکلات کلسیم باعث افزایش میزان کلروفیل a شد. در کاربرد همزمان اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم، روند مشخصی در میزان کلروفیل a مشاهده نشد.

کلروفیل b: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b (۰/٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و تیمار بدون کاربرد نانوکلات کلسیم و کمترین میزان آن (۰/۱۵٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۸). کاربرد اسید هیومیک به تنهایی، نشان داد که با افزایش اسید هیومیک تا غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، کلروفیل b افزایش یافت سپس تا حدودی روند کاهشی نشان داد. کاربرد نانوکلات کلسیم به‌تنهایی تأثیری در میزان کلروفیل b نداشته و بین غلظت‌های مختلف نانوکلات کلسیم (بدون کاربرد اسید هیومیک) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

کلروفیل کل: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل کل (۱/٤۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم و کمترین میزان آن (۰/۵٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار شاهد (بدون کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم) مشاهده شد (شکل ۹). در کاربرد اسید هیومیک به تنهایی، با افزایش غلظت اسید هیومیک، میزان کلروفیل کل روند افزایشی نشان داد. در کاربرد نانوکلات کلسیم به تنهایی نیز میزان کلروفیل کل روند افزایشی داشت هر چند که بین غلظت‌های ۲ و ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

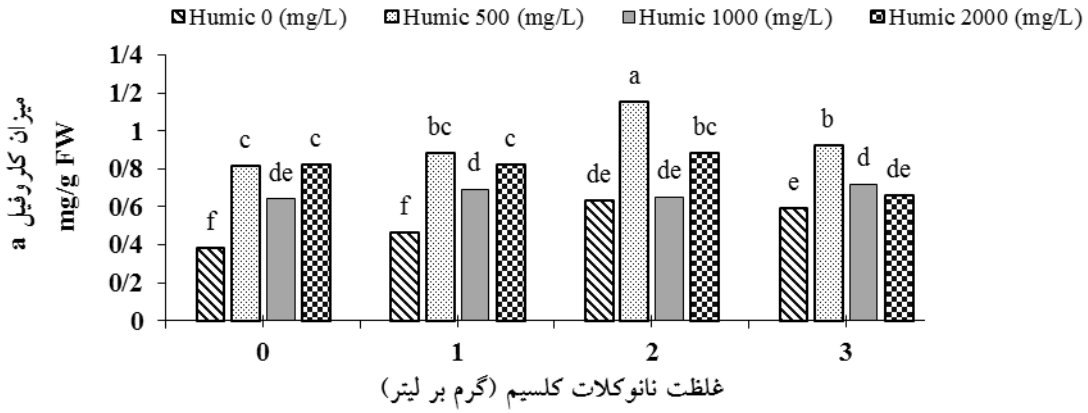
افزایش محتوای کلروفیل در اثر کاربرد اسید هیومیک توسط طالبی و جبارزاده (۱۳۹۷) در رز (*Rosa hybrida*)، Zhang و همکاران (۲۰۰٤) در کالاته‌آ (*Calatehea insignis*)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]

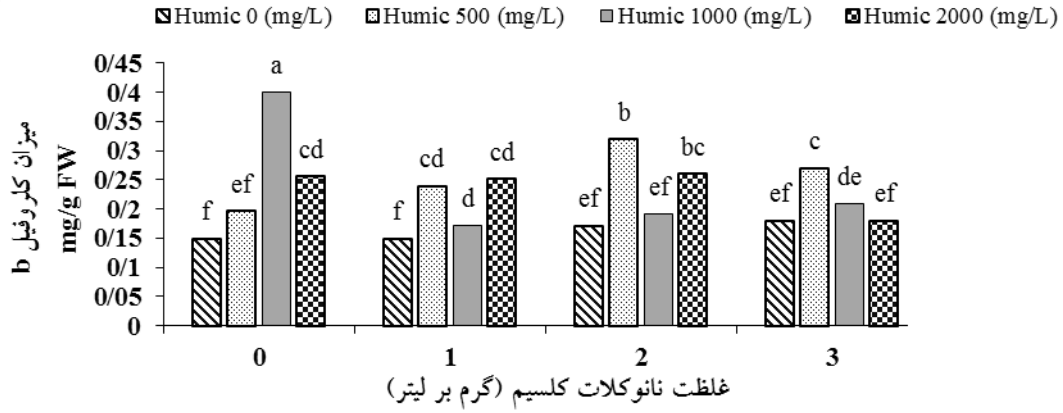
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و جذب عناصر در ژربرا رقم دانی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	نیترات	فسفر	پتاسیم	کلسیم
اسید هیومیک (A)	۳	۰/۳۸۵۲**	۰/۰۲۰**	۰/۵۶۳**	٤/٤١١**	۰/۱٤۲۷۷**	۱/۰۸۷۹۱**	۰/۳۰۸۳۵**
نانوکلات کلسیم (B)	۳	۰/۰۵۸۸**	۰/۰۰۵۰ **	۰/۰٦۱۳**	۰/۲۷۷**	۰/۰۰۹۸٦ ^{ns}	۰/۹۰٤۳۵*	۰/۲۵۳٦۵**
(B) × (A)	۹	۰/۰۲٦۰**	۰/۰۱٤**	۰/۰٦۱۱**	۰/۰۷۲۱*	۰/۰۲۲۱^{ns}	۱/۱۲۳**	۰/۱۳۵٤**
خطای آزمایشی	۳۲	۰/۰۰۱٤	۰/۰۰۰۳٦	۰/۰۰۲	۰/۰۳۱	۰/۰۱۰۷	۰/۲۲۲	۰/۰٤۵
ضریب تغییرات (٪)		۵/۰۸	۸/۳٦	٤/۹٤	۱۱/۰۷	۲۱/۱۳	۱۵/۱۹	۱۱/۳۱

****: معنی‌داری در سطح ۱ درصد، *: معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ns: عدم معنی‌داری**



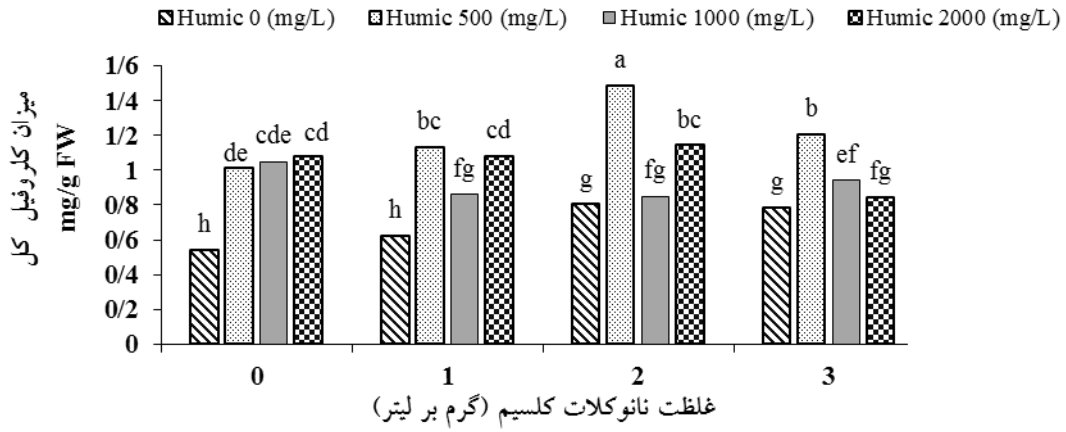
شکل ۷- اثرات متقابل غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر میزان کلروفیل a ژربرا رقم دانی. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.



شکل ۸- اثرات متقابل غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر میزان کلروفیل b ژربرا رقم دانی. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

و Fan و همکاران (۲۰۱٤) در داوودی (*Chrysanthemum morifolium*) تأیید شده است. به‌نظر می‌رسد که افزایش جذب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]



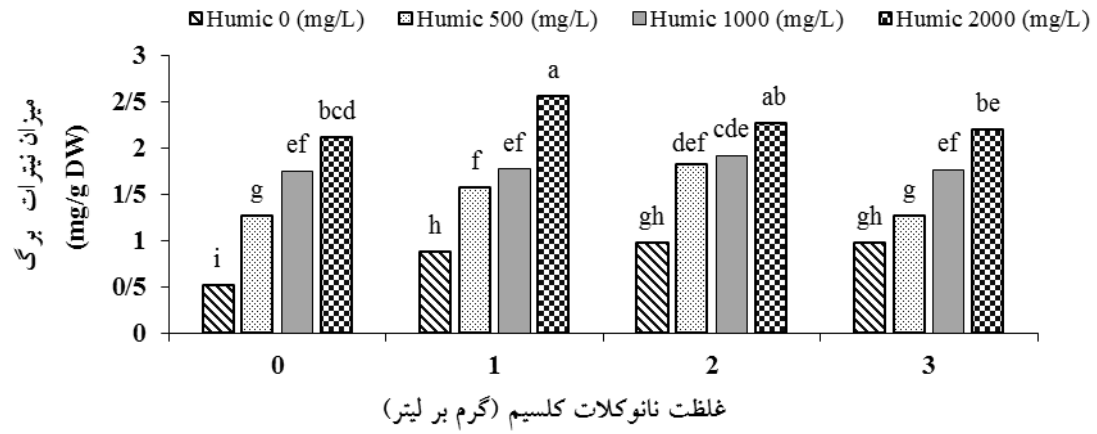
شکل ۹- اثرات متقابل غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر میزان کلروفیل کل ژربرا رقم دانی. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

عناصری مثل نیتروژن و منیزیم که عناصر اصلی در ساختار حلقه پیرول مولکول کلروفیل هستند، دلیلی بر افزایش میزان کلروفیل در اثر کاربرد اسید هیومیک باشند. علاوه بر این با توجه به تحقیقات انجام‌شده، مشخص گردیده که کلسیم با تأثیر بر عملکرد میتوکندری، سبب افزایش انتقال فعال عناصر و درنتیجه افزایش جذب عناصر غذایی می‌شود، که احتمالاً دلیل افزایش میزان کلروفیل است. شاید دلیل افزایش کلروفیل در این پژوهش اثر شبه‌سایتوکینینی اسید هیومیک باشد که منجر به تأخیر در پیری و کاهش میزان تخریب کلروپلاست‌ها باشد. افزایش محتوای کلروفیل کل برگ ممکن است به‌دلیل سرعت جذب نیتروژن و نیترات، افزایش متابولیسم نیتروژن و تولید پروتون به وسیله اسید هیومیک و درنهایت افزایش محتوای کلروفیل باشد (Haghighi *et al.*, 2012).

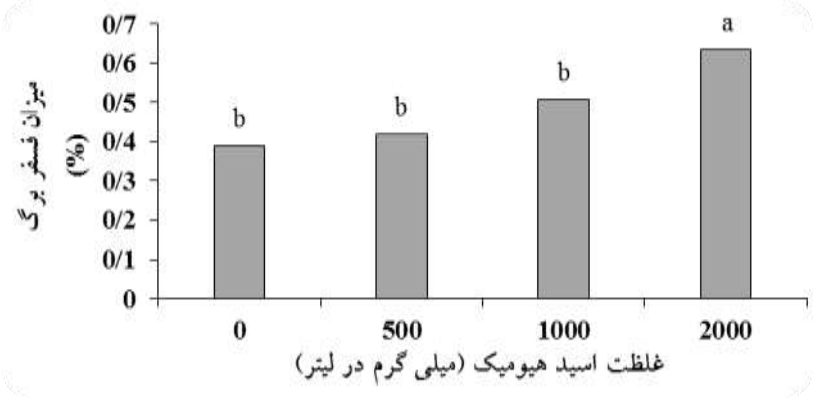
عناصر غذایی، نیترات: نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثرات اصلی اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر میزان نیترات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان نیترات (۰/۰۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و غلظت ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم و کمترین میزان آن (۰/۰۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار شاهد (بدون کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم) مشاهده شد (شکل ۱۰). در کاربرد اسید هیومیک به تنهایی، با افزایش غلظت اسید هیومیک میزان نیترات تا غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر روند افزایشی داشت سپس با افزایش غلظت اسید هیومیک (۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) میزان نیترات روند کاهشی داشت، هر چند که با سایر غلظت‌ها (صفر، ۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) اختلاف معنی‌داری نداشت. در کاربرد نانوکلات کلسیم به تنهایی نیز، با افزایش غلظت آن میزان جذب نیترات روند افزایشی داشت و بیشترین میزان جذب آن مربوط به تیمار ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم بود. با توجه به شکل ۱۰، با افزایش غلظت نانوکلات کلسیم، افزایش غلظت اسید هیومیک به‌طور تقریبی باعث افزایش میزان نیترات شده است.

فسفر: باتوجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، مشخص شد که فقط اثر اصلی اسید هیومیک بر میزان فسفر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اما اثر نانوکلات کلسیم و اثرات متقابل اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم از نظر آماری معنی‌دار نگردید (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان فسفر (۰/۶۳ و ۰/۳۹ درصد) به‌ترتیب در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و شاهد به‌دست آمد اگر چه اختلاف بین سه غلظت صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم در لیتر اسید هیومیک نیز از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱۱).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]



شکل ۱۰- اثرات متقابل غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر مقدار نیترات ژربرا رقم دانی. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۵٪ است.

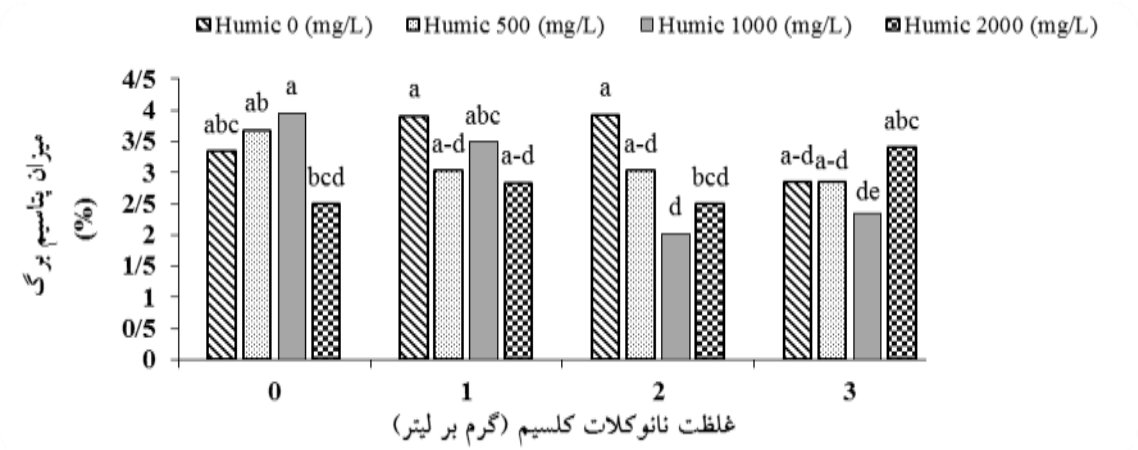


شکل ۱۱- اثر اصلی اسید هیومیک بر مقدار فسفر گل ژربرا رقم دانی. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

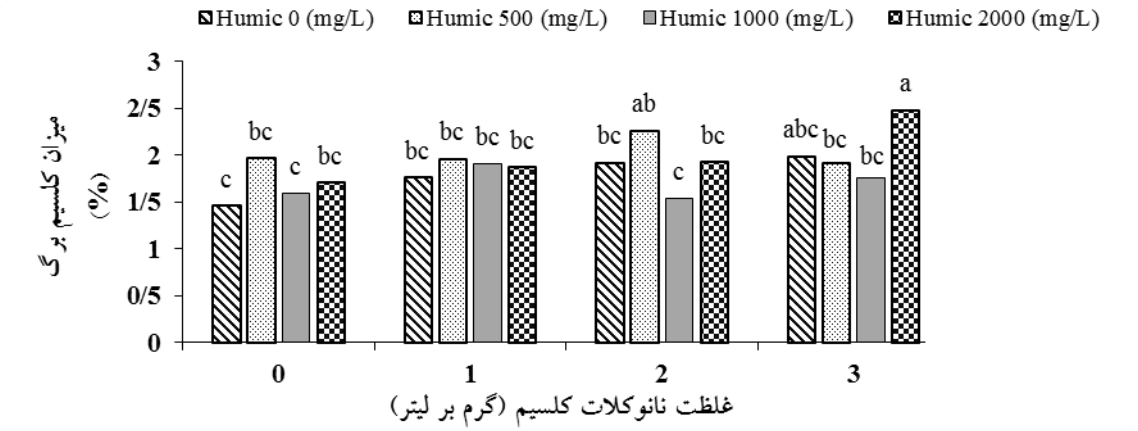
پتاسیم: نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر اصلی اسید هیومیک و اثر متقابل اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر میزان پتاسیم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و اثر اصلی نانوکلات کلسیم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان پتاسیم (۳/۹۵ درصد) در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و تیمار بدون کاربرد نانوکلات کلسیم و کمترین میزان آن (۲/۰۱ درصد) در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۲ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد (شکل ۱۲). در کاربرد اسید هیومیک به تنهایی، با افزایش میزان غلظت اسید هیومیک تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، میزان جذب پتاسیم روند افزایشی داشت، اما در غلظت بیشتر اسید هیومیک (۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) میزان جذب پتاسیم کاهش یافت. همچنین در صورت کاربرد نانوکلات کلسیم به تنهایی نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد یعنی با افزایش غلظت آن تا ۲ گرم در لیتر، میزان جذب پتاسیم روند افزایشی داشت اما در غلظت بیشتر آن (۳ گرم در لیتر)، میزان پتاسیم کاهش یافت.

کلسیم: نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثرات اصلی اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر میزان کلسیم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلسیم (۲/٤۸ درصد) در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و ۳ گرم در لیتر نانوکلات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]



شکل ۱۲- اثرات متقابل غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر میزان پتاسیم گل ژربرا رقم دانی. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.



شکل ۱۳- اثرات متقابل غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر میزان کلسیم برگ در گل ژربرا رقم دانی. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح ۱٪ است.

کلسیم و کمترین میزان آن (۱/٤٦ درصد) در تیمار شاهد (بدون کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم) مشاهده شد (شکل ۱۳). در کاربرد اسید هیومیک به تنهایی (بدون کاربرد نانوکلات کلسیم) غلظت ۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک نقش بیشتری در جذب کلسیم داشتند. در غلظت ۱ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم، افزایش غلظت اسید هیومیک تفاوت معنی‌داری در افزایش میزان جذب کلسیم ایجاد نکرد، همچنین در صورت کاربرد نانوکلات کلسیم به تنهایی با افزایش غلظت آن، میزان جذب کلسیم روند افزایشی داشت، هر چند که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم سبب بهبود جذب عناصر نسبت به شاهد شده‌اند. اسید هیومیک ترکیبی است که به‌طور بالقوه می‌تواند باعث افزایش دسترسی به عناصر غذایی و تولید محصول شود. اسید هیومیک نقش مهمی در انتقال و دسترسی به عناصر غذایی میکرو ایفا می‌کند. به‌طورکلی باعث افزایش جذب عناصر از طریق ریشه و انتقال آن به شاخساره و دیگر قسمت‌های گیاه و درنتیجه افزایش رشد گیاه می‌شود (شور و همکاران، ۱۳۹۷). براساس گزارشات، تفاوت در نتایج، ناشی از سطوح تیمارها، سیستم رشد و منبع ماده هیومیکی است (Arancon *et al.*, 2003). همچنین گزارش شده است که کاربرد اسید هیومیک، رشد گیاهان و جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد (Turkmen *et*

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]

al., 2007). افزایش جذب عناصر غذایی مثل روی، مس، نیتروژن و غیره در اثر کاربرد اسید هیومیک توسط پژوهشگران دیگری از جمله Haghighi و همکاران (۲۰۱۵) در ژربرا، Verlinden و همکاران (۲۰۱۰) در گرس (Grass) و بنی‌جمال و بیات (۱۳۹۲) در رز تأیید شده است. با توجه به مطالعات قبلی نیز مشخص شده است که اسید هیومیک نقش مفید و مؤثری در جذب عناصر غذایی دارد که این نقش اسید هیومیک می‌تواند به دلیل تأثیر آن بر رشد ریشه، افزایش نفوذپذیری سلول‌های غشای سلولی، افزایش میزان فتوسنتز و سایر عوامل باشد که همه‌ی این عوامل جذب بیشتر عناصر غذایی از محیط ریشه را سبب می‌شوند. همچنین افزایش طول ریشه در اثر کاربرد اسید هیومیک نیز امکان دسترسی هر چه بیشتر به عناصر غذایی را موجب می‌شود. در مورد کاربرد نانوکلات کلسیم نیز مکانیسم کار تا حدودی مشابه است. نانوکلات کلسیم به‌عنوان یک منبع غذایی کلسیم، جذب بهتر سایر عناصر غذایی را تسهیل می‌کند چرا که عناصر غذایی می‌توانند بر جذب یکدیگر تأثیر گذاشته و کاربرد مقادیر مناسب عناصر غذایی می‌تواند به تغذیه بهتر گیاه منجر شود. کلسیم به‌عنوان یک کاتیون بر جذب پتاسیم اثر می‌گذارد، کاهش جذب پتاسیم در اثر کاربرد کلسیم توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است، در پژوهش انجام‌شده نیز با افزایش غلظت نانوکلات کلسیم به ۳ گرم در لیتر، میزان جذب پتاسیم کاهش یافت. Pinton و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری در افزایش جذب نیترات و فعالیت ATPase در غشای پلاسمایی سلول‌های ریشه در ذرت (*Zea mays* L.) داشت. به‌نظر می‌رسد که فعالیت پمپ پروتونی غشا اولین عکس‌العمل اسید هیومیک در جذب عناصر غذایی است (Sajadian and Hokmabadi, 2015). با بررسی اثر اسید هیومیک بر جذب فسفر و فعالیت آنزیم فسفاتاز، گزارش شده که اسید هیومیک از طریق ترکیب و ایجاد کمپلکس با آنزیم فسفاتاز باعث افزایش جذب فسفر در گیاه می‌شود (Sangeetha *et al*., 2006). در پژوهش انجام‌شده نیز میزان فسفر با افزایش غلظت اسید هیومیک افزایش یافت. افزایش جذب کلسیم در اثر کاربرد اسید هیومیک، می‌تواند به‌علت تشکیل کمپلکس و همات‌های پایدار در محیط‌کشت توسط اسید هیومیک باشد (Smith, 2018).

به‌طورکلی می‌توان گفت اسید هیومیک نقش مفید و مؤثری در جذب عناصر غذایی دارد که این نفش اسید هیومیک می‌تواند به‌دلیل تأثیر آن بر رشد ریشه، افزایش نفوذپذیری غشای سلولی، افزایش میزان تنفس و فتوسنتز و سایر عوامل باشد که همه‌ی این عوامل، جذب بیشتر عناصر غذایی از محیط ریشه را سبب می‌شوند. همچنین افزایش طول ریشه در اثر کاربرد اسید هیومیک نیز امکان دسترسی هر چه بیشتر به عناصر غذایی را موجب می‌شود (Liu and Cooper, 2000).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد توأم اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم به‌طور قابل توجهی ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه را از طرق مختلف تحت‌تأثیر قرار دهد. میزان غلظت مؤثر نیز بسته به نوع شاخص اندازه‌گیری‌شده متفاوت بود.

منابع

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

بنی‌هاشم، س. ض. (۱۳۹۲) تغذیه معدنی و بیماری‌های گیاهی (ترجمه). انتشارات آییژ.

بنی‌جمال، س. م. و بیات، ح. (۱۳۹۲) تأثیر مقادیر مختلف آمونیوم و کلسیم محلول غذایی بر وضعیت تغذیه‌ای، عملکرد و کیفیت گل رز (*Rosa hybrida* L.) در سیستم هیدروپونیک. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ٤: ۳۷-۲۹.

خارا، ج. (۱۳۸۵) کمبود و سمیت عناصر غذایی در گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات مهد تمدن.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]

رشیدی، آ. (۱۳۸۹) پرورش و تولید ژربرا. انتشارات مؤلف.

شاهسون‌مارکده، م. و چمنی، الف. (۱۳۹۳) تأثیر غلظت و زمان‌های مختلف کاربرد اسید هیومیک بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل بریده شب بو "رقم Hanza".مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱۹: ۱۷۰-۱۵۷.

شور، م.، عباس‌زاده فاروجی، ر.، تهرانی‌فر، ع.، عابدی، ب. و صفری، ن. (۱۳۹۷) اثر اسید هیومیک و اسید فولویک بر برخی صفات مورفولوژیک گیاه شمعدانی (*Pelargonium* spp.). نشریه علوم باغبانی ۳۲: ۵۰-۳۵.

طالبی، پ. و جبارزاده، ز. (۱۳۹۷) تأثیر کاربرد اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گل رز مینیاتوری رقم "هفت رنگ". فرآیند و کارکرد گیاهی ۷: ۲۷۳-۲۶۳.

غازان‌شاهی، ج. (۱۳۸۵) آنالیز خاک و گیاه. انتشارات آییژ.

علی‌پور، ن. و دانایی، الف. (۱۳۹۷) اثر محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم، سلنیوم و کلسیم بر خصوصیات کمی، کیفی، رشد و گلدهی جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta*). فصلنامه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی گیاهی ۱۳: ٤۲-۳۱.

قاسمی‌قهساره، م. و کافی، م. (۱۳۹۱) گلکاری علمی و عملی. جلد اول. انتشارات مؤلف.

ملکوتی، م. ج.، طباطبایی، س. ج. و کافی، م. (۱۳۸۵) روش‌های نوین تأمین به‌موقع عناصر غذایی در گیاهان. انتشارات سنا.

Abdel-Mawgoud, A. M. R., El-Greadly, N. H. M., Helmy, Y. I. and Singer, S. M. (2007) Responses of tomato plants to different rates of humic-based fertilizer and NPK fertilization. Journal of Applied Sciences Research 3: 169-174.

Arancon, N. Q., Lee, S., Edwards, C. A. and Atiyeh, R. (2003) Effect of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicompost on growth of green house plants. Pedobiologia 47: 741-744.

Barker, A. V. and Pilbeam, D. J. (2007) Handbook of plant nutrition. Taylor and Francis Group 122-125.

Canellas, L. P., Olivares, F. L., Okorokova- Facanha, A. L. and Facanha, A. R. (2002) Humic acida isolated from earthworm compost enhance root alongation, lateral root emergence and plasma membrane H^+-ATPase activity in maize roots. Us National Library of Medicine National Institutes of Health 130: 1951-1957.

Cataldo, D. A., Haroon, M., Schrader, L. E. and Young, V. L. (1975) Rapid colorimetric determination of nitrat in plant tissue by nitration of salicylic acid. Soil Science and Plant Analysis 6: 71-80.

Chen, Y., Clapp, C. E. and Magen, H. (2004) Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organic-iron complexes. Soil Science and Plant Nutrition 50: 1089-1095.

Danaee, E., Salehi, M. and Moradi, P. (2011) Effect of GA_3 and BA on postharvest quality and vase life of gerbera (*Gerbera jamesonii*. cv. Good Timing) cut flowers. Horticulture, Environment and Biotechnology 52: 140-144.

Dastyaran, M. (2015) Effect of humic acid and exogenous putrescine on vase life and leaf macro elements status of hydroponic cultured Rose (*Rosa hybrida* cv. 'Dolce Vita'). Agricultural Communications 3: 43-49.

Elmongy, M. S., Zhou, H., Cao, Y., Liu, B. and Xia, Y. (2018) The effect of humic acid on endogenous hormone levels and antioxidant enzyme activity during *in vitro* rooting of evergreen azalea. Scientia Horticulturae 227: 234-243.

Fageria, N. K. (2009) The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC Press, Boca Raton. FL. USA.

Fahramand, M., Moradi, H., Noori, M. and Sobkhizi, A. (2014) Influence of humic acid on increase yield of plants and soil properties. International Journal of Farming and Allied Sciences 3: 339-341.

Fan, H. M., Wang, X. W. and Sun, X. (2014) Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. Scientia Horticulturae 177: 118-123.

Geshnizjany, N., Ramezanian, A. and Khosh-Khui, M. (2018) Postharvest life of cut Gerbera (*Gerbera jamesonii*) as affected by nano-silver particles and calcium chloride. International Journal of Horticultural Science and Technology 1: 171-180.

Haghighi, M., Kafi, M. and Fang, P. (2012) Photosynthetic activity and N metabolism of lettuce as affected by humic acid. International Journal of Vegetable Science 18: 182-189.

Haghighi, M., Nikbakhat, A. and Pessarakli, M. (2015) Effects of humic acid on remediation of the nutritional deficiency of gerbera in hydroponic culture. Journal of Plant Nutrition 39: 702-713.

Jing, W. X., Danshjeng, Ch., Nianghui, L., Jingming, W. and Youxiong, D. (2004) Effect of calcium chloride on preservation of cut flowers of *Gerbera hybrida*. Acta Botanica Yunnanica 26: 345-348.

Jing-min, Z., Shang-Jun, X., Mao-Peng, S., Bing-Yao, M., Xiu-Mei, C. and Chunsheng, L. (2010) Effect of humic acid on poplar physiology and biochemistry properties and growth under different water level. Journal of Soil and Water Conservation 8: 9-20.

Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]

Liu, C. and Cooper, R. J. (2000) Humic substances influencecreeping bentgrass growth. Golf Course Management 49-53.

Mackowiak, C. L., Grossl, P. R. and Bugbee, B. G. (2001) Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. Soil Science Society of America 56: 1744-1750.

Mizukoshi, K., Nishiwaki, T., Ohtake, N., Minagawa, R., Kobayashi, K., Ikarashi, T. and Ohyama, T. (1994) Determination of tungstate concentration in plant materials by HNO_3-$HClO_4$ digestion and colorimetric method using thiocyanate. Plant Analysis and Methods 46: 51-56.

Nazari deljou, M. J., Khalighi, A., Arab, M. and Karamian, R. (2011) Postharvest evaluation of vase life, stem bending and screening of cultivars of cut gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex. Hook f.) flowers. African Journal of Biotechnology 10: 560-566.

Nikhbakhat, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y. P., Luo, A. and Etemadi, N. (2008) Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake and postharvest of gerbera. Journal of Plant Nutrition31: 2155-2167.

Pinton, R., Cesco, S., Lacolettig, G., Astolfi, S. and Varanini, Z. (1999) Modulation of NO_3 uptake by water-extractable humic substances: Involvement of root plasma membrane H^+ATPase. Plant and Soil 215: 155-161.

Ryan, J., Estefan, G. and Rashid, A. (2001) Soil and Plant Analysis: Laboratory Manual. Icarda, Aleppo.

Sajadian, H. and Hokmabadi, H. (2015) Effects of humic acid on root and shoot growth and leaf nutrient contents in seedling of *Pistacia vera* cv. Badami-Riz-Zarand. Journal of Nuts 6: 123-130.

Sangeetha, M., Singaram, P. and Devi, R. D. (2006) Effect of lignite humic acid and fertilizers on the yield of onion and nutrient availability. 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

Smith, L. D. (2018) Characterizing the effects of a humic- material media amendment used in horticultural applications. Master of ScienceThesis. California.

Turkmen, O., Dursun, A., Turan, M. and Erdinc, C. (2007) Calcium and humic acid affect seed germination, grow and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. Soil and Plant Science 54: 168-174.

Verlinden, G., Coussens, T., Vliegher, A. and Baert, G. (2010) Effect of humic substances on nutrient uptake by herbage and on production and nutritive value of herbage from sown grass pastures. Grass and Forage Science 65: 133-144.

Youssef, A. A., Mahgoub, M. H. and Talaat, I. M. (2004) Physiological and biochemical aspects of *Matthiola incana* L. plants under the effect of putrescine and kinetin treatments. Egyptian Journal of Applied Science 19: 492-510.

Zhang, X. Z. and Ervin, E. H. (2004) Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. Crop Science 5: 1737-1745.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]

Effect of humic acid and nano-calcium chelate application on photosynthetic pigments and nutrient uptake of *Gerbera jamesonii* cv. Dune

Nazdar Mirzaee Esgandian [1], Zohreh Jabbarzadeh [1*] and MirHassan Rasouli-Sadaghyani [2]

[1] Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
[2] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
(Received: 08/12/2019, Accepted: 15/04/2020)

Abstract

This experiment was conducted to investigate the effects of different concentrations of humic acid (0, 500, 1000 and 2000 mg L^{-1}) as drench and nano-calcium chelate (0, 1, 2 and 3 g L^{-1}) as foliar application on nutrient absorption and photosynthetic pigments of gerbera cv. Dune. This experiment was performed as a factorial in a completely randomized design with two factors and three replications in Urmia University in 2018. Indices including fresh and dry weight of inflorescence and flowering stem, volume and fresh and dry weight of root, photosynthetic pigments such as chlorophyll a, b and total chlorophyll and leaf elements were measured. The results of means comparison showed that nitrate, phosphorus, potassium and calcium were adsorbed better than the control. The fresh and dry weight of flowering stem and inflorescence showed a significant increase due to the application of humic acid and nano-calcium chelate. The amount of photosynthetic pigments was also affected by the use of humic acid and nano-calcium chelate. The highest amounts of chlorophyll a, b and total were obtained in the treatment of humic acid 500 mg L^{-1} and 2 g L^{-1} nano-calcium chelate. Root volume was increased by the use of humic acid and calcium nano-calcium, and in 2000 mg L^{-1} humic acid and 1 g L^{-1} of nano- calcium chelate were observed to be as the highest root volume. Also humic acid at 500 mg L^{-1} increased root dry and fresh weight. In general, the results of the present study showed that the application of humic acid and nano- calcium chelate led to improved quality and increased nutrient uptake in gerbera.

Keywords: Chlorophyll, Hydroponic cultivation, Leaf elements, Root dry and fresh weigh

Corresponding author, Email: Z.Jabbarzadeh@urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.9.8]