

اثر هیومیک اسید و فولویک اسید بر برخی ویژگی های فیزیولوژیک دو گیاه زیتنی شمعدانی (*Plargonium spp.*) و سینداپسوس (*Scindapsus spp.*)

رسول عباس زاده فاروجی^۱، محمود شور^{۱*}، علی تهرانی فر^۱ و بهرام عابدی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۲۵)

چکیده

هیومیک اسید و فولویک اسید ترکیباتی پلیمری، طبیعی و آلی هستند که از منابع مختلف مانند مواد آلی خاک (هوموس)، خاک، پیت، لیگنیت اکسید شده و زغال سنگ به دست می آیند. به منظور بررسی تأثیر مواد هیومیک بر ویژگی های فیزیولوژیک دو گیاه زیتنی شمعدانی (*Plargonium spp.*) و سینداپسوس (*Scindapsus spp.*)، آزمایشی در محل گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد طی سال های ۹۴-۱۳۹۳ انجام گرفت. این پژوهش به صورت فاکتوریل ۴×۴ بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول، هیومیک اسید در چهار سطح (صفر، ۰/۲، ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر) و عامل دوم، فولویک اسید در چهار سطح (صفر، ۰/۲، ۰/۵ و ۱ گرم در لیتر) بود. نتایج نشان داد که استفاده از هیومیک اسید و فولویک اسید سبب بهبود اکثر ویژگی های فیزیولوژیک اندازه گیری شده در شمعدانی و سینداپسوس شد. کاربرد هیومیک اسید در غلظت کم، به تنهایی توانست ویژگی های رشدی گیاه شمعدانی را بهبود بخشد. محتوای کلروفیل و هدایت روزنه ای در گیاه شمعدانی تحت تأثیر کاربرد هیومیک اسید (۰/۲ و ۰/۵ گرم در لیتر) به صورت کودآبیاری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. کاربرد توأم هیومیک اسید و فولویک اسید در این گیاه نیز توانست قند محلول در گیاه را نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشد؛ علاوه بر این، کاربرد توأم دو ماده منجر به کاهش نشت الکترولیت در مقایسه با تیمار شاهد شد. در گیاه سینداپسوس نیز کاربرد هیومیک اسید در بیشترین غلظت مصرفی به تنهایی و یا ترکیب با فولویک اسید منجر به بهبود ویژگی های مورد بررسی شد. بدین صورت که کاربرد توأم هیومیک اسید و فولویک اسید منجر به افزایش قند محلول و شاخص سبزیگی (SPAD) در این گیاه شد. همچنین، محتوای کلروفیل گیاه به هنگام کاربرد ۱ گرم در لیتر هیومیک اسید به صورت کودآبیاری، در مقایسه با تیمار شاهد، افزایش یافت. این مواد، با بهبود شرایط رشدی، منجر به افزایش رشد در گیاهان می شوند. با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، کاربرد کودهای آلی هیومیک اسید و فولویک اسید برای بهبود رشد گیاهان زیتنی شمعدانی و سینداپسوس پیشنهاد می شود.

واژه های کلیدی: کودهای آلی، ویژگی های رشدی، محتوای کلروفیل، هدایت روزنه ای

مقدمه

خاک، پیت، لیگنیت اکسید شده و زغال سنگ به دست می آیند (۳). یکی از بهترین این منابع، لئوناردیت بوده (۱۴) که توسط پدیده های شیمیایی و باکتریایی خاک و طی عمل

هیومیک اسید و فولویک اسید ترکیباتی پلیمری، طبیعی و آلی هستند، که از منابع مختلف مانند مواد آلی خاک (هوموس)،

۱. گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: shoor.ferdowsi@um.ac.ir

(۵۰). تأثیر مثبت کاربرد توأم هیومیک اسید و ورمی‌کمپوست در گندم نیز تأیید شده است (۴۳). در گیاه دارویی شنبلیله، کاربرد هیومیک اسید تأثیر معنی‌داری بر افزایش کلروفیل a و اسید آسکوربیک داشت (۲۲). کاربرد هیومیک اسید و فولویک اسید در شمعدانی و سینداپسوس منجر به بهبود صفات رشدی گیاه شد (۱). در گیاه نعناع (*Mentha sativa*) در سیستم کشت آکوپونیک، کاربرد کود نانوفرتایل حاوی اسید هیومیک به صورت محلول‌پاشی منجر به افزایش کلروفیل، قند محلول، محصول فتوشیمیایی کوانتومی و شاخص کارایی فتوسنتزی در مقایسه با تیمار شاهد شد (۳۵).

گیاه پتوس، یا همان سینداپسوس، با نام علمی *Scindapsus spp.* از خانواده *Araceae* است. این گیاه بومی جنوب شرقی آسیا و دارای برگ‌هایی با رنگ سبز تا سبز ابلق با مخلوطی از رنگ‌های زرد و سفید و کرمی است که دارای زیبایی خاصی است. پتوس، گیاهی با نیاز آبی متوسط و دماهای گرم همراه با سایه-آفتاب (در نور کم از میزان لکه‌های زردرنگ در برگ‌ها کاسته می‌شود) است (۱۵ و ۱۶). این گیاه بالارونده و همیشه‌سبز و مناسب برای سبدهای آویز و رویدن روی دیرک خزه است. می‌توان این گیاه را به‌عنوان یک گیاه مناسب برای داخل منازل برشمرد که برای حفظ زیبایی ظاهری و رنگ برگ‌ها نیاز به آبیاری و تغذیه مناسب دارد و در صورت فقیربودن خاک و نامناسب‌بودن شرایط محیطی رشد سبب کاهش کیفیت و زیبایی ظاهری در گیاه پتوس می‌شود (۱۵ و ۱۶).

گیاه شمعدانی با نام علمی *Plargonium spp.* از خانواده *Geraniaceae* است که دارای گونه‌های وحشی نیز است. گونه‌های این جنس بومی آفریقای جنوبی هستند. وجود گل‌ها با رنگ‌بندی‌های متنوع و داشتن ارقام با گل‌های پرپر در این گیاه و نیز شکل و رنگ و عطر ویژه موجود در برگ‌های شمعدانی سبب توجه بیشتر به این گیاه در کشور ما به‌عنوان یک گیاه زینتی شده است. کیفیت مطلوب در این گیاه زینتی نیازمند رسیدگی و مراقبت است و در صورت فقیربودن خاک و نامناسب‌بودن شرایط محیطی، رشد آن کاهش یافته و برگ‌ها

هوموفیکاسیون حاصل می‌شود (۴۱). فعالیت‌های زیاد میکروبی در مواد هوموسی باعث تولید تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اکسین، سایتوکینین و جیبرلین در این مواد می‌شود (۲۰). پژوهشگران گزارش کرده‌اند که کاربرد هیومیک اسید سبب بهبود تهویه خاک می‌شود (۱۳). استفاده از ترکیبات هوموسی در اوایل زمان مصرف (۲۰ روز اولیه) تأثیر بیشتری بر پایداری خاکدانه‌ها و جذب عناصر غذایی خاک دارد (۳۹). هیومیک اسید در غلظت‌های کم سبب پراکنش ذرات خاک شده، درحالی که در غلظت‌های بیشتر سبب هم‌آوری ذرات خاکدانه می‌شود (۵۳). علاوه بر این، این ترکیب با اصلاح خاک، بهبود کیفیت خاک را در پی دارد. هیومیک اسید با چسباندن ذرات معدنی خاک و ایجاد دانه‌های درشت‌تر سبب بهبود محیط رشد برای جانداران خاک‌زی و نفوذ بهتر آب، هوا و ریشه گیاهان در خاک می‌شود که هرچه بافت خاک سبک‌تر (درشت‌تر) باشد تأثیر آن بیشتر است (۴۲). اصلاح ویژگی‌های فیزیکی خاک به‌میزان قابل توجهی به‌افزودن مواد آلی وابسته است که باعث بهبود تشکیل خاکدانه، چگالی ظاهری، درجه تراکم و هدایت هیدرولیکی خاک می‌شود (۱۹). مواد هیومیک را می‌توان از راه‌های مختلفی در دسترس گیاه قرار داد. یکی از روش‌های کارآمد به‌منظور دسترسی سریع به این مواد، روش محلول‌پاشی برگ‌گی است. همچنین، می‌توان از طریق افزودن مواد هیومیک به آب آبیاری (کودآبیاری) و یا افزودن مواد هیومیک با نسبت مشخص در خاک، سبب افزایش دسترسی گیاه به این مواد شد. پژوهش‌های اندکی در مورد اثر مواد هیومیک بر گیاهان زینتی وجود دارد. اثر مثبت مواد هیومیک بر گل حنا (۱۱)، جعفری و بنفشه (۲۱)، داوودی (۱۲)، آهار (۲۵)، اطلسی (۶) و ژیرا (۳۰) به اثبات رسیده است. در پژوهشی که توسط شکاری و همکاران (۴۷) صورت گرفت، محلول‌پاشی هیومیک اسید و فولویک اسید منجر به افزایش کلروفیل در برگ گیاه شد. ژانگ و همکاران (۵۶) نیز تأثیر مثبت هیومیک اسید بر میزان کلروفیل برگ در گیاه صنوبر را تأیید کرد. در گیاه مارچوبه نیز کاربرد هیومیک اسید میزان کلروفیل و کاروتنوئید ساقه خوراکی را بهبود بخشید

برگ به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شده و پس از آن وزن شد. در نهایت، برای تعیین وزن خشک (DW)، برگ به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون قرار داده شد و وزن آن با استفاده از ترازو اندازه‌گیری شد. با توجه به فرمول زیر، محتوای نسبی آب برگ (RWC) محاسبه شد (۱۷):

$$RWC (\%) = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100 \quad [1]$$

به منظور اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ، مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم برگ تازه از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته جدا و با استفاده از هاون چینی کوبیده و له شد. ده میلی‌لیتر متانول ۹۶٪ به نمونه ساییده شده اضافه شده و پس از آن محلول حاصل به لوله فالکون منتقل شد. نمونه حاصل با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. از محلول شفاف بالایی به منظور جذب نور با دستگاه اسپکتروفتومتر (CE 2502, England) در طول موج‌های ۶۵۳، ۶۶۶ و ۴۷۰ نانومتر استفاده شد. در انتها، از روابط زیر، میزان کلروفیل a ، b ، کاروتنوئید و کلروفیل کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه نمونه محاسبه شد (۸):

$$CHL_a = 15/65 A_{666} - 7/340 A_{653} \quad [2] \text{ کلروفیل } a$$

$$CHL_b = 27/05 A_{653} - 11/21 A_{666} \quad [3] \text{ کلروفیل } b$$

$$CHL_t = CHL_a + CHL_b \quad [4] \text{ کلروفیل کل}$$

$$= 1000 A_{470} - 2/860 C_a - 129/2 C_b / 245 \quad [5]$$

به منظور اندازه‌گیری نشت الکترولیت (Electrolyte leakage) در گیاه، ابتدا قطعات برگ با اندازه ۲ سانتی‌متر تهیه شد. این قطعات پس از شستشو همراه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در لوله‌های آزمایش قرار گرفتند. سپس، لوله‌های آزمایش به مدت ۱۷ تا ۱۸ ساعت به وسیله شیکر (۱۶۰ دور در دقیقه) تکان داده شدند. در این مرحله، مقدار رسانایی الکتریکی نمونه‌های آزمایش (E_۱) به وسیله دستگاه رسانایی‌سنج مدل JENWAY اندازه‌گیری شد. سپس، لوله‌های آزمایش برای کشته‌شدن سلول‌های برگ به اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس

رنگ‌پریده و خشک می‌شوند (۱۵). پژوهش‌های بسیاری به منظور بررسی آثار هیومیک اسید و فولویک اسید بر گیاهان زراعی و باغی صورت گرفته است. اما دانسته‌های کمی در مورد اثر این مواد بر گیاهان زینتی وجود دارد. هدف از این پژوهش، مطالعه پیامدهای ناشی از مصرف هیومیک اسید و فولویک اسید به صورت کودآبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیک گیاهان شمعدانی و سیندپسوس در ارتباط با کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی با کودهای هیومیک در راستای نیل به کشاورزی پایدار است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر مواد هیومیک بر صفات فیزیولوژیک شمعدانی و سیندپسوس، آزمایشی در محل گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. این پژوهش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول، هیومیک اسید در چهار سطح (صفر، ۰/۲، ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر) و عامل دوم، اسید فولویک در چهار سطح (صفر، ۰/۲، ۰/۵ و ۱ گرم بر لیتر) بود. آنالیز شیمیایی کودهای مورد استفاده در آزمایش در جدول (۱) نشان داده شده است. در اواخر اسفندماه، قلمه‌گیری از گیاه مادری انجام شد. قلمه‌ها از قسمت‌های انتهایی گیاه به همراه یک تا دو برگ در انتها و با اندازه‌های یکسان تهیه شد. قلمه‌های شمعدانی با قطر یکسان و طول حدود ۱۰ سانتی‌متر از قسمت میانی گیاه تهیه شد. پس از آن، قلمه‌ها در بستر حاوی دو حجم ماسه سیاه (رودخانه‌ای) شسته‌شده و یک حجم شلتوک قرار داده شدند. پس از ریشه‌زایی، قلمه‌ها از بستر خارج شده و به گلدان منتقل شدند. دو هفته پس از انتقال قلمه‌ها به گلدان، اعمال تیمارها صورت گرفت. اعمال تیمارها به همراه آبیاری، به صورتی بود که مقداری از آن از ته گلدان خارج شود. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، ابتدا برگ کاملاً پهن و گسترده را از نمونه جدا کرده و بلافاصله وزن تازه (FW) آن اندازه‌گیری شد. سپس، به منظور اندازه‌گیری وزن آماس (TW)،

جدول ۱. مشخصات کودهای آلی هیومیک اسید و فولویک اسید مورد استفاده در آزمایش

کشور سازنده	فرم کود آلی	حلالیت در آب	pH	درجه خلوص	نوع کود آلی
ایتالیا	دانه‌ای	٪۸۵	۸-۹	٪۸۵	هیومیک اسید
آلمان	پودری	٪۸۵	۶	٪۷۰	فولویک اسید

به مدت ۱۵ دقیقه انتقال داده شدند. بدین طریق، اندازه‌گیری رسانایی الکتریکی در این مرحله نیز پس از سرد شدن محتویات درون لوله‌های آزمایش انجام پذیرفت (E_1). در نهایت، مقادیر نشت الکترولیت با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۲۳).

$$EL(\%) = (E_1 / E_2) \times 100 \quad [6]$$

برای اندازه‌گیری قند محلول، ابتدا عصاره برگ‌گی تهیه شد. برای تهیه عصاره، از نمونه‌های برگ آسیاب‌شده مقدار ۵۰۰ میلی‌گرم وزن شد و توسط ۵ میلی‌لیتر متانول ۹۵٪ استخراج عصاره صورت پذیرفت. سپس، عصاره به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس، به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره شفاف رویی ۳ میلی‌لیتر محلول آترونی افزوده شد. پس از آن لوله‌های آزمایش به مدت ۱۰ دقیقه در حمام داغ ۱۰۰ درجه قرار گرفتند. لوله‌ها از حمام داغ درآورده شده و پس از سرد شدن در طول موج ۶۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (CE 2502, England) خوانده شد. در نهایت، میزان قند محلول برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه محاسبه شد (۴). به منظور اندازه‌گیری فنل کل در گیاه، در لوله آزمایش، به ۱ میلی‌لیتر عصاره اتانولی (با غلظت ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) یا محلول اتانولی استاندارد اسید گالیک (غلظت ۳۰۰-۲۵ میکروگرم) ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین سیکاتو و ۰/۴ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد افزوده شده و مخلوط شد. پس از ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای محیط آزمایشگاه، جذب نوری آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (CE 2502, England) در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد. مقادیر فنل کل در نمونه‌های عصاره با استفاده از منحنی استاندارد برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در گرم عصاره بیان شد (۲۴). شاخص سبزی‌نگی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر

به مدت ۱۵ دقیقه انتقال داده شدند. بدین طریق، اندازه‌گیری رسانایی الکتریکی در این مرحله نیز پس از سرد شدن محتویات درون لوله‌های آزمایش انجام پذیرفت (E_1). در نهایت، مقادیر نشت الکترولیت با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۲۳).

$$EL(\%) = (E_1 / E_2) \times 100 \quad [6]$$

برای اندازه‌گیری قند محلول، ابتدا عصاره برگ‌گی تهیه شد. برای تهیه عصاره، از نمونه‌های برگ آسیاب‌شده مقدار ۵۰۰ میلی‌گرم وزن شد و توسط ۵ میلی‌لیتر متانول ۹۵٪ استخراج عصاره صورت پذیرفت. سپس، عصاره به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس، به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره شفاف رویی ۳ میلی‌لیتر محلول آترونی افزوده شد. پس از آن لوله‌های آزمایش به مدت ۱۰ دقیقه در حمام داغ ۱۰۰ درجه قرار گرفتند. لوله‌ها از حمام داغ درآورده شده و پس از سرد شدن در طول موج ۶۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (CE 2502, England) خوانده شد. در نهایت، میزان قند محلول برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه محاسبه شد (۴). به منظور اندازه‌گیری فنل کل در گیاه، در لوله آزمایش، به ۱ میلی‌لیتر عصاره اتانولی (با غلظت ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) یا محلول اتانولی استاندارد اسید گالیک (غلظت ۳۰۰-۲۵ میکروگرم) ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین سیکاتو و ۰/۴ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد افزوده شده و مخلوط شد. پس از ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای محیط آزمایشگاه، جذب نوری آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (CE 2502, England) در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد. مقادیر فنل کل در نمونه‌های عصاره با استفاده از منحنی استاندارد برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در گرم عصاره بیان شد (۲۴). شاخص سبزی‌نگی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر

نتایج و بحث

گیاه زینتی شمعدانی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت بین تیمارهای مورد مطالعه در تعدادی از صفات فیزیولوژیک در دو سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار است (جدول ۲). اثر ساده هیومیک اسید بر صفات قند محلول، کلروفیل *a*، کلروفیل کل، نشت الکترولیت و هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال ۱٪ و بر صفات کلروفیل *b*، کاروتنوئید و شاخص سبزی‌نگی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است. اثر ساده فولویک اسید تنها بر صفات نشت الکترولیت و هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. در صفات هدایت روزنه‌ای و نشت الکترولیت، اثر برهمکنش هیومیک اسید و فولویک اسید در سطح احتمال ۱٪ و در صفت قند محلول در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲).

نشت الکترولیت

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که کاربرد ترکیبی هیومیک اسید و فولویک اسید بر میزان نشت الکترولیت در شمعدانی مؤثر است. کمترین مقدار نشت الکترولیت (۵۵/۸ درصد) در تیمار کاربرد توأم ۰/۵ گرم در لیتر هیومیک اسید و

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای مورد بررسی بر صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در گیاه شمعدانی

منابع تغییرات	درجه آزادی	فنل	قند محلول	کلروفیل <i>a</i>	کلروفیل <i>b</i>	کلروفیل کل	کاروتنوئید	نشت الکترولیت	شاخص سبزیگی	هدایت روزنه‌ای
هیومیک اسید	۳	۰/۶۸ ^{ns}	۴/۲۵ ^{**}	۱۹/۷۹ ^{**}	۱/۶۹*	۳۱/۲۷ ^{**}	۰/۸۷*	۲۳۳/۲۱ ^{**}	۴۷/۶۴*	۹۳۶۳/۱۶ ^{**}
فولویک اسید	۳	۰/۷۷ ^{ns}	۰/۹۰ ^{ns}	۲/۰۸ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۲/۳۲ ^{ns}	۰/۲۵ ^{ns}	۸۲/۶۰ ^{**}	۲۶/۲۱ ^{ns}	۳۹۴۵/۳۳ ^{**}
هیومیک اسید × فولویک اسید	۹	۱/۰۲ ^{ns}	۱/۴۶*	۰/۹۱ ^{ns}	۰/۸۱ ^{ns}	۲/۲۱ ^{ns}	۰/۳۰ ^{ns}	۳۶۸/۴۳ ^{**}	۱۴/۰۷ ^{ns}	۳۸۲۲/۴۵ ^{**}
خطا	۳۲	۰/۵۴	۰/۵۷	۱/۸۰	۰/۵۰	۲/۸۰	۰/۲۳	۱۷/۹۴	۹/۱۷	۳۸۶/۶۹

**، * و ns به ترتیب بیانگر اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اثر معنی‌دار است.

(جدول ۳). بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده، کاربرد هیومیک اسید منجر به افزایش سرعت فتوسنتز در گیاه می‌شود. کاربرد این ماده افزایش طول دوره رشدی، افزایش میزان کربوهیدرات، آمینواسید، پروتئین و همچنین افزایش سرعت انتقال مواد در گیاه را در پی دارد (۳۶). در بررسی اثر برهم‌کنش برخی ارقام تریچه با هیومیک اسید، کاربرد هیومیک اسید در رقم چریبل سبب افزایش هدایت روزنه‌ای شد؛ ولی در رقم اسکارلت و اسپاکر سبب کاهش هدایت روزنه‌ای شد (۳۴).

محتوای کلروفیل گیاه

با توجه به نتایج آماری حاصل از محتوای کلروفیل برگ، در این آزمایش مشخص شد که کاربرد هیومیک اسید بر این صفت معنی‌دار شد. استفاده از هیومیک اسید در غلظت ۰/۲ گرم در لیتر سبب افزایش میزان کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کاروتنوئید در گیاه شمعدانی نسبت به سایر تیمارها شد. در سایر تیمارهای آزمایش، تفاوت معنی‌داری ثبت نشد (شکل ۱). هیومیک اسید به‌علت داشتن خواص سایتوکینینی باعث تأخیر در تجزیه کلروفیل و پروتئین‌ها در برگ و نیز پیری در گل‌ها می‌شود. همچنین، افزایش میزان کلروفیل برگ و ریشه‌های جانبی و بهبود جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف را در پی دارد (۲۶ و ۵۲). نتایج این پژوهش با نتایج برخی از پژوهشگران در رابطه با اثر هیومیک اسید بر افزایش میزان کلروفیل *a* هم‌خوانی دارد (۲، ۷ و ۴۵). هیومیک اسید به‌علت وجود ویژگی‌های شبه‌سایتوکینینی سبب تأخیر در پیری و کاهش تخریب کلروپلاست می‌شود

۰/۵ گرم در لیتر فولویک اسید ثبت شد (جدول ۳). پژوهشگران بیان کرده‌اند که بهبود غشاء یاخته به‌میزان فعالیت شبه‌هورمونی هیومیک اسید مرتبط است که با افزایش غلظت هیومیک اسید افزایش می‌یابد. کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی و کاهش نشت یونی می‌شود (۱۰).

قند محلول

نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده اثر معنی‌دار کاربرد توأم هیومیک اسید و فولویک اسید بر مقدار قند محلول در گیاه است. کاربرد مواد هیومیک (هیومیک اسید و فولویک اسید) سبب تغییر در مقدار قند محلول در گیاه می‌شود (جدول ۳). هیومیک اسید سبب افزایش فتوسنتز و به‌دنبال آن تنفس و در نتیجه افزایش تولید مواد جامد محلول مانند قندها در برگ می‌شود (۲۸ و ۳۸). پژوهشگران گزارش کرده‌اند که افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزکننده (کلروفیل) سبب اثربخشی بر میزان فتوسنتز و در نتیجه افزایش مقدار کربوهیدرات می‌شود (۱۰). گزارش‌های بسیاری مبنی بر تأثیر مثبت مواد هیومیک بر افزایش میزان قند در گیاه به چاپ رسیده است (۳۳، ۴۰، ۴۸ و ۵۱).

هدایت روزنه‌ای

نتایج تجزیه و تحلیل آماری هدایت روزنه‌ای بیانگر آن بود که اثر برهم‌کنش هیومیک اسید و فولویک اسید بر این صفت معنی‌دار شد. بیشترین مقدار هدایت روزنه‌ای در غلظت ۰/۲ گرم بر لیتر هیومیک اسید با و بدون کاربرد فولویک اسید مشاهده شد

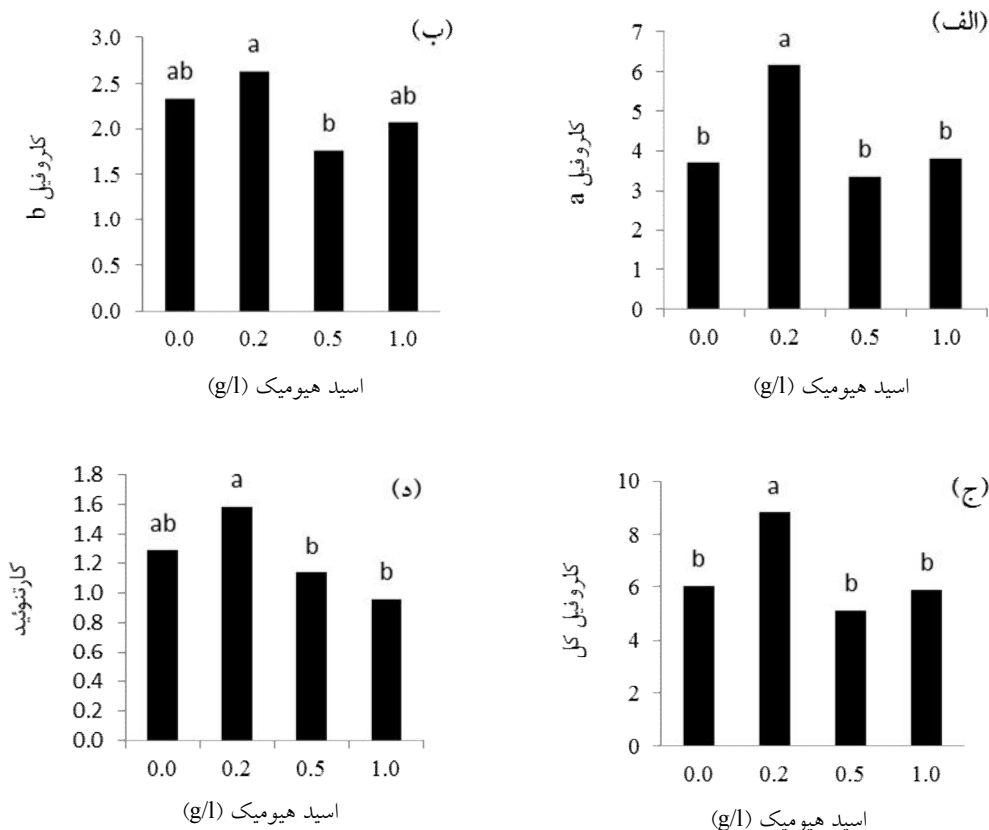
جدول ۳. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش هیومیک اسید و فولویک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه شمعدانی

هیومیک اسید (g/L)	فولویک اسید (g/L)	هدایت روزنه‌ای (mmol/m ² .s)	نشت الکتrolیت (%)	قند محلول (mg/g FW)
۰	۰	۲۲۸/۳ ^b	۶۵/۶ ^g	۶/۰۳ ^{b-e}
۰/۲	۰/۲	۲۰۲/۳ ^{b-d}	۸۷/۷ ^a	۶/۴۹ ^{a-c}
۰/۵	۰/۵	۲۰۰/۳ ^{b-d}	۸۹/۹ ^a	۵/۰۷ ^{d-e}
۱	۱	۲۲۰/۴ ^{b-c}	۹۰/۱ ^a	۷/۶۴ ^a
۰	۰	۲۹۶/۵ ^a	۷۴/۰ ^{d-f}	۶/۱۲ ^{b-d}
۰/۲	۰/۲	۲۰۶/۳ ^{b-c}	۷۶/۹ ^{c-e}	۵/۴۵ ^{c-e}
۰/۵	۰/۵	۱۵۴/۲ ^{f-g}	۷۶/۹ ^{c-e}	۶/۵۱ ^{a-c}
۱	۱	۱۷۱/۱ ^{d-f}	۶۴/۷ ^g	۶/۹۷ ^{ab}
۰	۰	۱۴۳/۱ ^{f-g}	۸۳/۴ ^{a-c}	۵/۰۹ ^{d-e}
۰/۲	۰/۲	۱۵۹/۸ ^{e-g}	۸۵/۷ ^{ab}	۴/۸۳ ^e
۰/۵	۰/۵	۱۶۲/۶ ^{e-g}	۵۵/۸ ^h	۵/۳۹ ^{c-e}
۱	۱	۱۴۲/۰ ^{f-g}	۷۹/۹ ^{b-e}	۵/۰۲ ^{d-e}
۰	۰	۱۹۲/۴ ^{c-e}	۸۰/۵ ^{b-d}	۵/۴۹ ^{c-e}
۰/۲	۰/۲	۱۳۸/۳ ^g	۷۳/۴ ^{ef}	۵/۴۱ ^{c-e}
۰/۵	۰/۵	۲۰۰/۳ ^{b-d}	۷۹/۴ ^{b-e}	۶/۱۱ ^{b-d}
۱	۱	۱۹۰/۳ ^{c-e}	۶۸/۵ ^{f-g}	۵/۱۱ ^{d-e}

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۰.۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

افزایش سبزی‌نگی در گیاه امری بدیهی است (۴۴). کاربرد هیومیک اسید با غلظت ۱۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش میزان کلروفیل در گل بریده آلسترومیا شد (۵). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت بین تیمارهای مورد مطالعه در تعدادی از صفات فیزیولوژیک در سطوح احتمال ۰.۱٪ و ۰.۵٪ معنی‌دار بوده است. اثر ساده هیومیک اسید بر صفات شاخص سبزی‌نگی، کلروفیل *b* و کلروفیل کل در سطح احتمال ۰.۱٪ و بر صفات کاروتنوئید برگ و کلروفیل *a* در سطح احتمال ۰.۵٪ معنی‌دار شد. همچنین، اثر ساده فولویک اسید بر صفات فنل، قند محلول، کلروفیل *b*، کاروتنوئید و کلروفیل کل در سطح احتمال ۰.۱٪ و بر صفت کلروفیل *a* در سطح احتمال ۰.۵٪ معنی‌دار شد. در صفات مقدار فنل، ترکیبات

(۵۶). پژوهشگران نشان داده‌اند که کاربرد هیومیک اسید روی گیاه فلفل به‌طور اساسی بر میزان کلروفیل *b* تأثیرگذار بود (۱۸). هیومیک اسید نسبت به فولویک اسید به‌میزان بیشتری بر فعالیت کلروفیل *b* تأثیرگذار است (۵۵)؛ که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. همچنین هیومیک اسید با کاهش pH آپوپلاست برگ، سبب افزایش فعالیت آنزیمی روی غشاء سلول می‌شود. در نتیجه این اثر سبب تبدیل آهن به فرم قابل جذب و قابل انتقال آن از غشاء سلول می‌شود و از این طریق کلروز ناشی از کمبود آهن را رفع نموده و سبب حفظ کلروفیل برگ می‌شود (۳۴). افزایش جذب عناصر غذایی در اثر کاربرد هیومیک اسید در گیاه منجر به افزایش جذب نیتروژن در گیاه می‌شود. در نتیجه با افزایش میزان جذب نیتروژن گیاه افزایش میزان کلروفیل و



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر کاربرد هیومیک اسید (g/L) بر الف) کلروفیل a، ب) کلروفیل b، ج) کلروفیل کل و د) کاروتنوئید در گیاه شمعدانی؛ میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

(جدول ۵). بیشترین میزان کاروتنوئید برگ مربوط به غلظت ۱ گرم در لیتر هیومیک اسید، بدون کاربرد فولویک اسید، بود که با شاهد که دارای کمترین میزان کاروتنوئید است، اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۵). ویژگی‌های شبه‌سایتوکینینی این مواد یک عامل در تأخیر پیری و کاهش تخریب کلروپلاست است (۵۶). همچنین، به دلیل وجود مواد آلی و تأمین عناصر کم‌مصرف، از جمله آهن و روی، می‌توانند سبب کاهش کلروزه شدن برگ‌ها شوند (۲۷). گزارش شده که مواد هیومیک از طریق افزایش جذب مواد غذایی، از جمله نیتروژن، سبب افزایش کلروفیل و فتوسنتز در گیاه شده و در نتیجه باعث بهبود رشد می‌شوند (۱۰ و ۳۱). بر اساس پژوهشی که روی گیاه گل گاوزبان صورت گرفته، نشان داده شد که با افزایش غلظت اسید هیومیک از سطح صفر به سطح ۳ میلی‌لیتر در لیتر بر میزان

قندی، کلروفیل b، کاروتنوئید و کلروفیل کل، اثر برهم‌کنش هیومیک اسید و فولویک اسید در سطح احتمال ۱٪ و در صفات شاخص سبزی‌نگی و نشت الکترولیت در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۴).

محتوای کلروفیل برگ

نتایج حاصل از اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ بیانگر اختلاف معنی‌دار کاربرد توأم سطوح مختلف هیومیک اسید و فولویک اسید در این صفت است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، مقدار کلروفیل a با افزایش غلظت هیومیک اسید در تمامی غلظت‌های فولویک اسید نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. بیشترین میزان کلروفیل b و کلروفیل کل در برگ، در تیمار ۱ گرم در لیتر هیومیک اسید بدون کاربرد فولویک اسید ثبت شد

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای مورد بررسی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در گیاه

سینداپسوس

منابع تغییرات	درجه آزادی	فنل	قند	شاخص سبزی‌نگی	کلروفیل <i>a</i>	کلروفیل <i>b</i>	کاروتنوئید کل	کلروفیل کل	محتوای نسبی آب برگ	نشت الکترولیت
هیومیک اسید	۳	۰/۹۹ ^{ns}	۰/۸۶ ^{ns}	۶۱/۱۷ ^{**}	۳/۵۶ [*]	۸/۰۳ ^{**}	۱/۱۵ [*]	۲۱/۳۴ ^{**}	۹/۲۷ ^{ns}	۷/۷۲ ^{ns}
فولویک اسید	۳	۶/۶۶ ^{**}	۵/۷۵ ^{**}	۷/۵۵ ^{ns}	۳/۳۸ [*]	۷/۰۸ ^{**}	۱/۹۷ ^{**}	۱۳/۱۵ ^{**}	۱۶/۸۹ ^{ns}	۴/۳۶ ^{ns}
هیومیک اسید × فولویک اسید	۹	۷/۷۵ ^{**}	۲/۰۵ ^{**}	۳۰/۴۴ [*]	۲/۴۰ [*]	۶/۴۶ ^{**}	۱/۵۳ ^{**}	۱۴/۸۳ ^{**}	۶/۳۵ ^{ns}	۷/۸۷ [*]
خطا	۳۲	۰/۶۰	۰/۳۱	۱۰/۰۷	۰/۹۵	۰/۴۹	۰/۳۸	۱/۷۷	۸/۶۵	۳/۰۴

ns و * و ** به ترتیب بیانگر اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۰.۱ و ۰.۵٪ و بدون اثر معنی‌دار است.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش هیومیک اسید و فولویک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه سینداپسوس

نشت الکترولیت (%)	کلروفیل کل	کاروتنوئید (mg/g FW)	کلروفیل <i>b</i>	کلروفیل <i>a</i>	شاخص سبزی‌نگی	قند محلول (mg/g FW)		فولویک اسید (g/L)	هیومیک اسید (g/L)
						فنل	قند		
۱۴/۲ ^{a-c}	۴/۰۳ ^{d-g}	۱/۳۳ ^e	۲/۶۴ ^{c-e}	۱/۳۸ ^{cd}	۴۱/۷ ^{c-f}	۴/۳۳ ^{ab}	۵/۰۲ ^g	۰	۰
۱۱/۴ ^{cd}	۲/۱۹ ^{fg}	۲/۳۲ ^{c-e}	۱/۴۶ ^{fg}	۰/۷۳ ^d	۴۷/۰ ^{ab}	۲/۵۹ ^{ef}	۶/۴۹ ^{d-f}	۰/۲	۰
۱۱/۸ ^{cd}	۴/۷۴ ^{c-e}	۲/۲۹ ^{c-e}	۲/۸۳ ^{b-d}	۱/۹۱ ^{b-d}	۴۷/۴ ^{ab}	۲/۶۰ ^{ef}	۶/۷۳ ^{c-e}	۰/۵	۰
۱۴/۸ ^{ab}	۵/۷۱ ^{b-d}	۳/۴۳ ^{ab}	۲/۵۵ ^{c-f}	۳/۱۶ ^{ab}	۴۵/۸ ^{a-d}	۲/۶۷ ^{d-f}	۷/۴۸ ^{b-d}	۱	۰
۱۴/۲ ^{a-c}	۱/۹۰ ^g	۱/۵۰ ^{de}	۰/۹۲ ^g	۰/۹۷ ^{cd}	۴۸/۱ ^a	۴/۶۱ ^a	۸/۷۰ ^b	۰	۰/۲
۱۳/۱ ^{a-c}	۴/۳۷ ^{c-f}	۳/۱۵ ^{a-c}	۲/۴۶ ^{c-f}	۱/۹۱ ^{b-d}	۴۱/۳ ^{c-f}	۳/۰۴ ^{c-f}	۷/۵۰ ^{b-d}	۰/۲	۰
۱۲/۸ ^{a-c}	۴/۷۳ ^{c-e}	۱/۷۸ ^{de}	۲/۶۶ ^{c-e}	۲/۰۷ ^{b-d}	۴۳/۵ ^{a-d}	۳/۵۴ ^{b-d}	۵/۷۶ ^{c-g}	۰/۵	۰
۱۴/۹ ^{ab}	۴/۵۹ ^{c-e}	۲/۳۱ ^{c-e}	۲/۶۵ ^{c-e}	۱/۹۴ ^{b-d}	۴۶/۱ ^{a-c}	۲/۱۸ ^f	۵/۴۵ ^{c-g}	۱	۰
۹/۸ ^d	۶/۳۷ ^{bc}	۳/۱۹ ^{a-c}	۳/۹۲ ^b	۲/۴۴ ^{a-c}	۴۲/۸ ^{a-d}	۴/۹۰ ^a	۱۰/۳۷ ^a	۰	۰/۵
۱۱/۴ ^{cd}	۳/۷۷ ^{d-g}	۲/۴۹ ^{a-d}	۱/۶۲ ^{e-g}	۲/۱۴ ^{b-d}	۴۰/۶ ^{d-f}	۲/۹۶ ^{c-f}	۵/۳۶ ^{fg}	۰/۲	۰
۱۲/۶ ^{b-d}	۳/۲۸ ^{e-g}	۲/۲۴ ^{c-e}	۱/۵۴ ^{e-g}	۱/۷۳ ^{b-d}	۴۳/۲ ^{a-d}	۳/۶۷ ^{bc}	۵/۳۲ ^{fg}	۰/۵	۰
۱۴/۱ ^{a-c}	۴/۳۶ ^{c-f}	۲/۴۱ ^{b-d}	۱/۸۲ ^{d-g}	۲/۵۳ ^{a-c}	۳۷/۲ ^f	۲/۸۱ ^{c-f}	۵/۵۱ ^{e-g}	۱	۰
۱۲/۹ ^{a-c}	۱۱/۳۲ ^a	۳/۵۱ ^a	۷/۵۳ ^a	۳/۷۹ ^a	۴۴/۸ ^{a-d}	۳/۴۶ ^{b-e}	۷/۱۱ ^{cd}	۰	۱
۱۵/۶ ^a	۵/۸۲ ^{b-d}	۳/۰۵ ^{a-c}	۲/۶۹ ^{c-e}	۳/۱۲ ^{ab}	۴۲/۶ ^{b-e}	۲/۱۶ ^f	۷/۱۵ ^{cd}	۰/۲	۰
۱۳/۷ ^{a-c}	۲/۵۷ ^{e-g}	۱/۶۳ ^{de}	۱/۷۵ ^{d-g}	۰/۸۱ ^d	۳۷/۴ ^{ef}	۴/۰۶ ^{ab}	۶/۳۱ ^{d-f}	۰/۵	۰
۱۲/۲ ^{b-d}	۷/۵۰ ^b	۳/۳۹ ^{ab}	۳/۵۸ ^{bc}	۳/۹۲ ^a	۴۱/۵ ^{c-f}	۴/۸۷ ^a	۷/۸۴ ^{bc}	۱	۰

در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۰.۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

محتوای کلروفیل *a*, *b* و کل افزوده شد و با افزایش میزان اسید هیومیک به ۶ میلی‌لیتر در لیتر از میزان محتوای کلروفیل کاسته

میزان محتوای کلروفیل برگ‌های گیاه گوجه‌فرنگی دریافتند که هیومیک اسید به میزان ۶۳٪ و فولویک اسید به میزان ۶۹٪ غلظت کلروفیل برگ‌ها را افزایش داد (۴۸). ویسر و کایلیر (۵۳) بیان کردند که کاربرد مواد هیومیک سبب بهبود انتقال الکترون و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در گیاه می‌شود.

قند محلول

نتایج پژوهش حاضر در ارتباط با قند محلول نشان‌دهنده اثر معنی‌دار کاربرد توأم هیومیک اسید و فولویک اسید بر این صفت است. بیشترین میزان قند محلول به ترتیب مربوط به کاربرد غلظت ۵/۰ گرم در لیتر هیومیک اسید بدون کاربرد فولویک اسید و سپس تیمار ۱ گرم در لیتر هیومیک اسید و ۱ گرم در لیتر فولویک اسید و همچنین غلظت ۲/۰ گرم در لیتر هیومیک اسید بدون کاربرد فولویک اسید است (جدول ۳). یکی از علل تجمع قند در برگ‌ها، کاهش انتقال قندها در آوند آبکش و کاهش مصرف قند در اندام‌های مصرف‌کننده است (۳۴). نتایج یک پژوهش نشان داد که افزایش کلروفیل سبب افزایش مقدار قند و کربوهیدرات‌ها می‌شود. بر اساس پژوهشی که در مورد توت‌فرنگی صورت گرفت، بیان شد که می‌توان افزایش میزان مواد جامد محلول را در ارتباط با افزایش میزان کلروفیل در برگ‌ها دانست (۴۹). نتایج یک بررسی روی رشد گیاه گوجه‌فرنگی نشان داد که با افزایش هیومیک اسید بر میزان قند گیاه نیز افزوده می‌شود (۱۰).

نشت الکترولیت

نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشت الکترولیت بیانگر آن بود که اثر برهم‌کنش هیومیک اسید و فولویک اسید بر این صفت معنی‌دار بود. کمترین مقدار نشت الکترولیت در تیمار کاربرد ۵/۰ گرم بر لیتر هیومیک اسید و عدم کاربرد فولویک اسید ثبت شد. کمترین مقدار نشت الکترولیت در تیمار کاربرد هیومیک اسید در غلظت ۵/۰ لیتر بر گرم و عدم کاربرد فولویک اسید ثبت شد. پس از این تیمار و بدون اختلاف معنی‌دار، مقدار

شد. در پژوهشی، بیان شد که کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش میزان محتوای کلروفیل، به‌ویژه کلروفیل *a*، شده است (۲۷). اسپری برگی فولویک اسید، افزایش کلروفیل در برگ‌های گندم را در پی داشته است (۵۴). کاربرد فولویک اسید در گیاه منجر به تأمین نیاز گیاه به نیتروژن می‌شود. این عنصر نقش مهمی در پروفیرن که یکی از ترکیبات مهم متابولیک در کلروفیل است، دارد (۹). کاربرد هیومیک اسید در بوته‌های گوجه‌فرنگی سبب افزایش میزان کلروفیل *a* و *b* و همچنین قند کل و وزن خشک گیاه شده است (۳۴). در پژوهشی، مشخص شد که کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش جذب آهن و منگنز در بوته خیار شد که به‌دنبال آن غلظت کلروفیل نیز افزایش یافت (۳۳). پژوهش‌ها نشان داده که مصرف هیومیک اسید باعث افزایش کلسیم در گیاه می‌شود (۲۹ و ۴۹) و در نتیجه افزایش کلسیم مانع کاهش کلروفیل و پروتئین در برگ‌ها می‌شود (۱۰). در آزمایشی، کاربرد هیومیک اسید باعث افزایش ۶۳ درصدی در میزان کلروفیل برگ‌ها شد (۴۸). نتایج پژوهشی که روی برگ‌های گیاه گندم صورت گرفت نشان داد که اسپری برگی فولویک اسید سبب افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل برگ‌ها شده است (۵۴).

شاخص سبزی‌نگی

نتایج حاصل از آزمایش در ارتباط با شاخص سبزی‌نگی بیانگر آن است که کاربرد توأم هیومیک اسید و فولویک اسید بر شاخص سبزی‌نگی برگ اثر معنی‌دار داشته است. کاربرد سطوح بالای هیومیک اسید و فولویک اسید منجر به تغییر در شاخص سبزی‌نگی برگ گیاه سینداپسوس شد؛ اما با تیمار شاهد از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کاربرد سطوح پایین هیومیک اسید به همراه فولویک اسید منجر به افزایش مقدار شاخص سبزی‌نگی نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۵). کاربرد سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید سبب افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل نسبی گندم شد (۳۷). پژوهشگران با بررسی اثر هیومیک اسید و فولویک اسید بر

والان در ۱۰۰ گرم برای فولویک اسید متغیر است (۴۰). هیومیک اسید علاوه‌بر تولید ترکیبات فنولیک، در حفظ و نگهداری این ترکیبات نیز مؤثر است. به‌طوری‌که با کاهش میزان نشت سبب حفظ این ترکیبات در گیاه می‌شود. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که آثار اصلی نوع و غلظت هیومیک اسید بر میزان ترکیبات فنولیک معنی‌دار است (۱۰).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، مشخص شد که صفات اندازه‌گیری‌شده در شمعدانی و سینداپسوس تحت تأثیر کاربرد هیومیک اسید و فولویک اسید قرار گرفتند. کاربرد هیومیک اسید در غلظت ۰/۲ گرم در لیتر بدون کاربرد فولویک اسید منجر به افزایش محتوای کلروفیل برگ و هدایت روزنه‌ای برگ در گیاه شمعدانی نسبت به تیمار شاهد شد. میزان قند محلول در این گیاه در تیمار ۱ گرم بر لیتر فولویک اسید بدون کاربرد هیومیک اسید بیشترین مقدار بود. همچنین، میزان نشت الکترولیت در این گیاه تحت تأثیر کاربرد توأم هیومیک اسید و فولویک اسید قرار گرفت. در این گیاه، کاربرد هیومیک اسید در غلظت‌های کم (۰/۲ و ۰/۵ گرم در لیتر) منجر به بهبود صفات رشدی گیاه شد. همچنین، کاربرد فولویک اسید در گیاه شمعدانی نسبت به تیمار شاهد تفاوتی نداشت. با توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که در این گیاه، کاربرد هیومیک اسید به‌تنهایی، صفات مورد بررسی در این آزمایش را نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارهای آزمایش بهبود بخشیده است. در گیاه سینداپسوس، کاربرد هیومیک اسید در بیشترین غلظت مصرفی (۱ گرم در لیتر)، بدون کاربرد فولویک اسید، منجر به بهبود محتوای کلروفیل برگ شد. علاوه‌بر این، کاربرد ۰/۵ گرم بر لیتر هیومیک اسید نیز توانست قند کل و فنل کل در گیاه را نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشد. همچنین، کاربرد توأم هیومیک اسید و فولویک اسید در دیگر غلظت‌های مورد بررسی، سایر صفات فیزیولوژیک در گیاه سینداپسوس را بهبود بخشید. در گیاه شمعدانی، غلظت‌های کم هیومیک اسید و

نشت الکترولیت در تیمار کاربرد توأم هیومیک اسید در غلظت ۰/۵ گرم در لیتر و فولویک اسید در غلظت ۰/۲ و ۰/۵ گرم در لیتر و همچنین تیمار فولویک اسید در غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۵ گرم در لیتر به‌تنهایی، نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد مواد هیومیکی) کاهش یافت (جدول ۵). افزایش غلظت هیومیک اسید سبب کاهش نشت یونی شده که دلیل آن بهبود ساختار غشای سیتوپلاسم سلولی است که باعث حفظ آنتوسیانین می‌شود (۱۰ و ۴۶). هیومیک اسید سبب افزایش میزان اکسین در گیاه شده (۲) و از طرفی اکسین سبب کاهش نشت یونی می‌شود (۱۰). پژوهشگران بیان کرده‌اند که کاربرد هیومیک اسید بهبود جذب کلسیم در شرایط هیدروپونیک در گیاه گوجه‌فرنگی را به‌دنبال داشته است (۵۱). از طرفی، کلسیم با اتصال به غشای فسفولیپیدی سبب افزایش استحکام و پیوستگی غشاء و در نتیجه کاهش نشت یونی شده است (۱۰). همچنین، مواد هیومیک از طریق تأثیر بر فعالیت پمپ ATP در غشای پلاسمایی بر میزان نشت تأثیرگذارند (۳۲). کاهش نشت یونی نشان‌دهنده کم‌تر بودن پارگی غشای یاخته و تأثیر مثبت بر ساختار غشای سیتوپلاسمی توسط این اسید است.

فنل کل

میزان ترکیبات فنلی در گیاه تحت تأثیر کاربرد توأم هیومیک اسید و فولویک اسید قرار گرفت. بیشترین میزان ترکیبات فنلی در تیمار کاربرد ۰/۵ گرم در لیتر هیومیک اسید به‌تنهایی مشاهده شد (جدول ۵). فنولیک‌ها گروهی از متابولیک‌های ثانویه هستند که در گیاهان تولید می‌شوند و کارکرد پلی‌فنل‌ها افزایش سازگاری گیاه با تغییرات زنده و غیرزنده محیط است. برخی از ترکیبات فنلی با جذب طول موج کوتاه (پرتو ماوراء بنفش) سبب محافظت گیاه در برابر این اشعه می‌شود. علاوه‌بر این، پلی‌فنل‌ها دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی هستند (۱۰). پژوهشگران گزارش کرده‌اند که غلظت ترکیبات فنولیک اکسیژن‌دار در مواد هیومیک در دامنه ۲۱۰-۵۷۰ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم برای هیومیک اسید و در دامنه ۳۰-۵۷۰ میلی‌اکی

با توجه به آثار مخرب و زیان‌آور کودهای شیمیایی و کمبود عناصر مورد نیاز گیاه در خاک، امروزه استفاده از کودهای آلی به منظور رفع نیاز گیاهان به عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد افزایش یافته است. این کودها به دلیل دارا بودن خاصیت هورمونی در مقادیر کم آثار مشهود و مشخصی در بهبود رشد گیاه دارند. بنابراین، کودهای هیومیک با توجه به ماهیت طبیعی بودن، دوست‌دار محیط‌زیست بودن، تنوع در روش استفاده و با توجه به قیمت مناسب می‌توانند یکی از کودهای مهم آلی باشند تا به منظور رفع نیاز کودی گیاه در دسترس گیاه قرار گیرند.

بیشترین غلظت فولویک اسید تأثیر بیشتری نسبت به سایر سطوح مورد استفاده در آزمایش داشتند. این درحالی است که در گیاه سینداپسوس استفاده از هیومیک اسید در بیشترین سطح مورد استفاده در آزمایش (یعنی ۱ گرم در لیتر) به‌تنهایی یا ترکیب با سطوح پایین فولویک اسید (۰/۲ و ۰/۵ گرم در لیتر) توانست صفات مورد بررسی را نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشد. به‌طور کلی، کاربرد هیومیک اسید در دو گیاه شمعدانی و سینداپسوس تأثیر مثبتی بر صفات رشدی اندازه‌گیری‌شده در آزمایش داشت. فولویک اسید نیز در غلظت‌های کم در کاربرد توأم با هیومیک اسید تأثیر مثبتی بر صفات رشدی گیاه داشت.

منابع مورد استفاده

1. Abbaszadeh Faruji, R., M. Shoor, A. Tehranifar, B. Abedi and N. Safari. 2018. Effects of humic acid and fulvic acid on some morphological characteristics of geranium. J. Hort. Sci. 32: 35–50.
2. Abou-Aly, H.E. and M.A. Mady. 2009. Complemented effect of humic acid and biofertilizers on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity. Ann. Agric. Sci. Moshtohor. 47: 1–12.
3. Albayrak, S. and N. Camas. 2005., Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.). Agron. J. 4: 130–133.
4. Carrol, H.V., R.W. Longley and J.H. Roe. 1956. The determination of glycogen in liver and muscle by use of anthrone reagent. J. Biol. Chem. 220: 583–593.
5. Chamani, A., B. Esmailpoor, Y. Poor Beyrami Hir, H. Maleki Lejayer and A. Saadati. 2012. Effects of humic acid and thidiazuron on postharvest of alestromeria flower. J. Hort. Sci. 26: 147–152.
6. Chamani, E., D.C. Joyce and A. Reihanytabar. 2008. Vermicompost effects on the growth and flowering of *Petunia hybrida* 'Dream Neon Rose'. Am. Euras. J. Agric. Environ. Sci. 3: 506–512.
7. Davoodi Fard, M., D. Habibi and F. Davoodi Fard. 2012. Effects of salt stress on cell membrane stability, chlorophyll, and yield components in wheat inoculated with PGPR and Fulvic acid. Agron. J. 8: 71–86.
8. Dere, S., T. Gines and R. Sivaci. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid content of some algae species using different solvents. Tr. J. Bot. 22: 13–17.
9. Develin, R.M. 1975. Plant Physiology. 3rd Ed., Affiliated East West Press, New Delhi, pp. 159–205.
10. Dolatian, N. 2013. The effect of humic acid on quantitative and qualitative characteristics of strawberry *var. Selva* under the greenhouse conditions. MSc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
11. Esringü, A., I. Sezen, B. Aytatli and S. Ercişli. 2015. Effect of humic and fulvic acids application on growth parameters in *Impatiens walleriana* L. Akademik Ziraat Dergisi 4: 37–42.
12. 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.
13. Fatemi, H., A. Ameri, M.H. Amini Fard and H. Aroui. 2011. The effect of humic acid on essences and vegetative characteristics of basil. The First National Conference on New Issues in Agriculture, Islamic Azad University, Saveh. (In Persian)
14. Ghasemi, M., B. Kashefi and A. Matlabi. 2013. Reduction of salinity stress in ornamental plants using the effect of humic acid. Passive defense in the Agricultural Sector. Qeshm Island.
15. Ghasemi Ghahsareh, M. and M. Kafi. 2010. Scientific and Practical Floriculture. Vol. 1, 310 p. (In Persian)
16. Ghasemi Ghahsareh, M. and M. Kafi. 2010. Scientific and Practical Floriculture. Vol. 2, 310 p. (In Persian)
17. Kamali, M. 2012. Studying the effect of salt stress on physio-morphological characteristics of C4 plants *Gomphrena globosa* L. and *Amaranthus tricolor* under different levels of carbon dioxide. MSc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
18. Karakurt, Y., H. Unlu and H. Padem. 2009. The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. Plant Soil Sci. 59(3): 233–237.

19. Khazai, H.R., A. Nezami, A. Eyshi Rezai, A.H. Saeednezhad and F. Poor Amir. 2012. Effect of concentration and type of humic material as a pretreatment on germination and seedling characteristics of two cultivars of triticale (*Triticosecale hexaploide* Lart.). *J. Agric. Ecol.* 4: 273–281.
20. Krishnamoorthy, R.V. and S.N. Vajranabiah. 1986. Biological activity of earthworm casts: An assessment of plant growth promotor levels in casts. *Anim. Sci.* 95: 341–350.
21. Li, G. and M.R. Evens. 2000. Humic acid substrate treatments and foliar spray application effects on root growth and development of seedlings. *Hort. Sci.* 35: 427–434
22. Mafakheri, S. 2017. Effect of some organic and chemical fertilizers on morphological and biochemical factors of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *J. Plant Prod.* 40: 27–40.
23. Marcum, K.B. 1998. Cell membrane theromotability and whole-plant heat tolerance of Kentucky bluegrass. *Crop Sci.* 38: 1214–1218.
24. McDonald, S., P.D. Prenzler, M. Autolovich and K. Robards. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food Chem.* 73: 73–84.
25. Memon, S.A., F.M. Bangulzai, M.İ. Keerio, M.A. Baloch and M. Buriri. 2014. Effect of humic acid and iron sulphate on growth and yield of zinnia (*Zinnia elegans*). *J. Agric. Sci. Technol.* 10(6).
26. Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biol. Biochem.* 34: 1527–1536.
27. Nasiri, S. 2013. Studying the effect of humic acid and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on morphological and phytochemical characteristics of European Borage (*Borago officinalis* L.) under two levels of manure. MSc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
28. Neri, D., E.M. Lodolini, M. Luciano, P. Sabbatini and G. Savini. 2002. The persistence of humic acid droplets on leaf surface. International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants, ISHS. *Acta Hort.* 594: 303–314.
29. Nikbakht, A., M. Kafi, M. Babalar, N. Etemedi, H. Ebrahimzadeh and S.Y. Ping. 2007. The effect of humic acid on calcium absorption and postharvest physiological behaviors of Gerbera. *Int. J. Hort. Sci. Technol.* 8: 237–248.
30. Nikbakht, A., M. Kafi, M. Babalar, P.Y. Xia, A. Luo and N. Etemadi. 2015. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. *J. Plant. Nutr.* 31: 2155–2167.
31. Noori Hosseini, S., Z. Khogar and A. Ahmad Pour. 2007. Effective use of organic fertilizers in tomato cultivation. First Congress of Tomato Processing Technologies, Feb. 16, Mashhad.
32. Pinton, R., S. Cesco, G. Iacoletti, S. Astolfi and Z. Varanini. 1999. Modulation of NO₃ uptake by water extractable humic substances: Involvement of root plasma membrane H⁺ ATPase. *Plant Soil* 215: 155–161.
33. Rauthan, B.S. and M. Schnitzer. 1981. Effects of soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Soil* 63: 491–495.
34. Roohani, N.S. 2014. The role of humic acid in morphological, physiological and biochemical characteristics of three varieties of radish (*Raphanus sativus* L.) under salt stress. MSc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
35. Roosta, H.R., M. Hosseinkhani and M. Vakili Shahrabaki. 2016. Effects of foliar application of nano-fertile fertilizer containing humic acid on growth, yield and nutrient concentration of mint (*Mentha sativa*) in aquaponic system. *J. Sci. Technol. Greenhouse Culture* 6(24): 1–10.
36. Saadati, J. and M. Baghi. 2014. Evaluation of the effect of various amounts of humic acid on yield, yield components and protein of chickpea cultivars (*Cicer Arietinum* L.). *Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res.* 2: 2306–2313.
37. Sabzevari, S., H.R. Khazai and M. Kafi. 2010. Effects of humic acid on germination of four varieties of winter wheat (Sayonez and Sabalan) and spring wheat (Chamran and Pishtaz). *Agric. Res. J.* 8: 473–480.
38. Salehi, B., A. Bagherzadeh, M. Ghasemi and M. Ebrahimi. 2010. The effect of organic matter of humic acid on the growth characteristics, yield and yield components of three varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *J. Agric. Ecol.* 2: 640–647.
39. Samavat, S. 2007. Study of the amount of humic acid in different organic materials and the effect of humic acid of urban waste compost on some soil properties. Iranian Soil Science Congress, Karaj. (In Persian)
40. Sanchez-Sanchez, A., J. Sanchez-Anderu, M. Juarez, J. Jorda and D. Bermudez. 2002. Humic substances and amino acid improve effectiveness of chelate FeEDDHA in lemons trees. *J. Plant. Nutr.* 25: 2433–2442.
41. Sardashti, A.R. and M. Alidoost. 2007. Determining and identifying of humic acid compounds in forest soils of north of Iran. Fifteenth Congress of Crystallography and Mineralogy of Iran, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad. (In Persian)
42. Shah Hoseini, Z., A. Gholami and H.R. Asghari. 2012. The impact of mycorrhizal symbiosis and the use of humic acid on water use efficiency and physiological indicators of corn growth under irrigation deficit. *J. Dry Canvas* 2(1): 39–56.
43. Shahbazi, Sh., E. Fateh and A. Ayneband. 2015. Evaluation of the effect of humic acid and vermicompost on yield and yield components of three wheat cultivars in tropical regions. *J. Plant Prod.* 38(2): 99–110.

44. Shahsavan Markade, M. and A. Chamani. 2014. Effect of different concentrations and times of humic acid application on quantitative and qualitative characteristics of mattiola cut flowers, 'Hanza' cultivar. J. Agric. Sci. Technol. 5(19): 157–170.
45. Shariati Nia, F., A.R. Karimi Goghari, N. Soltani Nezhad and M. Shamsodin Saeed. 2012. Assessing the effect of humic acid and salinity on vegetative growth and some physiological characteristics of cotton (Var. Varamin). The Second National Conference on Advances in Crop Plants, Islamic Azad University, Bojnord. (In Persian)
46. Sharif, M., R.A. Khattak, and M.S. Sarir. 2002. Effect of different levels of lignitic cool derived humic acid on growth of maize plants. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33: 3567–3580.
47. Shekari, H., A. Roozbehani and S. Safari Dolatabad. 2013. Study of the effect of humic acid and fulvic acid and different levels of nitrogen on physiological and quantitative traits of *Ricinus communis*. National Conference of Passive Defense in Agriculture, Qeshm Island, Iran.
48. Sladky, Z. and V. Tichy. 1959. Applications of humus substances to overground organs of plants. Biol. Plant. 1: 9–15.
49. Tehrani, A. 2014. The effect of foliar application of humic substances on some quantitative and qualitative characteristics of strawberry var. *Camarosa*. PhD Dissertation, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)
50. Tejada, M. and J.L. Gonzalez. 2003. Influence of foliar fertilization with amino acids and humic acids on productivity and quality of asparagus. Biol. Agric. Hort. 21(3): 277–291.
51. Türkmen, Ö., A. Dursun, M. Turan and C. Erdinç. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. Acta Agric. Scand. 7: 168–174.
52. Visser, S.A. 1986. Effect of humic substances on plant growth. PP. 161–186. In: MacCarthy, P., C.E. Clapp, R.L. Malcolm and P.R. Bloom (Eds.), Humic Substances Effect on Soil and Plants, ASA and SSSA, Mad., WI.
53. Visser, S.A. and M. Caillier. 1988. Observations on the dispersion and aggregation of clays by humic substances: I. Dispersive effects of humic acids. Geoderma 42: 331–337.
54. Xu, X. 1986. The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and wheat yield. Aust. J. Agric. Res. 37: 343–350.
55. Yang, C.M., C.W. Ming, Y.F. Lu, I.F. Chang and C.H. Chou. 2004. Humic substances affect the activity of chlorophylls. J. Chem. Ecol. 30: 5.
56. Zhang, J.M., S.J. Xing, M.P. Sang, B.Y. Ma, X.M. Chu and C.S. Liu. 2010. Effect of humic acid on poplar physiology and biochemistry properties and growth under different water level. J. Soil Water Conserv. Vol. 6: 42.

Effects of Humic and Fulvic Acids on Some Physiological Characteristics of Two Ornamental Plants of Geranium (*Plargonium* spp.) and Scindapsus (*Scindapsus* spp.)

R. Abbaszadeh Faruji¹, M. Shoor^{1*}, A. Tehranifar¹ and B. Abedi¹

(Received: 5 August 2018; Accepted: 15 May 2018)

Abstract

Humic acid and fulvic acid are natural and organic materials, which are derived from various sources such as soil organic matter (humus), soil, peat, oxidized lignite and coal. In order to evaluate the effect of humic substances on physiological characteristics of two ornamental plants of geranium (*Plargonium* spp.) and scindapsus (*Scindapsus* spp.), an experiment was conducted as 4×4 factorial, based on completely randomized design with three replications, in Research Greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad during 2014-2015. The first factor was four levels of humic acid (0, 0.2, 0.5 and 1 g/L) and the second factor was fulvic acid at four levels (0, 0.2, 0.5 and 1 g/L). Results showed that the use of humic acid and fulvic acid caused an improvement in most measured physiological traits in geranium and scindapsus. In geranium plant, application of humic acid at low concentration could improve plant growth characteristics. The content of chlorophyll and stomatal conductance in geranium increased by humic acid application (0.2 and 0.5 g/L) as fertigation compared to control treatment. Combined application of humic acid and fulvic acid in this plant, also improved soluble sugar content of the plant and reduced the electrolyte leakage as compared to control. In scindapsus, using humic acid at the highest concentration, solely or in combination with fulvic acid, resulted in the improvement of growth traits, so that the combination of humic acid and fulvic acid resulted in increased soluble sugar and SPAD index in this plant. Moreover, chlorophyll content of the plant was increased by the application of humic acid (1 g/L) as fertigation in comparison with the control treatment. These compounds increase plants' growth by improving their growth conditions. According to the results of this study, application of humic acid and fulvic acid as organic fertilizers is recommended for improving growth in geranium and scindapsus ornamental plants.

Keywords: Organic fertilizers, Growth traits, Chlorophyll content, Stomatal conductance.

1. Dept. of Hort. Sci. and Landscape Eng., College of Agric., Ferdowsi Univ., Mashhad, Iran.

* Corresponding Author, Email: shoor.ferdowsi@um.ac.ir