مقاله پژوهشی

بهبود برخی شاخص‌های ریختی، بیوشیمیایی و فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز تحت تأثیر کاریکین، اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک در گل لیزیانتوس (*Eustoma grandiflorum* cv. "Mariachi")

آذین هراتیان[۱]، فروغ مرتضایی‌نژاد[۲]*، سپیده کلاته جاری[۱] و فواد فاتحی[۳]

[۱] گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] گروه علوم باغبانی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

[۳] گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۱۰/۲۵، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۳/۱۷)

چکیده

در سال‌های اخیر، در دنیا و ایران استقبال و توجه به گل لیزیانتوس به نحوی بوده که تولید آن نیز افزایش چشمگیری یافته است. با افزایش تولید گل شاخه بریدنی لیزیانتوس، توجه به تغذیه و کاربرد تیمارهایی جهت بهبود رشد و ماندگاری گل آن نیز بیش از پیش احساس می‌شود. به همین منظور اثر کاریکین، اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر خصوصیات ریختی و بیوشیمیایی گیاه لیزیانتوس، طی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار بررسی شد. تیمارهای مورد بررسی شامل کاربرد کاریکین (صفر، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) به‌صورت آبیاری، اسید سالیسیلیک (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و اسید هیومیک (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به‌صورت محلول‌پاشی بودند. نتایج نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین اثر را بر شاخص‌های ریختی و بیوشیمیایی مورد ارزیابی داشت، با این حال در برخی صفات نظیر وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ، غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مؤثرتر واقع شد. کاربرد اسید هیومیک نیز با افزایش گسترش ریشه، موجب افزایش وزن تر و خشک برگ و ریشه شد. تیمار کاریکین با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش تعداد برگ، طول و قطر ساقه و تعداد ساقه گلدهنده، وزن تر و خشک ریشه، تعداد کپسول بذری و تعداد غنچه در شاخه شد. کاریکین در ترکیب با اسید هیومیک و به‌خصوص اسید سالیسیلیک با اثر هم‌افزایی سبب بهبود شاخص‌هایی نظیر تعداد ریشه، تعداد برگ و ساقه گل‌دهنده و فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (**PAL**) گردید. کاربرد توأم اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌همراه اسید هیومیک ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌صورت محلول‌پاشی و کاربرد کاریکین ۱ میلی‌گرم بر لیتر به‌صورت محلول‌دهی پای بوته جهت بهبود شاخص‌های رشدونمو و بهبود کیفیت گل‌های لیزیانتوس توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم آنتی‌اکسیدانی، دودآب، شاخص بیوشیمیایی، گل شاخه بریدنی، وزن تر و خشک

مقدمه

تولید و پرورش گل‌های شاخه بریدنی در صنعت گلکاری و عرضه آنها در بازارهای داخلی و خارجی در حال توسعه است.

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mortazaeinezhad@khuisf.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]

ارزش بالای این گل‌ها منجر به افزایش تولید این محصولات در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران شده است. شرایط آب‌وهوایی و اقلیم متنوع کشور ایران، امکان تولید گل‌ها و گیاهان زینتی را که از قابلیت ارزآوری بالایی برخوردار هستند فراهم کرده و می‌تواند به‌عنوان یک منبع بالقوه اقتصادی مورد توجه قرار گیرد (قاسمی قهساره و کافی، ۱۳۹۱).

گل لیزیانتوس با نام علمی *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn، بومی آمریکا بوده و در بخش شمالی مکزیک، تگزاس، اوکلاهاما، کانزاس، نبراسکا، کلرادو، ویومینگ و جنوب داکوتا دیده شده است. لیزیانتوس به‌صورت گل شاخه بریدنی، گیاه گلدانی و گیاه بستری استفاده می‌شود، اما عمدتاً به‌صورت گل‌بریدنی کاربرد دارد (Dole and Wilkins, 2004). گل‌های آن با رنگ‌های سفید، آبی، یاسی و بنفش به‌صورت منفرد یا چندتایی در روی ساقه‌های برگ‌دار تشکیل می‌شوند (قاسمی قهساره و کافی، ۱۳۹۱). این گل در سال‌های اخیر در دنیا و ایران مورد استقبال و توجه قرار گرفته که تولید آن نیز بیش از پیش افزایش یافته است. با افزایش تولید گل شاخه بریدنی لیزیانتوس، توجه به تغذیه و کاربرد تیمارهایی جهت بهبود رشد و ماندگاری گل آن بیش از پیش احساس می‌شود.

اعمال مدیریت صحیح و انجام برخی از تیمارها در مراحل قبل از برداشت نقش بسیار مهمی در بهبود رشدونمو و افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریدنی دارد. برخی از این تیمارها دارای اثرات منفی زیست‌محیطی بوده و برخی از انواع دیگر آنها توجیه اقتصادی ندارند. به همین دلیل، استفاده از ترکیبات سازگار با گیاه و محیط‌زیست به‌منظور افزایش رشد و سلامت گیاه و نیز توسعه عمر گلجایی قابل توصیه است. استفاده از اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک به‌عنوان دو ترکیب طبیعی به‌منظور افزایش ماندگاری پس از برداشت محصولات باغبانی، بیشتر در میوه‌ها استفاده شده و گزارش‌های اندکی در مورد استفاده از آنها در گیاهان زینتی وجود دارد. اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی به‌طور وسیعی در مراحل قبل و پس از برداشت به‌کار می‌رود (Supapvanich and Promyou, 2013). این ماده باعث کاهش تنفس، بازدارندگی از تولید اتیلن و کنترل پیری در محصولات مختلف شده است (اعلایی و همکاران، ۱۳۹۰).

اسید هیومیک نیز به‌عنوان یک ترکیب طبیعی آلی شناخته شده که حاوی ۵۰ تا ۹۰ درصد مواد ارگانیک است (Clapp *et al.*, 1993). مهم‌ترین آثار بیولوژیک اسید هیومیک بر موجودات زنده تحریک جوانه‌زنی بذر و رشد، تحریک تجمع بیوماس در گیاهان، تحریک تجمع نیتروژن و تحریک جذب عناصر غذایی معدنی است (شاهسون مارکده و چمنی، ۱۳۹۳).

از دیگر ترکیباتی که اخیراً در گیاهان به‌خصوص در بحث رفع موانع جوانه‌زنی بذور مورد بررسی قرار گرفته، استفاده از دود و کاریکین است. سازوکار فیزیولوژیکی دود ناشناخته است. ترکیبی در دود پیدا شده که به‌عنوان محرک قوی جوانه‌زنی با نام کاریکین (3-methy2H-furo[3,4-c]pyran-1-one) شناخته می‌شود. این ترکیب می‌تواند در بذور نیازمند نور برای جوانه‌زنی، جایگزین نور شود. مواد شیمیایی موجود در دود علاوه بر شکستن خواب بذر، فواید دیگری نیز در کشاورزی و تولید محصولات دارد (حسین‌زاده و امامیان، ۱۳۹۴). کاریکین‌ها به آتش‌سوزی‌های مستعد محیط‌زیستی محدود نمی‌شوند و باعث افزایش زایایی و تحمل استرس دانهال‌ها در چندین گونه زراعی شده‌اند (Morffy *et al.*, 2016).

محققین به بررسی اثر اسید سالیسیلیک روی رشد، گلدهی و تولید فلاونوئید در گیاه همیشه‌بهار پرداختند. نتایج نشان داد استفاده از اسید سالیسیلیک افزایش خطی محتویات زیست توده، تعداد گل آذین و محتویات فلاونوئید را سبب شد (Pacheco *et al.*, 2013). همچنین چمنی و همکاران (۱۳۹۴) تأثیر اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک را بر گیاه زینتی-دارویی پراونش (*Catharanthus roseus* L.) بررسی کردند و نتایج ایشان نشان داد تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بیشترین ارتفاع را داشت. تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک بیشترین تعداد برگ را داشت. تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]

هیومیک اسید بیشترین میزان کلروفیل و بیشترین هدایت روزنه‌ای را داشت.

در طی پژوهشی اثرات کاربرد خاکی و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر گل رز مینیاتور رقم هفت رنگ بررسی شد و نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار هیومیک اسید بر صفات رویشی (مانند وزن تر و خشک برگ و قطر ساقه)، زایشی (مانند تعداد و قطر غنچه، قطر گل) و جذب عناصر غذایی گل رز مینیاتور رقم هفت رنگ بود (طالبی و همکاران، ۱۳۹۵). امیری و همکاران (۱۳۹۲) نیز تأثیر اسید هیومیک بر اجزا عملکرد و دوام عمر گل شاخه بریدنی ژربرا بررسی کردند که نتایج نشان داد میانگین وزن تر ریشه، میزان نیتروژن و فسفر برگ، تعداد گل و ماندگاری گل روی بوته در سطوح مختلف اسید هیومیک، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. اسید هیومیک، بیشترین تغییرات را بر اجزا عملکرد و ماندگاری گل شاخه بریدنی ژربرا در دو رقم Dune و Double Dutch داشته است. پژوهش‌گران با بررسی اثر اسید هیومیک بر گل جعفری (*Tagetes* sp.) گزارش کردند تأثیر اسید هیومیک روی پارامترهای ارتفاع، عملکرد گل تازه در هر گیاه، تعداد دانه، وزن دانه، مقدار کاروتنوئید، فنل کل و درصد موسیلاژ چشمگیر بوده و غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را داشته است (Abedini *et al.*, 2015).

در طول دهه اخیر گزارش‌هایی در مورد اثر مثبت دود حاصل از سوختن گیاه بر روی جوانه‌زنی بذور و بنیه گیاهچه در بسیاری از گونه‌های گیاهی از جمله چندین گیاه زراعی ارائه شده است. در طی پژوهشی نتایج کاربرد عصاره آبی دود روی صفات جوانه‌زنی، رشد و عملکرد پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) نشان داد غلظت‌های مختلف عصاره آبی دود گیاهی به‌طور معنی‌داری بیشتر صفات مورد مطالعه در این آزمایش را بهبود بخشیدند. بعد از ۱۲۰ روز از کشت بذرهای پیاز در شرایط گلخانه‌ای، وزن تر و خشک ریشه و ساقه در گیاهان پیاز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت‌های ۱ در ۵۰۰ و یک درصد عصاره آبی دود افزایش یافت. تمام غلظت‌های عصاره آبی دود به‌طور معنی‌داری تعداد برگ را در گیاهان پیاز نسبت به شاهد افزایش دادند. به‌علاوه، گیاهان پیاز تیمارشده با عصاره‌های آبی دود، پیازهایی بزرگ تر با وزن تر و خشک بیشتر نسبت به شاهد تولید کردند (عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۲). در تحقیقی تأثیر عصاره دودی گیاهان بر گیاه دارویی توت روباهی (*Sanguisorba officinalis*) ارزیابی شد و نتایج نشان داد که اثر عصاره دودی به غیر از میزان کلروفیل، بر تمامی شاخص‌های مورد مطالعه، معنی‌دار بود. در حالت کلی، غلظت‌های ۰/۰۳ و ۰/۳ عصاره دودی، بیشتر شاخص‌های رشدی گیاه توت روباهی را به‌طور معنی‌داری، افزایش دادند (مهرشاد و همکاران، ۱۳۸۹).

مطالعه‌ای با فرضیه بهبود ویژگی‌های ریختی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر دود حاصل از سوختن گیاه انجام شد. نتایج نشان داد در مقایسه با شاهد، تیمار دود آئروسل بذرها باعث بهبود طول ریشه، طول شاخه، وزن تر ریشه، وزن تر شاخه، وزن خشک شاخه و سطح برگ شد. تمام تیمارهای مربوط به دود باعث افزایش قابل توجه محتوای آب نسبی برگ، پتانسیل آب، پتانسیل اسمزی و شاخص نفوذپذیری غشا شدند درحالی‌که افزایش محسوس کلروفیل a، کلروفیل b و مقدار کلروفیل کل در پاسخ به تیمارهای دود آئروسل ثبت شد. قرارگرفتن در معرض دود گیاه برای مدت کوتاه (یک تا دو ساعت) نتایج خوبی در مقایسه با قرارگرفتن طولانی‌مدت در معرض دود (سه و چهار ساعت) ایجاد کرد (Iqbal *et al.*, 2018).

از آنجایی که بیش از ۸۰ درصد از زمین‌های کشاورزی در ایران را خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد که از نظر مواد آلی فقیر هستند، مقدار ماده آلی این خاک‌ها کمتر از یک درصد است. هم‌چنین کشورهای درحال توسعه که دارای منابع بسیار محدود هستند و به تکنولوژی گران دسترسی ندارند، از تکنولوژی کم هزینه و سودمند تأثیرات اسید سالیسیلیک، اسید هیومیک و کاریکین موجود در دود می‌توانند استفاده کنند. در این پژوهش، سعی شده با بررسی اثر ترکیبات ذکرشده، بهبود رشد و گلدهی و نیز افزایش شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه لیزیانتوس مورد ارزیابی قرار گیرد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و هر تکرار شامل پنج گیاه در گلخانه دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان از اسفندماه سال ۱۳۹۶ تا خرداد سال ۱۳۹۸ انجام شد. شرایط گلخانه در دمای ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد در طی ۱۰ ساعت روشنایی روز و ۱۸-۱۶ درجه سانتی‌گراد در شب و رطوبت ۷۰-۶۰ درصد تنظیم شد.

بذر لیزیانتوس (*Eustoma grandiflorum* cv. "Mariachi") رقم Mariachi از شرکت بذر شکوفه خریداری شده و در سینی نشا با بستری حاوی کوکوپیت، پیت‌ماس و پرلیت (۵۰:۴۰:۱۰) کشت و در دمای بیشتر از ۱۶ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد که این مرحله تا اردیبهشت سال ۹۷ به‌طول انجامید. در زمانی‌که گیاهان ریشه پر کرده و به مرحله ۴ تا ۶ برگی رسیدند، گیاهان به بستر حاوی خاک معمولی و کود دامی پوسیده منتقل شدند. زمانی‌که گیاهچه‌ها ۲۰ درصد سیکل رشدی خود را طی کردند (۴ تا ۶ هفته پس از کاشت) محلول‌های از پیش تهیه‌شده اسید سالیسیلیک شرکت Honeywell Specialty Chemicals Seelze GmbH و اسید هیومیک هیومیلوکس شرکت Aspire کشور کانادا با نسبت‌های از پیش تهیه‌شده به‌صورت محلول‌پاشی (سه مرتبه با فواصل ۱۵ روزه) و کاریکین به‌صورت محلول‌دهی پای بوته مورد استفاده قرار گرفتند. ترکیب کاریکین از شرکت دانش بنیان گل‌انگیز سبز مستقر در واحد فناور دانشگاه آزاد خوراسگان خریداری شده و با نسبت‌های مشخص (صفر، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) به‌صورت محلول‌دهی پای هر بوته به میزان ۲۰۰ میلی‌لیتر داده شد.

پس از اینکه ارتفاع گیاهان به حداکثر رسید و گل‌ها نمایان شدند، شاخص‌های ریختی شامل تعداد برگ، سطح برگ (با استفاده از دستگاه Leaf area meter مدل (AM200)، تعداد ساقه گلدهنده، طول ساقه، تعداد ریشه، تعداد گل، وزن تر ریشه و اندام هوایی، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، وزن تر و خشک گل و صفات بیوشیمیایی شامل کلروفیل a، b و کل، محتوای فلاونوئیدها و میزان آنتوسیانین گلبرگ و آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز بدست آمده از هر تکرار در هر تیمار اندازه‌گیری شدند.

وزن تر اندام هوایی و ریشه (He *et al*, 2006): ابتدا نمونه‌ها از ریشه و اندام‌های هوایی گیاهان تهیه شد و پس از شستشو با آب توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، طبق روش استاندارد اندازه‌گیری و برحسب گرم بیان شد.

وزن خشک اندام هوایی و ریشه (Celickel, 2002): در این آزمایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه پس از ۷۲ ساعت قرارگیری در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ توزین گردید.

سنجش کلروفیل برگ: میزان کلروفیل برگ‌ها به روش آرنون (۱۹۴۹) و با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر محاسبه گردید. بدین جهت ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ در هاون چینی ساییده شده و به آن ۵ میلی‌لیتر محلول استون ۸۰٪ اضافه گردید. عصاره به‌دست آمده از نمونه‌ها داخل فالکون‌ها ریخته و به‌مدت ۱۲ ساعت در رک‌های آزمایشگاه قرار گرفت. بعد از سپری‌شدن این مدت زمان، نمونه‌ها برای همگن‌سازی بهتر به‌مدت ۵ دقیقه در سانتریفیوژ قرار گرفت. سپس یک سی‌سی از عصاره همگن شده نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج‌های ۶۶۳ برای کلروفیل a و ۶۴۵ برای کلروفیل b، خوانده شد. در صورت خواندن اعداد بالاتر از ۱، به تمام نمونه‌ها به میزان یکسان استون اضافه کرده تا از غلظت آن‌ها کاسته شود و درنهایت به‌منظور تعیین مقدار کلروفیل از فرمول‌های زیر استفاده شد:

رابطه (۱):

$$Chla\ (mg/g)=(12.7\ A_{663}-2.69\ A_{645})\times\{V/(1000\times W)\}$$

رابطه (۲):

$$Chlb\ (mg/g)=(22.9\ A645-4.68\ A663)\times\{V/(1000\times W)\}$$

رابطه (۳):

$$Chla+b\ (mg/g)=(20.2\ A645+8.02\ A663)\times\{V/(1000\times W)\}$$

در این رابطه، A= عدد خوانده‌شده، V= حجم نهایی محلول و W= وزن بافت است. واحد اندازه‌گیری کلروفیل میلی‌گرم در هر گرم بافت می‌باشد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]

سنجش فلاونوئیدهای کل: مقدار ترکیبات فلاونوییدی با استفاده از روش نورسنجی کلرید آلومینیوم تعیین شد. به ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره گیاهی، ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر محلول یک درصد کلرید آلومینیوم، ۰/۱ میلی‌لیتر محلول استات پتاسیم ۱ مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب‌مقطر اضافه شد و پس از ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای محیط، جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۴۱۵ نانومتر خوانده گردید. منحنی کالیبراسیون محلول‌های کوئرستین در دامنه صفر تا ۵۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر در متانول تهیه شد و نتایج به‌صورت میلی‌گرم هم ارز کوئرستین بر گرم وزن خشک گزارش گردید (Chang *et al.*, 2002) (رابطه ۴).

رابطه (۴):

Total Flavenoids= 0.06632 quercetin (µg) -0.01448, R2: 0.9931

سنجش آنتوسیانین‌ها: محتوای آنتوسیانین کل از روش Wagner (۱۹۳۹) اندازه‌گیری شد. در این روش ۰/۰۵ گرم از بافت تازهٔ برگ گیاه در ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول: هیدروکلریک اسید، ۹۹:۱؛ حجمی- حجمی) درون هاون چینی ساییده شد. مخلوط حاصل درون فالکون ریخته و به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق در محیط تاریک قرار داده شد؛ سپس عصاره حاصل با سرعت ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه به‌مدت ۱۳ دقیقه سانتریفیوژ و جذب محلول رویی در طول‌موج ۵۵۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر خوانده شد. آنتوسیانین کل با ضریب خاموشی (ε) معادل ۳۳۰۰۰ بر میلی‌مولار بر سانتی‌متر با رابطه ۵ محاسبه شد.

رابطه (۵):

$$A=\varepsilon bc$$

A، b و c به‌ترتیب نشان‌دهنده جذب نوری محلول، عرض کووت (سانتی‌متر) و غلظت محلول مدنظر (میلی‌گرم بر گرم) هستند.

اندازه‌گیری پروتئین محلول و فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز: میزان پروتئین موجود در نمونه‌های آنزیمی استخراج شده به روش Bradford (۱۹۷۶) اندازه‌گیری گردید. کمپلکس واکنش شامل ۱۰۰ میکرولیتر محلول آنزیمی استخراج‌شده، ۲۰۰ میکرولیتر معرف برادفورد و ۷۰۰ میکرولیتر آب دیونیزه است. پس از گذشت دو دقیقه از تشکیل کمپلکس فوق، معرف بردفورد حداکثر ترکیب را با اسیدهای آمینه آروماتیک نظیر آرژنین از خود نشان می‌دهد. حداکثر زمان پایداری ترکیب حاصل، تا یک ساعت پس از تشکیل بوده و سپس شروع به تجزیه و جداشدن می‌نماید. لذا در این فاصله زمانی نمونه‌ها حداکثر جذب را داشته و جذب آن‌ها در طول-موج ۵۳۵ نانومتر یادداشت شد. میزان پروتئین نمونه‌ها، از روی منحنی استاندارد حاصل از آلبومین سرم گاوی بدست آمد. برای

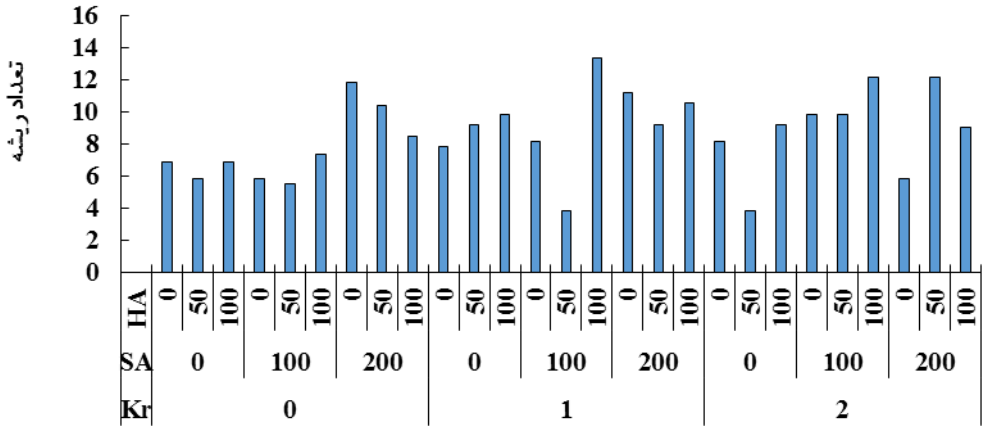
به‌دست آوردن میزان فعالیت ویژه آنزیم‌ها، پس از محاسبه تعداد واحدهای آنزیمی، هر یک از آنزیم‌های مورد مطالعه بر میزان پروتئین حاصل تقسیم شد. برای سنجش آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز از عصاره‌هایی که توسط بافر فسفات (بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار حاوی EDTA ۱ میلی‌مولار در محدوده (pH=6.8-7.2) استخراج شدند، استفاده شده و سنجش این آنزیم طبق روش Saunders و همکاران (۱۹۷۴) انجام گردید.

در این تحقیق، تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین توسط نرم‌افزار MSTAT-C به روش آزمون دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده گردید.

نتایج

تعداد ریشه: کاربرد کاریکین، اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک به‌تنهایی و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر تعداد ریشه گیاه لیزیانتوس تأثیر معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کاربرد کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر به‌همراه اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب تولید بیشترین تعداد ریشه با میانگین ۱۳/۳۶ در گل لیزیانتوس شد. کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به تنهایی و در ترکیب با کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر به‌ترتیب با مقادیر ۱۱/۸۶ و ۱۱/۱۹، کاربرد کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]



شکل ۱- اثر متقابل کاریکین (Kr)، اسید سالیسیلیک (SA) و اسید هیومیک (HA) بر تعداد ریشه لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و همچنین کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌طور مشترک با تعداد ۱۲/۱۹ ریشه تفاوت معنی‌داری ندارند (شکل ۱). کمترین تعداد ریشه به‌طور مشترک در تیمارهای کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و نیز کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر با تعداد ۳/۸۶ ریشه در بوته مشاهده شد (شکل ۱).

تعداد برگ و ساقه گل‌دهنده، طول و قطر ساقه: براساس جدول ۱، تنها کاربرد کاریکین منجر به تأثیر معنی‌دار بر شاخص‌های تعداد برگ، تعداد ساقه گل‌دهنده، طول و قطر ساقه شد. کاربرد کاریکین با غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش تعداد برگ و ساقه گل‌دهنده به‌ترتیب به میزان ۲۵/۲ و ۴۲/۳ درصد شد. غلظت دو میلی‌گرم بر لیتر تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد بر تعداد برگ و ساقه گل‌دهنده گیاه لیزیانتوس نداشت. همچنین مشابه با روند تعداد برگ و ساقه گل‌دهنده، کاربرد کاریکین با غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش طول و قطر ساقه به‌ترتیب به میزان ۱۹/۹ و ۲۸/۳ درصد شد. غلظت دو میلی‌گرم بر لیتر تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد بر طول و قطر ساقه گیاه لیزیانتوس نداشت (شکل ۲).

وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی: با توجه به جدول تجزیه واریانس، کاربرد اسید هیومیک بر وزن تر و خشک ریشه و وزن تر اندام هوایی مؤثر بوده و کاربرد اسید سالیسیلیک تأثیری بر وزن خشک ریشه گیاه لیزیانتوس نداشت، اما سایر تیمارها و اثر متقابل آنها بر شاخص‌های فوق، اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۱). کمترین وزن تر ریشه تحت تأثیر کاربرد کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۴/۱۵ گرم به‌دست آمد که با تیمار اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۴/۴۶ گرم و کاربرد کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۶/۷۸ گرم تفاوت معنی‌داری ندارد. کاربرد کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر به‌همراه اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش ۳۳/۳ درصدی نسبت به شاهد و افزایش بیش از هفت برابری وزن تر ریشه نسبت به کاربرد کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر شد (شکل ۳).

با توجه به شکل ۴، کاربرد کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب بالاترین میزان وزن خشک ریشه گل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر کاریکین، اسید سالیسیلیک، اسید هیومیک و اثر متقابل آنها بر شاخص‌های کمی گل لیزیانتوس

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد ریشه	تعداد برگ	تعداد ساقه گلدهنده	طول ساقه	قطر ساقه	وزن تر ریشه	وزن‌خشک ریشه
کاریکین (K)	۲	۱۸/۷**	۳۴۶۸**	۲۴/۵۳**	۸۸۸/۶**	۱۶/۱**	۷۵/۳۷**	۳۸/۶۸**
اسید سالیسیلیک (SA)	۲	۳۷/۰۸**	۱۹۶/۹^{ns}	۳/۵۳^{ns}	۸۲/۱۴^{ns}	۱/۱۳^{ns}	۱۸۴/۴**	۱/۰۲^{ns}
اسید هیومیک (HA)	۲	۲۴/۵۵**	۲۲۶/۳^{ns}	۰/۹۳^{ns}	۱۱۷/۸^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۴/۸۱^{ns}	۰/۳۳^{ns}
SA×K	۴	۲۲/۰۵**	۱۴۶/۵^{ns}	۰/۹۸^{ns}	۵۲/۴۴^{ns}	۰/۸۲^{ns}	۳۱/۸۱**	۵/۵۵**
HA×K	۴	۱۰/۸۶**	۱۰۶/۴^{ns}	۰/۶۲^{ns}	۲۱/۴^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۹۷/۱۶**	۹/۹۶**
HA×SA	۴	۱۹/۸۷**	۱۰/۴^{ns}	۰/۳۳^{ns}	۵۵/۶۵^{ns}	۰/۳۱^{ns}	۸۱/۴۶**	۱۲/۵**
HA×SA×K	۸	۱۵/۰۰**	۵۱/۸۵^{ns}	۰/۳۶^{ns}	۵۳/۹۲^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۱۳۰/۴**	۸/۸۸**
خطا	۵۴	۲/۷۳	۱۹۱/۷	۱/۲۵	۸۴/۸۶	۰/۶۲	۳/۶۱	۰/۹۱
CV.		۱۹/۲	۲۴/۷۳	۱۸/۹۹	۱۹/۴۵	۲۰/۱۱	۱۳/۹۳	۱۹/۴۵

ns عدم تفاوت معنی‌دار، * و به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد**

ادامه جدول ۱-

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	درجه آزادی	وزن‌تر گل	وزن‌خشک گل	درجه آزادی	سطح برگ
کاریکین (K)	۲	۳۰۶۹۴۱**	۲۰۸۵۰**	۲	۰/۳۸^{ns}	۰/۰۰۳۷^{ns}	۲	۵۷۵۰۸۶۹**
اسید سالیسیلیک (SA)	۲	۹۸۵۷**	۱۹۱۱**	۲	۱/۶۲*	۰/۰۴۶۴**	۲	۱۲۳۹^{ns}
اسید هیومیک (HA)	۲	۱۷۴۳^{ns}	۳۰۹/۵**	۲	۰/۳۳^{ns}	۰/۰۰۶۶^{ns}	۲	۳۲۳۵۶^{ns}
SA×K	۴	۱۰۶۹۶۲**	۱۹۵۲**	۴	۰/۶۱^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۴	۱۴۱۷۷۳۸**
HA×K	۴	۶۴۲۵**	۵۲۴/۳**	۴	۰/۲۱^{ns}	۰/۰۰۱۴^{ns}	۴	۶۹۰۵۲^{ns}
HA×SA	۴	۲۵۱۴۷**	۶۸۲/۶**	۴	۰/۲۴^{ns}	۰/۰۰۷۵^{ns}	۴	۲۹۱۱۴۹^{ns}
HA×SA×K	۸	۱۴۵۵۱**	۶۶۷/۹**	۷	۰/۵۱^{ns}	۰/۰۰۵۶^{ns}	۸	۱۸۹۷۵۹^{ns}
خطا	۵۴	۱۵۲۵	۴۴/۳۱	۳۵	۰/۳۴	۰/۰۰۷۱	۳۳	۲۹۶۸۵۶
CV.		۱۳/۹۵	۱۱/۴۸		۲۰/۴۵	۱۸/۸۶		۲۷/۰۵

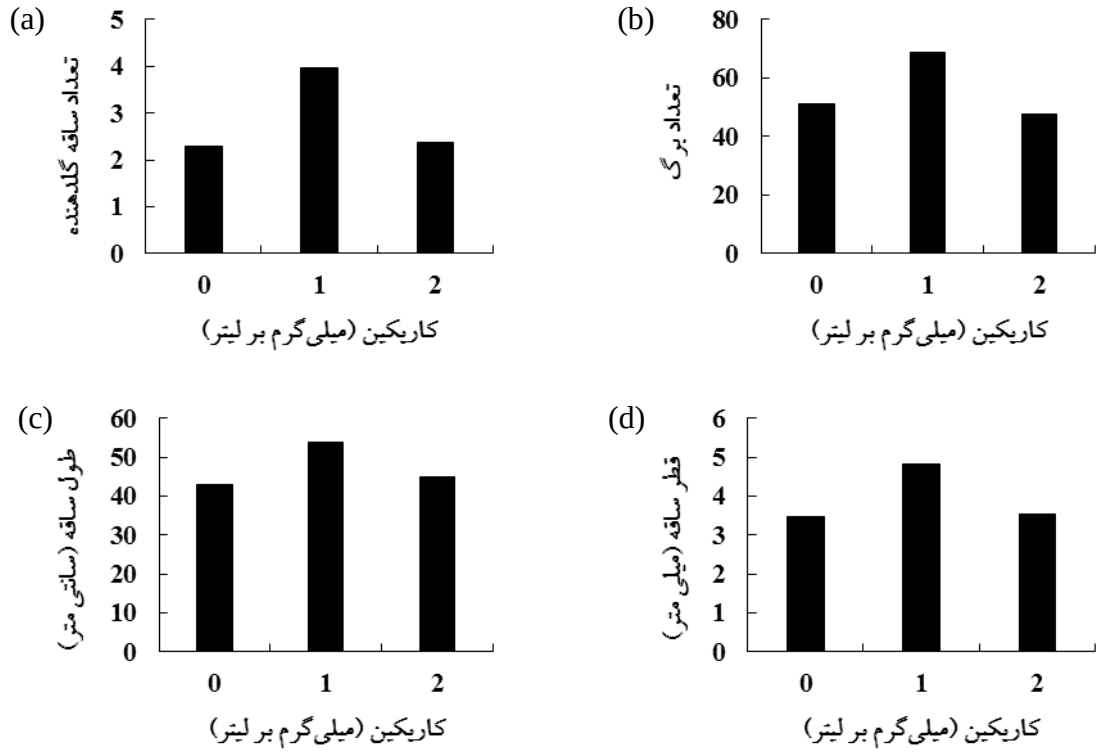
ns عدم تفاوت معنی‌دار، * و به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد**

لیزیانتوس با میانگین ۱۰/۸۸ گرم شد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری ایجاد کرده است.

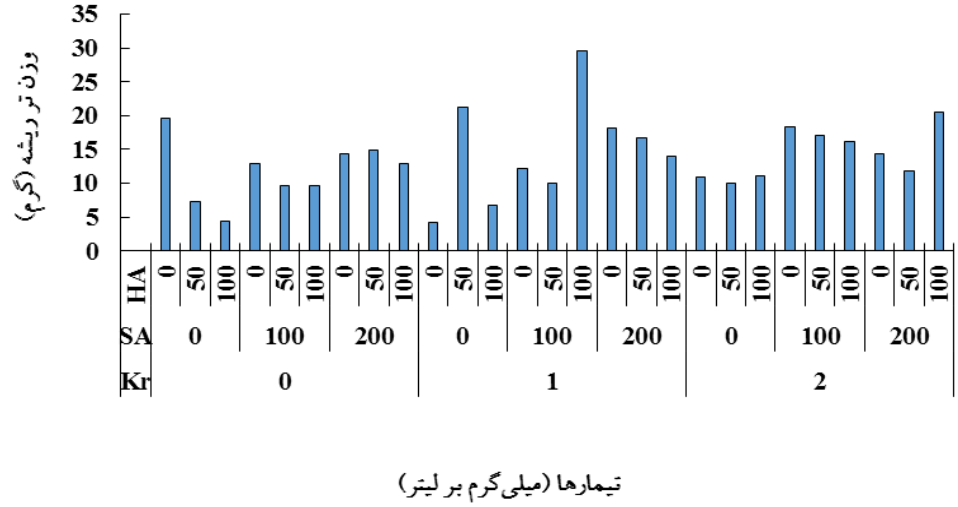
کمترین وزن خشک ریشه در تیمار اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۲/۵۷ گرم حاصل شد که ۴/۲۳ برابر کمتر از وزن خشک ریشه در تیمار کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است. کاربرد کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش ۳۰/۷ درصدی وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۴).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]



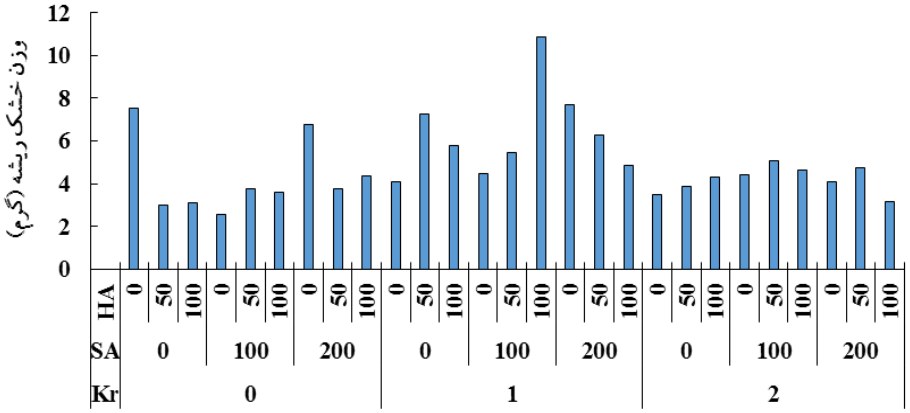
شکل ۲- تأثیر کاریکین بر تعداد ساقه گل‌دهنده (a)، تعداد برگ (b) و طول (c) و قطر ساقه (d) گل لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



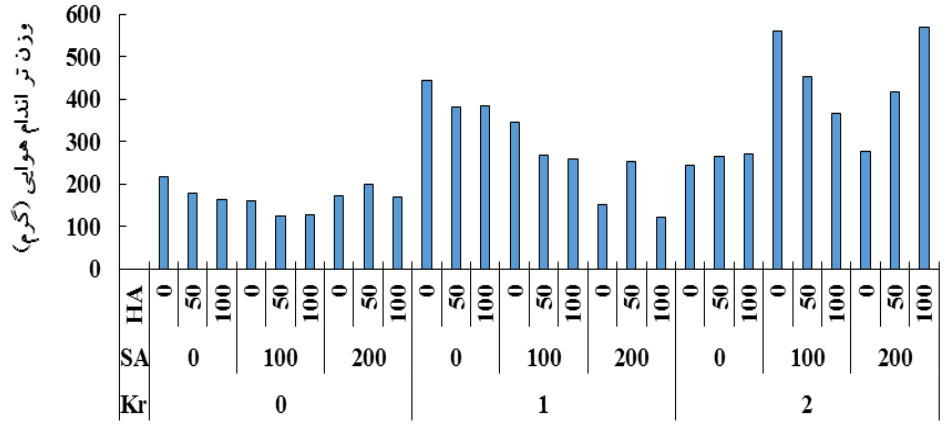
شکل ۳- اثر متقابل کاریکین (Kr)، اسید سالیسیلیک (SA) و اسید هیومیک (HA) بر وزن تر ریشه لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

در مجموع کاربرد کاریکین موجب افزایش در وزن تر اندام هوایی شده که با افزایش غلظت کاریکین این سیر صعودی ادامه پیدا کرد. بر این اساس، بیشترین میزان وزن تر اندام هوایی در تیمار کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۵۶۰/۹ گرم و تیمار کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]



شکل ۴- اثر متقابل کاریکین (Kr)، اسید سالیسیلیک (SA) و اسید هیومیک (HA) بر وزن خشک ریشه لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

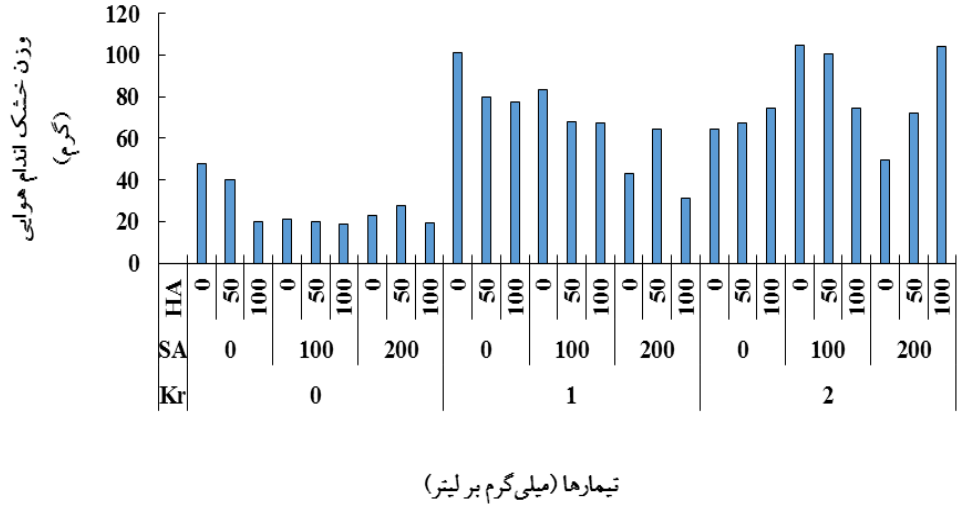


شکل ۵- اثر متقابل کاریکین (Kr)، اسید سالیسیلیک (SA) و اسید هیومیک (HA) بر وزن تر اندام هوایی گل لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

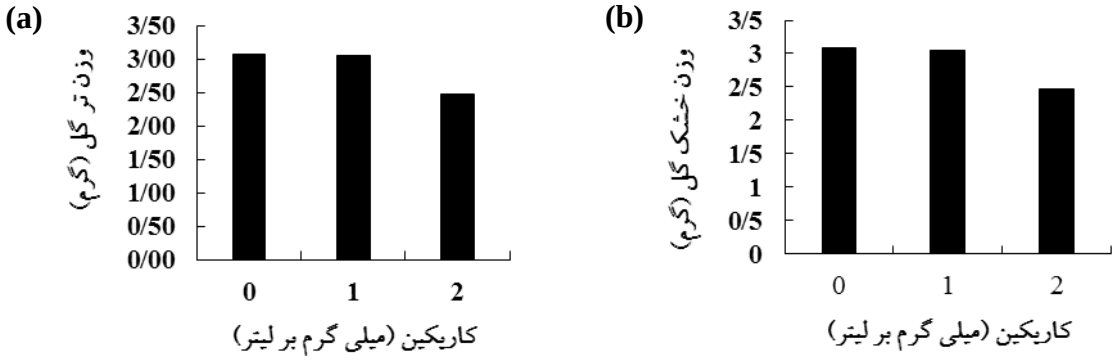
میانگین ۵۷۰/۷ گرم مشاهده شد که با سایر سطوح تیماری تفاوت معنی‌داری دارد (شکل ۵).

کمترین وزن تر اندام هوایی در تیمار اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۱۲۵/۵ گرم حاصل شد. کاربرد کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش حدود ۴/۵ برابری وزن تر اندام هوایی نسبت به تیمار اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و نیز افزایش بیش از ۲/۵ برابری نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۵). کاربرد کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب بالاترین میزان وزن خشک اندام هوایی گل لیزیانتوس با میانگین ۱۰۴/۴ گرم شد که با تیمار کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۱۰۱/۱ گرم، کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۱۰۳/۸ گرم و کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]



شکل ۶- اثر متقابل کاریکین (Kr)، اسید سالیسیلیک (SA) و اسید هیومیک (HA) بر وزن خشک اندام هوایی گل لیزیانتوس.میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۷- تأثیر اسید سالیسیلیک بر وزن تر (a) و خشک (b) گل لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

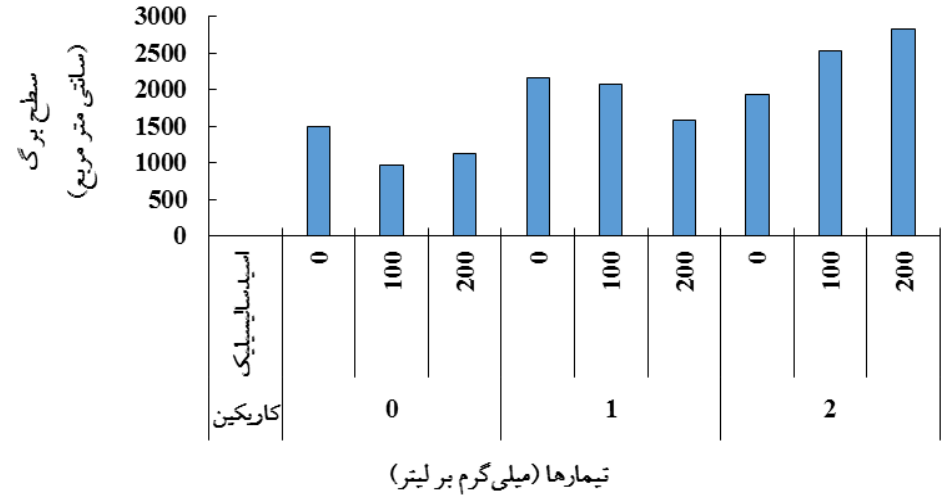
سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۱۰۰/۶۵ گرم تفاوت معنی‌داری ندارد (شکل ۶).

در مجموع کمترین وزن خشک اندام هوایی در گیاهانی که با کاریکین تیمار نشدند مشاهده گردید. بر این اساس، کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمار اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۱۸/۹۳ گرم به‌دست آمد که ۵/۵ برابر کمتر از وزن خشک اندام هوایی در تیمار کاربرد کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است (شکل ۶).

وزن تر و خشک گل: با توجه به جدول ۱، تنها اسید سالیسیلیک بر وزن تر و خشک گل لیزیانتوس تأثیر معنی‌دار داشت. بر این اساس، طبق شکل ۷، کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب کاهش وزن تر و خشک گل نسبت به تیمار شاهد و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک شد. به‌طوری‌که کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب کاهش ۱۹/۸ درصدی در وزن تر و کاهش ۲۱/۹ درصدی در وزن خشک گل لیزیانتوس شد.

سطح برگ: کاربرد کاریکین به‌تنهایی و اثر متقابل کاریکین+ اسید سالیسیلیک بر سطح برگ گیاه لیزیانتوس تأثیر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]



شکل ۸- اثر متقابل کاریکین و اسید سالیسیلیک بر سطح برگ لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

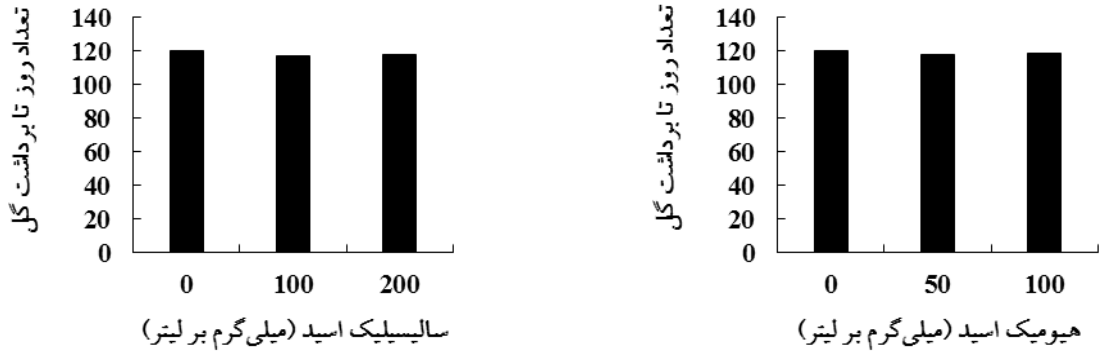
معنی‌دار داشت (جدول ۱). با توجه به شکل ۸، با افزایش میزان کاریکین، سطح برگ نیز افزایش یافته است، به‌طوری‌که در غلظت دو میلی‌گرم بر لیتر بیشترین میزان سطح برگ مشاهده گردید. بر این اساس، کاربرد کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر منجر به بروز بالاترین میزان سطح برگ با میانگین ۲۸۲۷/۷ سانتی‌متر مربع در گیاه لیزیانتوس شد که با تیمارهای کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (۲۵۳۳/۸ سانتی‌متر مربع)، کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (۲۰۷۸/۷ سانتی‌متر مربع) و کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر به‌تنهایی (۲۱۵۳/۹ سانتی‌متر مربع) تفاوت معنی‌داری ندارد اما با دیگر سطوح تیماری اختلاف معنی‌دار ایجاد کرده است.

سطح برگ در تیمار کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش معنی‌دار سطح برگ نسبت به تیمار شاهد شده است (شکل ۸).

تعداد روز تا برداشت گل: با توجه به جدول ۲، اثر اصلی کاریکین، اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر تعداد روز تا برداشت گل لیزیانتوس معنی‌دار شد. کاربرد کاریکین با غلظت ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر به‌ترتیب با کاهشی ۴/۸ و ۵/۷ درصدی تعداد روز تا برداشت گل را از ۱۲۳/۶ روز به ۱۱۷/۵ و ۱۱۶/۵ روز رساند. همچنین، تعداد روز تا برداشت گل تحت تأثیر اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و اسید هیومیک با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت که البته نسبت به غلظت بالاتر اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد. تعداد روز تا برداشت گل تحت تأثیر اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نسبت به شاهد کاهش معنی‌دار ۲/۱ درصدی و تحت تأثیر اسید هیومیک ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش معنی‌دار ۱/۹ درصدی نشان داد.

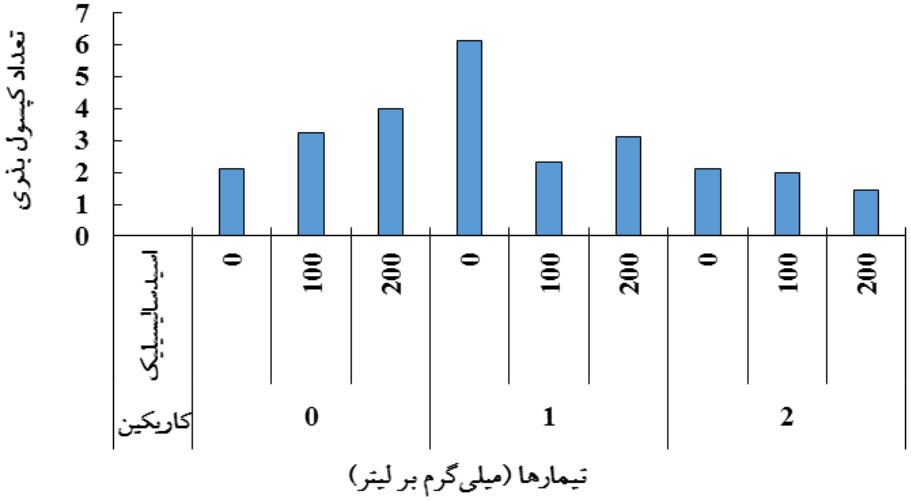
تعداد کپسول بذری: کاربرد کاریکین به‌تنهایی و اثر متقابل کاریکین+ اسید سالیسیلیک بر تعداد کپسول بذری گیاه لیزیانتوس تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۲). تعداد کپسول بذری تحت تأثیر کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر بدون کاربرد اسید سالیسیلیک با میانگین ۶/۱۱ کپسول افزایش معنی‌داری پیدا کرد که با تیمار سالیسیلیک ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌تنهایی با میانگین ۳/۲۲ و چهار میلی‌گرم بر لیتر و تیمار کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۳/۱۱ کپسول در بوته تفاوت معنی‌داری ندارد. نتایج درمورد تأثیر توأم کاریکین و اسید سالیسیلیک نشان داد که با کاربرد میزان یک میلی‌گرم بر لیتر کاریکین، اسید سالیسیلیک نیز مؤثر واقع شد اما با افزایش میزان کاریکین، کاربرد اسید

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]



(a) (b)

شکل ۹- اثر اصلی اسید هیومیک (a) و اسید سالیسیلیک (b) بر تعداد روز تا برداشت گل در لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۱۰- اثر متقابل کاریکین و اسید سالیسیلیک بر تعداد کپسول بذری در لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

سالیسیلیک تأثیر منفی بر تعداد کپسول بذری لیزیانتوس داشت (شکل ۱۰).

تعداد غنچه در شاخه: کاربرد کاریکین و اسید سالیسیلیک به‌تنهایی بر تعداد غنچه در شاخه گیاه لیزیانتوس تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۲). با توجه به شکل ۱۱، بیشترین تعداد غنچه در شاخه در تیمار شاهد با میانگین ۳/۵۱ عدد و کمترین تعداد در تیمار اسید سالیسیلیک دو میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۱/۸۳ غنچه در شاخه به‌دست آمد. در مقابل، کاربرد کاریکین به‌صورت جداگانه سبب افزایش تعداد غنچه در شاخه شد. کاربرد کاریکین با غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تعداد غنچه در شاخه را با میانگین ۳/۲۶ غنچه موجب شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد و غلظت دو میلی‌گرم بر لیتر کاریکین ایجاد کرده است.

کلروفیل a، b و کل: کاربرد کاریکین به‌تنهایی و اثر متقابل کاریکین به‌همراه اسید سالیسیلیک بر محتوای کلروفیل a و کل در برگ گیاه لیزیانتوس تأثیر معنی‌دار داشت اما کلروفیل b تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای مورد مطالعه قرار نگرفت (جدول ۲). با توجه به شکل ۱۲، مقدار کلروفیل a در تیمار شاهد در حد بالایی قرار داشت که با کاربرد اسید سالیسیلیک و کاریکین کاهش معنی‌داری پیدا کرد اما با افزایش غلظت این

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر کاریکین، اسید سالیسیلیک، اسید هیومیک و اثر متقابل آنها بر صفات زایشی و بیوشیمیایی گل لیزیانتوس

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تعداد روز تا برداشت گل	تعداد کپسول بذری	وزن تجمعی بذر	درجه آزادی	تعداد غنچه در شاخه	درجه آزادی
کاریکین (K)	۲	۲۸۱/۶۱**	۲۲/۷۶*	۰/۵۳ns	۲	۱۱/۴۹**	۲
سالیسیلیک‌اسید (SA)	۲	۲۱/۶*	۵/۲۲ns	۰/۲۷ns	۲	۱۹/۲۷**	۲
اسید هیومیک (HA)	۲	۳۱/۷**	۲/۹۶ns	۰/۰۰۴ns	۲	۰/۶۵ns	۲
SA×K	۴	۱۱/۱۲ns	۱۷/۱*	۰/۴۸ns	۴	۱/۲۸ns	۴
HA×K	۴	۱۱/۸۴ns	۱۲/۵ns	۰/۰۷ns	۴	۲/۶۴ns	۴
HA×SA	۴	۷/۹۲ns	۵/۴۸ns	۰/۲۵ns	۴	۱/۳۲ns	۴
HA×SA×K	۸	۸/۰۸ns	۰/۷۹ns	۰/۱۳ns	۸	۰/۶۵ns	۸
خطا	۴۲	۵/۹۹	۴/۸۲	۰/۱۶۹	۴۹	۱/۶	۵۴
CV.		۲/۰۶	۲۳/۲۲	۱۷/۱۲		۱۹/۶۸	

ns عدم تفاوت معنی‌دار، * و به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد**

ادامه جدول ۲-

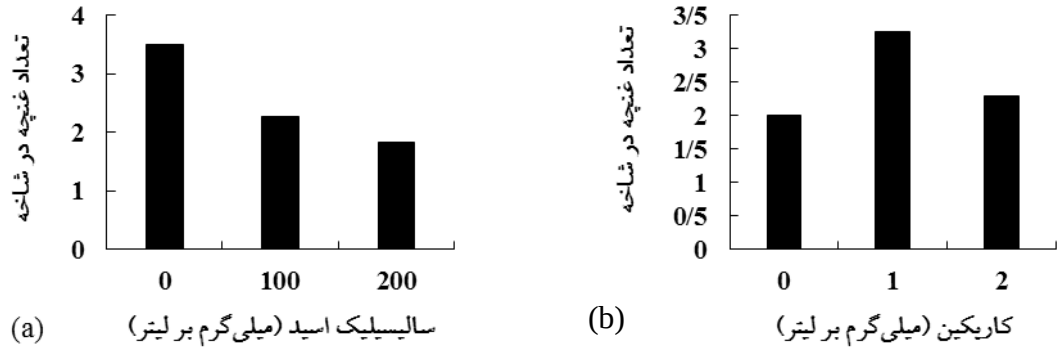
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	PAL	درجه آزادی	آنتوسیانین‌ها	فلاونوئیدها
کاریکین (K)	۲	۱۲۲/۷**	۱۳/۳۵ns	۱۸۶/۸**	۰/۶۵۶۹*	۲	۰/۰۳۲ns	۹۱/۶۴**
سالیسیلیک اسید (SA)	۲	۱۲/۲۷ns	۱۳/۵۶ns	۲/۱۴ns	۰/۲۹۲۹ns	۲	۰/۰۰۴۳ns	۷۳/۹۳*
اسید هیومیک (HA)	۲	۴/۰۲ns	۰/۱۲۹ns	۳/۷۹ns	۰/۵۸۳۲*	۲	۰/۰۱۲۱ns	۳۱/۴۷ns
SA×K	۴	۶۳/۵*	۴/۵۶ns	۶۴/۲۳*	۰/۴۳۰۵*	۴	۰/۰۵۷ns	۵۷/۰۷*
HA×K	۴	۵/۰۴ns	۳/۷۸ns	۸/۴۱ns	۰/۴۲۵۸*	۴	۰/۰۸۲ns	۱۳/۷۷ns
HA×SA	۴	۴۰/۷۱ns	۱۱/۱۹ns	۱۹/۵۷ns	۰/۷۶۷۲**	۴	۰/۰۲۲ns	۳۳/۴۵ns
HA×SA×K	۸	۱۱/۵۵ns	۳/۹۴ns	۱۵/۹۳ns	۰/۵۹۰۷**	۸	۰/۰۴۱ns	۲۰/۲۱ns
خطا	۴۲	۱۹/۰۲	۱۰/۲۹	۲۴/۲۷	۰/۱۳۴۴	۵۳	۰/۰۲۵	۱۶/۸۷
CV.		۲۵/۵۳	۲۲/۵۳	۲۴/۴۷	۲۱/۲۷		۳۱/۴۷	۲۰/۰۸

ns عدم تفاوت معنی‌دار، * و به‌ترتیب نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد**

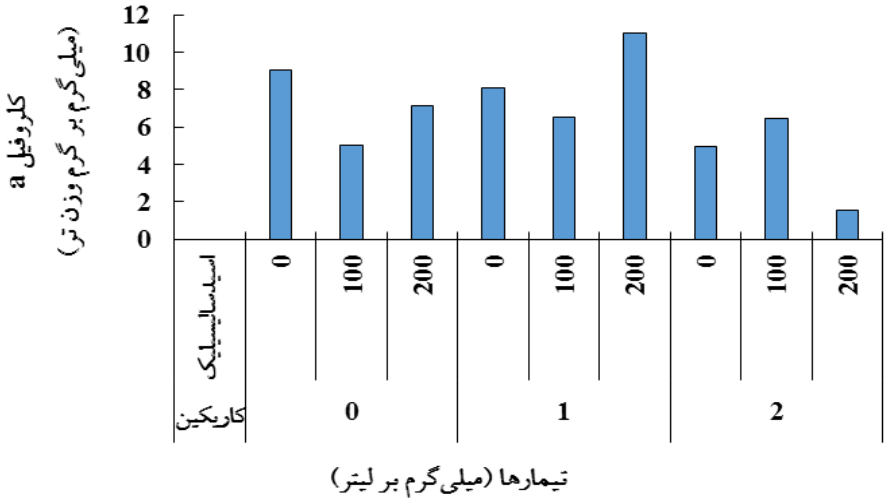
دو تیمار، بار دیگر بر مقدار آن افزوده شد. بر این اساس، مشاهده می‌شود که کاربرد کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر به‌همراه اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب بالاترین میزان کلروفیل a با میانگین ۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر شده که با تیمار اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۱/۵۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر تفاوتی ندارد اما با سایر سطوح تیماری اختلاف معنی‌داری ندارد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]



شکل ۱۱- اثر اصلی اسید سالیسیلیک (a) و کاریکین (b) بر تعداد غنچه در شاخه گیاه لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



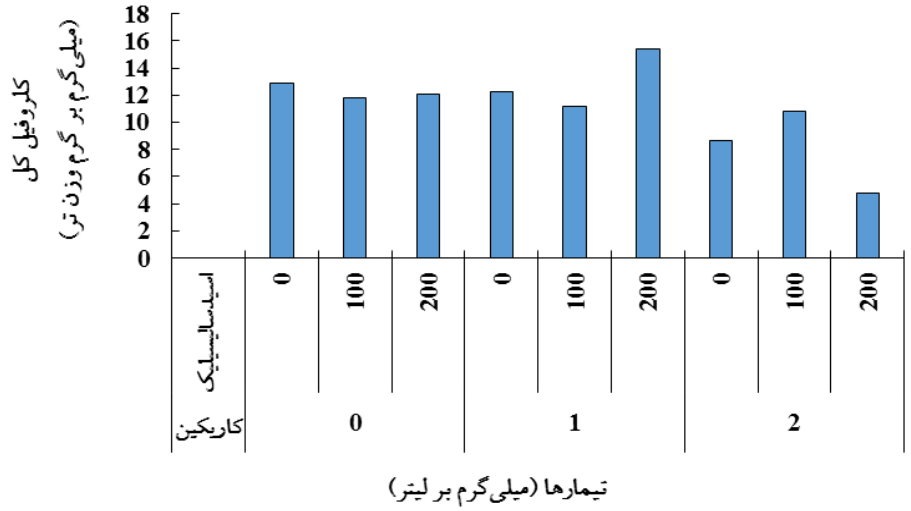
شکل ۱۲- اثر متقابل کاریکین و اسید سالیسیلیک بر میزان کلروفیل a لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

با توجه به شکل ۱۲، کاربرد کاریکین ۱ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش حدود ۷ برابری کلروفیل a نسبت به تیمار کاریکین ۲ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر شد.

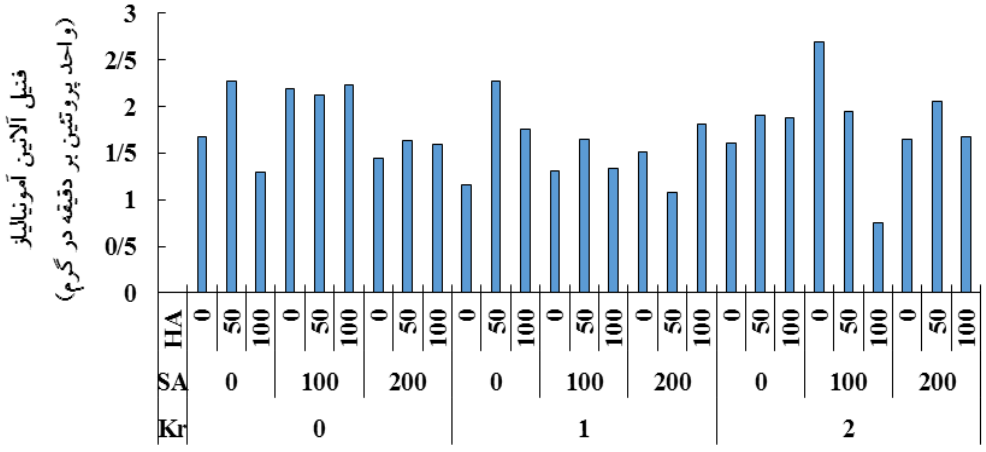
روند تغییرات کلروفیل کل، مشابه با الگوی تغییرات کلروفیل a است. مقدار کلروفیل کل با کاربرد کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر به‌همراه اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بالاترین میزان با میانگین ۱۵/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر رسید که البته جز با تیمار اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+ کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۴/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، با سایر سطوح تیماری اختلاف معنی‌داری ندارد (شکل ۱۳).

فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL): براساس جدول ۲، تمامی تیمارها و اثر متقابل آنها بر فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز تأثیر معنی‌دار داشتند اما کاربرد اسید سالیسیلیک به‌تنهایی نتوانست تأثیری بر فعالیت این آنزیم داشته باشد. با توجه به شکل ۱۴، فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز تحت تأثیر سطوح تیماری مختلف، پاسخ‌های متفاوتی نیز داده و از الگوی خاصی پیروی نکرده است. بر این اساس، به‌نظر می‌رسد فعالیت آنزیم تحت تأثیر اسید

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]



شکل ۱۳- اثر متقابل کاریکین و اسید سالیسیلیک بر محتوای کلروفیل کل لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

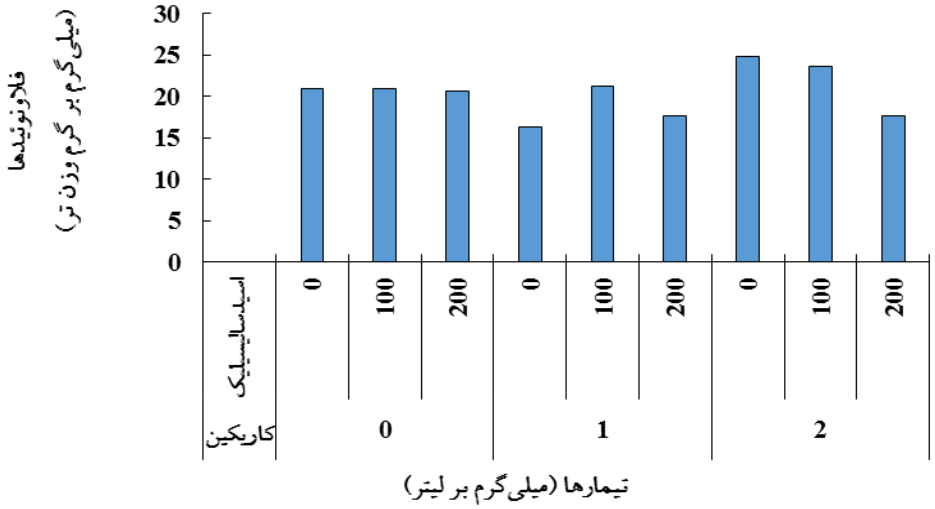


شکل ۱۴- اثر متقابل کاریکین (Kr)، اسید سالیسیلیک (SA) و اسید هیومیک (HA) بر فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در گیاه لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و اسید هیومیک ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در حضور کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر و همچنین بدون کاربرد آن، افزایش پیدا کرده است، به‌طوری‌که بیشترین فعالیت آنزیم PAL تحت تأثیر کاربرد کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و بدون کاربرد اسید هیومیک با میانگین ۲/۶۹۵ واحد بر دقیقه در گرم پروتئین حاصل شد. کمترین میزان فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز در تیمار کاریکین دو میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۰/۷۵۷ واحد بر دقیقه در گرم پروتئین مشاهده شد که احتمالاً علت این نوسان شدید، تأثیر منفی اسید هیومیک بر فعالیت این آنزیم بوده است.

محتوای فلاونوئیدها: براساس جدول تجزیه واریانس، کاربرد کاریکین و اسید سالیسیلیک به‌تنهایی و اثر متقابل کاریکین+ اسید سالیسیلیک بر محتوای فلاونوئیدهای گلبرگ

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]



شکل ۱۵- اثر متقابل کاریکین و اسید سالیسیلیک بر میزان فلاونوئیدهای گل لیزیانتوس. میانگین‌های با حروف یکسان براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

گل لیزیانتوس تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۲). با توجه به شکل ۱۵، محتوای فلاونوئیدها تحت تأثیر کاریکین ۲ میلی‌گرم بر لیتر و بدون کاربرد اسید سالیسیلیک در بالاترین حد با میانگین ۲۴/۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر قرار داشت که جز با تیمارهای کاریکین ۱ میلی‌گرم بر لیتر بدون اسید سالیسیلیک و کاریکین ۱ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌ترتیب با مقادیر ۱۶/۲۶ و ۱۷/۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و نیز تیمار کاریکین ۲ میلی‌گرم بر لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۱۷/۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری ندارد. بر این اساس، مشاهده می‌شود که کاربرد کاریکین ۱ میلی‌گرم بر لیتر بدون کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به پایین‌ترین میزان فلاونوئیدها به مقدار ۱۶/۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر شد که نسبت به میزان فلاونوئیدها تحت تأثیر کاریکین ۲ میلی‌گرم بر لیتر بدون کاربرد اسید سالیسیلیک حدود ۳۰ درصد کاهش نشان داده است.

بحث

در این پژوهش، صفات رویشی و زایشی گل لیزیانتوس تحت تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک و همچنین کاربرد کاریکین بهبود پیدا کردند. به این صورت که تعداد و قطر ریشه تحت تأثیر اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و کاریکین ۲ میلی‌گرم بر لیتر و وزن تر و خشک ریشه تحت تأثیر اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر افزایش معنی‌داری نشان دادند. بر این اساس، گزارش شده که کاربرد اسید سالیسلیک با افزایش تقسیم سلولی در ناحیه مریستم ریشه (Singh and Usha, 2003)، افزایش هورمون اکسین و جیبرلین و کاهش هورمون آبسزیک اسید و کاهش رادیکال‌های آزاد و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (Gunes *et al.*, 2007) موجب بهبود رشد و توسعه ریشه و اندام‌های هوایی گیاه می‌شود. دلیل افزایش طول، حجم و سایر صفات ریشه و به‌طور کلی افزایش رشد گیاه تحت تأثیر کاربرد اسید سالیسیلیک به تأثیر مثبت آن بر فتوسنتز خالص و افزایش فعالیت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز و کربنیک آنیدراز نیز ارتباط دارد (El-Tayeb, 2005). در پژوهش حاضر نیز به‌نظر می‌رسد با تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر افزایش فعالیت سیستم فتوسنتزی و افزایش میزان کلروفیل، سبب بهبود غذاسازی و درنتیجه افزایش کلی رشد سیستم ریشه‌ای و اندام هوایی در گیاه لیزیانتوس شده است که با نتایج تحقیق قنبری و همکاران (۱۴۰۰) مبنی بر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]

تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر محتوای کلروفیل کل برگ گیاه گوجه‌فرنگی مطابقت دارد. در این پژوهش اسید سالیسیلیک باعث افزایش شاخص‌های رشد و نموی گیاه لیزیانتوس شده که می‌تواند به عواملی مانند افزایش میزان تقسیم در مناطق مریستمی و رشد سلولی مرتبط باشد که موجب افزایش رشد کلی گیاه می‌گردد. از دلایل دیگر بهبود رشد تحت تأثیر اسید سالیسیلیک می‌توان به تأثیر اسید سالیسیلیک بر سایر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اکسین و سایتوکینین اشاره کرد (Sakhabutdinova *et al.*, 2003).

اسید هیومیک مورد استفاده در این پژوهش نیز توانسته است بر شاخص‌های رشدی به‌خصوص رشدونمو ریشه مؤثر واقع شود. نتایج پژوهش فوق با نتایج Veronica و همکاران (۲۰۱۰) روی خیار همخوانی دارد. ممکن است اثر تسریع‌کنندگی مواد هیومیکی بر رشد ساقه در درجه اول به خاطر تأثیر روی فعالیت H^+-ATPase ریشه و توزیع نیترات جذب‌شده توسط ریشه در ساقه بوده که به نوبه خود منجر به تغییرات در توزیع مشخص سایتوکنین‌ها، پلی‌آمین‌ها و اسید آبسیزیک می‌شود، بنابراین بر رشد ساقه تأثیر می‌گذارد (Rubio *et al.*, 2009). مواد هیومیکی با مکانیسم‌های دیگری نیز منجر به افزایش رشد طولی می‌شوند که به ترکیبات شبه جیبرلینی آن ارتباط دارد (Nardi *et al.*, 2002). محققان دریافتند که سطوح مختلف اسید هیومیک باعث افزایش ارتفاع بوته و میزان جذب ازت در گیاه گندم می‌شود (Tahir *et al.*, 2011). همچنین پژوهش‌های متعدد اخیر نشان داده که اسید هیومیک می‌تواند به‌عنوان یک هورمون تنظیم‌کننده رشد عمل کرده و از این طریق سبب افزایش اکسین، سایتوکنین و جیبرلین می‌گردد که با افزایش این هورمون‌ها طول ساقه نیز افزایش یافته و رشد گیاه بهبود می‌یابد (Muscolo *et al.*, 2013). همچنین گزارش شده که استفاده از اسید هیومیک با دوز متعادل موجب بهبود فاکتورهای رشدی و زایشی نظیر وزن تر و خشک گل آذین و ریشه و نیز افزایش حجم ریشه می‌شود (میرزایی اسگندیان و همکاران، ۱۳۹۹).

دود حاصل از گیاه به‌عنوان یک عامل برآورده‌کننده قوی در جوانه‌زنی بذر و رشد اندام در گیاهان مختلف اثبات شده است. کاربرد کاریکین به‌خصوص با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر در این تحقیق نیز، تأثیر مثبتی بر شاخص‌های رشدی ریشه و اندام هوایی گیاه لیزیانتوس داشته که کاربرد آن با اسید سالیسیلیک منجر به هم‌افزایی اثرات آن شده و بهبود رشد را در پی داشته است. در همین رابطه گزارش شده که کاربرد کاریکین به‌صورت برگی و محلول‌دهی پای بوته در گیاه گوجه‌فرنگی و بامیه موجب افزایش رشد طولی ساقه و ریشه و افزایش تعداد برگ و سطح برگ می‌شود (Kulkarni *et al.*, 2007). نتایج پژوهش حاضر با گزارشی مبنی بر تأثیر عصاره آب اشباع از دود در تسریع گسترش ریشه ماش نیز همخوانی دارد (Taylor and Van Staden, 1996). در طی پژوهشی، محققین تأثیر دود بر رشد رویشی گیاه سویا را به سنتز و تخریب پروتئین‌های مختلف مربوط می‌دانند. بر این اساس گزارش شده که آنزیم‌های دخیل در سنتز اسیدهای آمینه نظیر آسپاراژین سنتاز، آرژیناز، آرژینوسوسانات سنتاز، سرین کربوکسی پپتیداز و گلوتامین سنتتاز تغییرات زیادی نشان داده‌اند و آنالیز این اسیدهای آمینه نشان داد که تیروزین، اورنیتین و سرین در سویای تیمارشده با محلول‌های دود به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. علاوه‌براین، متابولیت‌های مختلف مانند اوره، گاما آمینوبوتریک اسید (GABA) و اسید سوکسینیک نیز افزایش یافت که درنهایت موجب فعال‌شدن متابولیسم آرژنین با تیمار کاریکین می‌شود. آرژنین دارای بالاترین نسبت نیتروژن به کربن است و به‌عنوان یک متابولیت اساسی برای بسیاری از فرایندهای سلولی و رشد در نظر گرفته می‌شود. آرژنین علاوه بر دارابودن عملکردی به‌عنوان اسیدآمینه برای سنتز پروتئین، پیش‌ماده تولید پلی‌آمین‌ها و نیتریک اکسید نیز است. نیتریک اکسید نه‌تنها به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد در القای جوانه‌زنی، گسترش برگ، رشد ریشه و بلوغ میوه نقش دارد، بلکه یک تعدیل‌کننده مقاومت در برابر بیماری است که بیان چندین ژن دفاعی را فعال می‌کند (Zhong *et al.*, 2020). با توجه به مطالب ذکرشده، به‌نظر می‌رسد، کاریکین با تأثیر بر متابولیسم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]

آرژینین و افزایش نسبت نیتروژن بر تقسیم سلولی و نیز افزایش طول سلول نقش دارد و از این طریق موجب بهبود رشد ریشه و اندام هوایی در گیاه لیزیانتوس شده است که گزارش Kulkarni و همکاران (۲۰۰۷) نیز تأییدکننده این مطلب است.

در این پژوهش، وزن تر و خشک ریشه تحت تأثیر اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و وزن تر و خشک اندام هوایی تحت تأثیر اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و کاریکین ۲ میلی‌گرم بر لیتر افزایش معنی‌داری نشان دادند. مکانیسمی که اسید سالیسیلیک، رشد ریشه و بخش‌های هوایی را در برخی از گیاهان افزایش می‌دهد، به‌خوبی شناخته نشده است اما احتمال داده می‌شود که اسید سالیسیلیک طویل‌شدن و تقسیم سلولی را به کمک اکسین تنظیم می‌کند. همچنین اسید سالیسیلک در بیوسنتز پروتئین‌های خاص به نام پروتئین کیناز نقش دارد که این پروتئین‌ها نیز نقش مهمی در تنظیم تقسیم، تمایز و ریخت‌زایی سلول ایفاء می‌کنند (Zhang and Klessing, 1997). البته افزایش مشاهده شده در وزن خشک ساقه، ریشه و زیست‌توده را می‌توان به بهبود فتوسنتز در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک نیز نسبت داد. این ماده از طریق افزایش کلروفیل و فعالیت آنزیم روبیسکو میزان فتوسنتز کل را افزایش می‌دهد (Singh and Usha, 2003).

نتایج این پژوهش با نتایج Delfine و همکاران (۲۰۰۵) که بیان نمودند کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش وزن خشک در گیاه می‌شود، همخوانی دارد. همچنین اثر اسید هیومیک در رشد ریشه‌ها بیشتر از اندام‌های هوایی است. این تأثیر در وزن تر ریشه مشهودتر از وزن خشک است (Khaleda *et al.*, 2017). این اثر اسید هیومیک در افزایش رشد ریشه به غیر از اثر شبه هورمونی، می‌تواند به‌دلیل افزایش جذب مواد غذایی به‌ویژه فسفر در ریشه باشد. به‌طورکلی، می‌توان گفت رشد ریشه با افزایش غلظت اسید هیومیک افزایش معنی‌داری می‌یابد که این تأثیر در کاربرد به‌صورت خاکی بیشتر از محلول‌پاشی است.

گزارش شده تیمار آب دود به‌طور قابل توجهی بر متابولیسم گالاکتوز، گلیکولیز/گلوکونئوژنز، متابولیسم نشاسته/ ساکارز و بیوسنتز اسیدهای آمینه زنجیره‌ای تأثیر می‌گذارد. همچنین متابولیسم پیروات، متابولیسم گلیوکسیلات/ دی کربوکسیلات، متابولیسم گلیسرولیپید و چرخه TCA ممکن است به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر آب دود قرار گیرند که به این ترتیب تولید کربوهیدرات‌ها و درنتیجه انرژی در ریشه افزایش یافته و به این ترتیب موجب افزایش وزن تر و خشک ریشه و نیز اندام هوایی می‌گردد. همچنین گزارش شده سطح گلوکز و فروکتوز در پاسخ به تیمار آب دود روند افزایشی را نشان می‌دهد، درحالی‌که میزان ساکارز روند صعودی نسبی را نشان می‌دهد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تبدیل ساکارز به هگزوز ممکن است توسط دود در اوایل دوره رشد ریشه افزایش یابد و به این ترتیب با ذخیره کربوهیدرات‌ها، رشد ریشه و اندام هوایی را افزایش داده و به این ترتیب وزن تر و خشک نیز افزایش پیدا می‌کند (Catav *et al.*, 2018).

در این تحقیق، کاربرد کاریکین ۲ میلی‌گرم بر لیتر به‌همراه اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش معنی‌دار سطح برگ در گل لیزیانتوس شد. اسید هیومیک نیز تأثیر بسزایی بر افزایش سطح برگ این گیاه داشت اما در مقایسه با ترکیب کاریکین و اسید سالیسیلیک این تأثیر کمتر بود. به‌نظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و درنتیجه بهبود فتوسنتز باعث افزایش سطح برگ می‌شود (مردانی و همکاران، ۱۳۹۰). از جمله موارد بسیار مهم در ارتباط با اسید سالیسیلیک نقش این ماده در افزایش فعالیت فتوسنتزی و افزایش مواد معدنی در گیاهان است (بیات و همکاران، ۱۳۹۱). این فرآیندها با تحت تأثیر قراردادن تقسیم و رشد سلول‌های گیاهی، بهبود ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه را به‌دنبال خواهند داشت که منجر به افزایش اندام‌های رویشی نظیر تعداد برگ و سطح برگ می‌گردد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۰).

در پژوهش حاضر، تنها کاربرد کاریکین موجب تغییر در تعداد روز تا برداشت گل شده که این تأثیر منفی نیز بوده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]

است. بر این اساس گزارش شده که کاربرد کاریکین با تأثیر بر تولید کربوهیدرات‌ها موجب افزایش ذخیره کربوهیدراتی گیاه شده و از این طریق موجب زودرسی گیاه می‌گردد (Catav *et al.*, 2018). تیمار کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر به‌همراه اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در این تحقیق بیشترین تعداد کپسول بذری را در پی داشت. گزارش شده که اسید سالیسیلیک با افزایش تقسیم سلولی و بهبود تمایز آنها موجب افزایش تعداد بذر و کپسول بذری در گیاه خرفه می‌گردد (صارم و همکاران، ۱۳۹۶).

کاربرد کاریکین ۱ میلی‌گرم بر لیتر و اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش محتوای کلروفیل کل و میزان فلاونوئیدها می‌شود. علت اصلی افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه عدسک آبی، تحریک سنتز کلروفیل توسط اسید سالیسیلیک گزارش شده است. در پژوهش دیگری Sabzi و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشترین مقدار شاخص کلروفیل برگ را در پی داشته است. یکی از دلایل اثر تیمار اسید سالیسیلیک، احتمالاً مربوط به فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است که تحت تأثیر اسید سالیسیلیک فعال شده‌اند. به‌نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک سنتز این آنزیم‌ها را تحریک کرده و این آنزیم‌ها از تخریب و یا تجزیه رنگیزه‌های فتوسنتزی جلوگیری کرده‌اند. اعلایی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کرد که غلظت کلروفیل برگ‌ها در گیاهانی که با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک محلول‌پاشی شده بودند بیشتر از تیمار شاهد بود. گزارش شده که اسید سالیسیلیک ویژگی‌هایی مانند وزن خشک ساقه، کلروفیل، کاروتنوئید و فلاونوئیدها را در گل اطلسی (Bayat *et al.*, 2012) و همیشه‌بهار (قاسمی جوبشهر و خرمی‌وفا، ۱۳۹۱) بهبود می‌بخشد. گزارش شده که کاربرد آب دود سبب افزایش محتوای کلروفیل a، b و کل در گیاه موز (Aremu *et al.*, 2012) و گندم (Iqbal *et al.*, 2018) شده و از این طریق سبب افزایش رشد و سبزی گیاه می‌گردد که با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد.

افزایش میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نشان‌دهنده فعالیت این آنزیم‌ها است. بسته به غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و نحوه استفاده آن و نوع گیاه مورد استفاده و مرحله رشدی گیاه، عکس‌العمل‌های متفاوتی مشاهده می‌شود. برخی گزارشات حاکی از آن هستند که اسید سالیسیلیک باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز شده و درنتیجه موجب افزایش میزان H_2O_2 در بافت‌های گیاهی شده که H_2O_2 به‌عنوان یک پیغام‌رسان ثانویه عمل کرده و موجب فعال‌شدن سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه و پاسخ‌های دفاعی گیاه می‌گردد (Shi *et al.*, 2006). همچنین، اسیدهیومیک می‌تواند سبب تحریک القای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گردد و مقدار رادیکال‌های فعال اکسیژن را در سلول‌های گیاهی کاهش دهد (El-Beltagi *et al.*, 2020).

نتیجه‌گیری

کاربرد اسیدسالیسیلیک با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین اثر را بر صفات رویشی و زایشی و بیوشیمیایی مورد ارزیابی داشت، با این حال در برخی صفات نظیر وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ کلروفیل a و کلروفیل کل، غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مؤثرتر واقع شد. کاربرد اسید هیومیک نیز با افزایش گسترش ریشه، موجب افزایش وزن تر و خشک برگ و ریشه شد. سومین تیماری که مورد بررسی قرار گرفته و با وجود کارایی جدید، در این پژوهش به‌خوبی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک را افزایش داده، تیمار کاریکین بوده که با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر بهترین پاسخ را داده و در ترکیب با اسید هیومیک و به‌خصوص اسید سالیسیلیک با اثر هم‌افزایی سبب بهبود شاخص‌هایی نظیر تعداد ریشه، تعداد برگ و ساقه گل‌دهنده و نیز آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز گردید. در مجموع، کاربرد توأم اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌همراه اسید هیومیک ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌صورت محلول‌پاشی و کاربرد کاریکین یک میلی‌گرم بر لیتر به‌صورت محلول‌دهی پای بوته جهت بهبود شاخص‌های رشدونمو و بهبود کیفیت گل‌های لیزیانتوس توصیه می‌گردد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]

منابع

اعلایی، م.، بابالار، م.، نادری، ر. و کافی، م. (۱۳۹۰) بررسی اثر اسید سالیسیلیک در مرحله داشت و پس از برداشت بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و عمر پس از برداشت رز رقم Black magic. رساله دکتری. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

امیری، م.، عرب، م.، آزادگان، ب. و مطلبی، ا. (۱۳۹۲) بررسی اثر اسید هیومیک بر اجزا عملکرد و دوام عمر گل شاخه بریدنی ژربرا. فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱: ۴۲.

بیات، ح.، نعمتی، ح.، تهرانی‌فر، ع.، وحدتی، ن. و سلاح ورزی، ی. (۱۳۹۱) تأثیر سالیسیلیک اسید بر رشد و ویژگی‌های زینتی اطلسی ایرانی (*Petunia hybrida*) تحت شرایط تنش شوری. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱۱: ۴۳-۵۰.

چمنی، ا.، بنیادی، م. و قنبری، ع. (۱۳۹۴) تأثیر اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر شاخص‌های رویشی گیاه زینتی دارویی پروانش (*Catharanthus roseus* L.). نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۹: ۶۳۱-۶۴۱.

حسین‌زاده، ح. و امامیان، ا. (۱۳۹۴) بررسی اثرات آتش‌سوزی و زغال ناشی از آن، دود حاصل از آتش و کاریکین موجود در دود در شکستن خواب بذر گیاهان. چهارمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران. مؤسسه آموزش عالی مهر اروند-گروه ترویجی دوستداران محیط‌زیست.

شاهسون مارکده، م. و چمنی، ا. (۱۳۹۳) تأثیر غلظت و زمان‌های مختلف کاربرد اسید هیومیک بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل بریده شب‌بو"رقم 'Hanza'. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱۹: ۱۵۷-۱۷۰.

صارم، ز.، مرادی، پ. و عمویی، ع. م. (۱۳۹۶) اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سولفات منگنز بر صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی خرفه (*Portulaca oleraca* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳۳: ۴۱۰-۴۰۰.

طالبی، پ.، جبارزاده، ز. و صدقیانی میرحسین، ر. (۱۳۹۵) تأثیر نحوه کاربرد و غلظت‌های مختلف هیومیک اسید بر عملکرد و میزان جذب عناصر معدنی گل رز مینیاتور رقم هفت رنگ. مجله به‌زراعی کشاورزی ۱۸: ۸۰۴-۷۸۹.

عبدالهی، م.، موسوی، س.، و مهرشاد، ب. (۱۳۹۲) اثر عصاره آبی دود گیاهی بر روی جوانه‌زنی، صفات رشد فیزیولوژیکی و عملکرد پیاز (*Allium cepa* L.) در شرایط گلخانه‌ای (گزارش کوتاه علمی). پژوهش‌های تولید گیاهی (علوم کشاورزی و منابع طبیعی). ۲۰: ۲۰۱-۱۹۳.

قاسمی جوبشهر، ا. و خرمی‌وفا، م. (۱۳۹۱) اثر پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های جوانه‌زنی همیشه‌بهار (*Callendulla officinalis*) در شرایط تنش شوری. فناوری تولیدات گیاهی ۱۲: ۵۷-۷۰.

قاسمی قهساره، م. و کافی، م. (۱۳۹۱) گلکاری عمومی. انتشارات مؤلف.

قنبری، ف.، صیدی، م.، اکبری، س. و گراوند، س. (۱۴۰۰) اثر اسید سالیسیلیک و کائولین بر رشد، عملکرد و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی گوجه‌فرنگی تحت دورهای مختلف آبیاری. نشریه فرایند و کارکرد گیاهی ۱۰: ۲۳۴-۲۱۹.

مرادی، ص.، عرب، م. و روزبان، م. (۱۳۹۰) تأثیر پلی‌آمین‌ها در افزایش عمر گلجایی و کیفیت گل‌های شاخه بریدنی میخک. پایانامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. مجتمع آموزشی ابوریحان.

مردانی، ح.، بیات، ح. و عزیزی، م. (۱۳۹۰) تأثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دانهال‌های خیار (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) تحت شرایط تنش خشکی. نشریه علوم باغبانی ۲۵: ۳۲۶-۳۲۰.

مهرشاد، ب.، حیدری، غ. ر.، سهرابی، ی.، عبدالهی، م. ر. و موسوی، س. س. (۱۳۸۹) اثر دود بر برخی از شاخص‌های رشدی گیاه توت روباهی (*Sanguisorba minor* L.). نشریه فناوری تولیدات گیاهی ۱۰: ۴۰-۳۱.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]

میرزایی، ن.، جبارزاده، ز. و رسولی صدقیانی، م. ح. (۱۳۹۹) تأثیر کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی در گل ژربرا (*Gerbera jamesonii*) رقم "دانی". نشریه فرایند و کارکرد گیاهی ۹: ۷۶-۶۱.

Abedini, T., Moradi, P. and Hani, A. (2015) Effect of organic fertilizer and foliar application of humic acid on some quantitative and qualitative yield of pot marigold. Journal of Novel Applied Sciences 10: 1100-1103.

Aremu, A. O., Bairu, M. W., Finnie, J. F. and Van Staden, J. (2012) Stimulatory role of smoke–water and karrikinolide on the photosynthetic pigment and phenolic contents of micropropagated 'Williams' bananas. Plant Growth Regulation 67: 271-279.

Arnon, D. T. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol oxidas in beta vulgaris. Plant Physiology 24: 1-15.

Bayat, H., Alirezaie, M. and Neamati, H. (2012) Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 8: 258-267.

Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.

Catav, S. S., Elgin, E. S., Dag, C., Stark, J. L. and Kucukakyuz, K. (2018) NMR-based metabolomics reveals that plant-derived smoke stimulates root growth via affecting carbohydrate and energy metabolism in maize. Metabolomics 14: 1-11.

Celickel, F. G. and Reid, M. S. (2002) Postharvest handling of stock (*Matthiola incana*). Journal of Horticultural Science 37: 144-147.

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. and Chern, J. C. (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis 10.

Clapp, C. E., Hayes, M. H. B. and Swift, R. S. (1993) Isolation, fractionation, functionalities, and concepts of structure of soil organic macromolecules. In: Organic Substances in Soil and Water (eds. Beck, A. J., Jones, K. C., Hayes, M. B. H. and Mingelgrin, U.) Royal Society of Chemistry, Cambridge.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. (2005) Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development 25: 183-191.

Dole, S. E. and Wilkins, H. F. (2004) Floriculture Principles and Species. Published by Pearson Education. 2nd Ed.

El-Beltagi, H. S., Dhawi, F. and El-Ansary, A. E. (2020) Chemical compositions and biological activities of the essential oils from gamma irradiated celery (*Apium graveolens* L.) seeds. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 48: 2114-2133.

El-Tayeb, M. A. (2005) Response of barley grains to the interactive e. ect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation 45: 215-224.

Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E. G. and Cicek, N. (2007) Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. Journal of Plant Physiology 164: 728-736.

He, P., Shan, L., Lin, N. C., Martin, G. B., Kemmerling, B., Nurenberg, T. and Sheen, J. (2006) Specific bacterial supperessors of MAMP signaling upstream of MAPKKK in Arabidopsis innate immunity. Cell 125: 563-575.

Iqbal, M., Asif, S., Ilyas, N., Raja, N. I., Hussain, M., Ejaz, M. and Saira, H. (2018) Smoke produced from plants waste material elicits growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) by improving morphological, physiological and biochemical activity. Biotechnology Reports 17: 35-44.

Khaleda, L., Kim, M. G., Jeon, J. R., Cha, J. Y. and Kim, W. Y. (2017) Foliar application of humic acid or a mixture of catechol and vanillic acid enhanced growth and productivity of alfalfa. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science 37: 248-253.

Kulkarni, M. G., Ascough, G. D. and Van Staden, J. (2007) Effects of foliar applications of smoke-water and a smoke-isolated butenolide on seedling growth of okra and tomato. HortScience 42: 179-182.

Morffy, N., Faure, L. and Nelson, D. C. (2016) Smoke and hormone mirrors: Action and evolution of karrikin and strigolactone signaling trends in genetics. 32: 176-188.

Muscolo, A., Sidari, M. and Nardi, S. (2013) Humic substance: Relationship between structure and activity. Deeper information suggests univocal findings. Journal of Geochemical Exploration 129: 57-63.

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. (2002) Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.

Pacheco, A. C., Da Silva Carolina, C. Da Silva Fermino, E. S. and Aleman, C. (2013) Salicylic acid-induced changes to growth, flowering and flavonoids production in marigold plants. Journal of Medicinal Plant Research 7: 3158-3163.

Rubio, V., Bustos, R., Irigoyen, M. L., Cardona-Lopez, X., Rojas-Triana, M. and Paz-Ares, J. (2009) Plant hormones and nutrient signaling. Plant Molecular Biology 69: 361-373.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]

Sabzi, A., Hadavi, E. and Hekmati, J. (2012) Effect of different levels of malic acid and salicylic acid in preservative solution on the quality and vase life of cut rose flowers cultivars (Utopia). International Journal of Agri Science 2: 403-407.

Sakhabutdinova, A. R., Fatkhutdinova, D. R., Bezrukova, M. V. and Shakirova, F. M. (2003) Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology 21: 314-319.

Saunders, J. A. and Mc Clure, J. W. (1974) The suitability of a quantitative spectrophotometric assay for phenylalanine ammonia-lyase activity in barley, buckwheat, and pea seedlings. Plant Physiology 54: 412-413.

Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q. and Qian, Q. (2006) Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. Plant Growth Regulation 48: 127-135.

Singh, B. and Usha, K. (2003) Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation 39: 137-141.

Supapvanich, S. and Promyou, S. (2013) Efficiency of salicylic Acid Application on Postharvest Perishable Crops. Springer Netherlands 339-355.

Tahir, M. M., Khurshid, M., Khan, M. Z., Abbasi, M. K. and Kazmi, M. H. (2011) Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. Pedosphere 21: 124-131.

Taylor, J. L. S. and Van Staden, J. (1996) Root initiation in *Vigna radiata* (L.) Wilczek hypocotyl cuttings is stimulated by smoke-derived extracts. Plant Growth Regulation 18: 165-168.

Veronica, M., Bacaicoa, E., Angel, M. Z., Elena, A., Maria, G., Marta, F. and Jose, M. G. M. (2010) Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the rootto-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. Journal of Plant Physiology 167: 633-642.

Wagner, G. J. (1979) Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. Plant Physiology 64: 88-93.

Zhang, S. and Klessig, D. F. (1997) Salicylic acid activates a 48-kD MAP kinase in tobacco. The Plant Cell 9: 809-824.

Zhong, Z., Kobayashi, T., Zhu, W., Imai, H., Zhao, R., Ohno, T., ... and Komatsu, S. (2020) Plant-derived smoke enhances plant growth through ornithine-synthesis pathway and ubiquitin-proteasome pathway in soybean. Journal of Proteomics 221: 103781.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]

Improvement of some morphological, biochemical and phenyl alanine ammonia lyase activity under effect of Karrikin, salicylic acid and humic acid in Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* cv."Mariachi")

Azin Haratian[1], Forogh mortazaeinezhad*[2], Sepideh Kalateh Jari [1], Foad Fatehi [3]

[1] Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Horticulture Department, Isfahan (khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
[3] Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
(Received: 15/01/2022, Accepted: 07/06/2022)

Abstract

In recent years, in the world and in Iran as well, attention to Lisianthus flowers has been such that its production has increased significantly. With the increase in the production of Lisianthus cut flowers, attention to nutrition and application of treatments to improve the growth and storability of this flower is felt more than ever. For this purpose, the effect of karrikin, salicylic acid and humic acid on the morphological and biochemical characteristics of Lisianthus was investigated in a factorial experiment in a completely randomized design with three replications. The studied treatments included application of karrikin (0, 1 and 2 $mg.l^{-1}$) as irrigation, salicylic acid (0, 100 and 200 $mg.l^{-1}$) and humic acid (0, 50 and 100 $mg.l^{-1}$) as foliar application. The results showed that the application of salicylic acid 100 $mg.l^{-1}$ had the greatest effect on morphological and biochemical parameters, meanwhile, in some traits such as shoot dry weight and leaf area, a concentration of 200 $mg.l^{-1}$ was more effective. Also, the use of humic acid increased the leaves and roots fresh and dry weight by increasing root expansion. karrikin treatment 1 $mg.l^{-1}$ increased the number of leaves, stem length and diameter and number of flowering stems, fresh and dry weight of roots, number of seed capsules and number of buds per branch. karrikin in combination with humic acid and especially salicylic acid with synergistic effect improved some parameters such as number of roots and leaves and flowering stems and the activity of phenylalanine ammonialyase (PAL). Concomitant use of salicylic acid 100 $mg.l^{-1}$ with humic acid 50 $mg.l^{-1}$ as foliar application and application of Karrikin 1 $mg.l^{-1}$ as a plant solution is recommended to improve growth parameters and the quality of lisianthus flowers.

Keywords: Antioxidant enzyme, Smoke water, Biochemical index, Cut flowers, Wet and dry weight

Corresponding author, Email: mortazaeinezhad@khuisf.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.17.4]