دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره دوازدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۱

اثر کاربرد همزمان اسید سالیسیلیک و تیامین بر ویژگی‌های مرفوفیزیولوژیک و کیفی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) رقم گلکسی

سید مجید جزایری[۱]، حسینعلی اسدی قارنه[۲]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)
۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)
مسئول مکاتبات: پست الکترونیک: h.asadi@khuisf.ac.ir

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی اثر همزمان محلول‌پاشی هورمون اسید سالیسیلیک و ویتامین B_1 (تیامین) بر عملکرد کمی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی و کیفی گوجه‌فرنگی رقم گلکسی انجام شد. آزمایش در قالب فاکتوریل و به صورت طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در گلخانه اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده شامل چهار غلظت اسید سالیسیلیک (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و چهار غلظت تیامین (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. صفات اندازه‌گیری‌شده شامل خصوصیات مورفولوژیک مانند عملکرد، وزن تر و خشک میوه، قطر میوه، تعداد خوشه در بوته، تعداد میوه در بوته، تعداد گل در خوشه و صفات فیزیولوژیک از قبیل لیکوپن، اسیدیته کل، ویتامین ث، ترکیبات فنولیک، اسیدیته و محتوای نسبی آب برگ بود. کاربرد اسید سالیسیلیک باعث تغییرات معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد در همه صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک بجز صفات تعداد گل در خوشه، محتوای نسبی آب برگ و اسیدیته شد. پاشش اسید سالیسیلیک باعث افزایش مقدار صفات عملکرد، تعداد میوه در بوته، تعداد خوشه در بوته نسبت به گیاهان شاهد (بدون اعمال اسید سالیسیلیک) گردید. پاشش تیامین نیز باعث ایجاد تغیرات معنی‌دار در بین اکثر صفات مورفوفیزیولوژیک و کیفی شد. تیامین هم مانند اسید سالیسیلیک در صفاتی که معنی‌دار شده بود موجب افزایش آن صفت شد، هرچند که این افزایش تحت تأثیر غلظت تنظیم‌کننده هورمونی و زیستی مورد استفاده قرار گرفت. صفات عملکرد (۴۰۸۴ و ۴۲۲۵ کیلوگرم برای کاربرد اسید سالیسیلیک و تیامین)، ویتامین ث (۴۲ و ۵۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برای کاربرد اسید سالیسیلیک و تیامین) و لیکوپن (۲/۳۴ و ۲/۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برای کاربرد اسید سالیسیلیک و تیامین) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و تیامین بیشترین مقدار را دارا بودند. برخی از صفات مانند عملکرد، قطر میوه، وزن تر و خشک، اسیدیته کل، اسید فنولیک و ویتامین ث هم تحت تأثیر اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تیامین قرار گرفتند. بنابر یافته‌های این مطالعه، پاشش اسید سالیسیلیک و تیامین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را بر روی صفات مورفولوژی، ویژگی‌های ظاهری میوه و صفات فیزیولوژیک کیفی در گوجه‌فرنگی رقم گلکسی تحت شرایط کشت گلخانه‌ای داشت.

واژه‌های کلیدی: تغذیه، فیتوهورمون، محلول‌پاشی، گوجه‌فرنگی

مقدمه

در سال‌های اخیر به دلیل محدودتر شدن تدریجی منابع طبیعی درنتیجه گسترش شهرها و محدودیت در فضاهای تولید همراه با چالش‌های در منابع مانند آب، استفاده از گلخانه‌ها در سطح وسیعی برای پرورش و تولید محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گرفته‌اند (۱). کشت‌های گلخانه‌ای محصولات مهم و اقتصادی مانند گوجه‌فرنگی یکی از راه‌کارهای است که منجر به افزایش عملکرد نسبت به کشت مزرعه‌ای شده‌اند. به دلیل فضای کم کشت در گلخانه‌ها، استفاده از مواد هورمونی و ویتامین‌ها در اکثر مناطق دنیا به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد برای رسیدن به حداکثر محصول افزایش یافته است، ولی اطلاعات کمی در رابطه با اثر مواد شبه‌هورمونی و ویتامین‌ها بر روی مقدار عملکرد و صفات کیفی محصولات گلخانه‌ای مهم مانند گوجه‌فرنگی وجود دارد.

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) یکی از مهم‌ترین سبزی‌های متعلق به خانوادهی بادمجانیان می‌باشد. گوجه فرنگی گیاهی علفی است که سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، لیکوپن، پلی‌فنول‌ها، بتاکاروتن، ویتامین ث و مشتقات هیدروکسی اسید سینامیک است (۱۴). این گیاه بومی آمریکای جنوبی و مرکزی است که که به سایر نقاط جهان منتقل شده است (۵). انواع مختلف این گیاه امروزه در سراسر جهان پرورش داده می‌شود. از مهم‌ترین ارقام گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای مورد کشت می‌توان به رقم گلکسی اشاره نمود که دارای مقاومت خوبی به انواع بیماری‌ها بوده و عملکرد قابل قبولی تولید می‌کند.

تغذیه گیاهی نشان‌دهنده یک سیستم پیچیده است که نیاز گیاه را با در دسترس بودن مواد مغذی مرتبط می‌کند. گزینش راهکار مناسب به‌منظور مدیریت بهتر تغذیه گیاه جهت افزایش کمیت و کیفیت محصول اهمیت بسزایی دارد. استفاده از فیتوهورمون‌ها و ویتامین‌ها، نه تنها خطرات زیست‌محیطی مرتبط با مصرف غیراصولی کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهند، بلکه نقش مهمی در جهت دستیابی به امنیت غذایی و اهداف کشاورزی پایدار دارا می‌باشد (۸). تنظیم‌کننده‌های رشد به طور ساده به‌عنوان محصولات غیرکودی که اثرات مفیدی بر رشد گیاه دارند تعریف می‌شوند (۸). تنظیم‌کننده‌های رشد، ترکیبات طبیعی و یا مصنوعی بوده که مشابه با کار هورمون‌ها در میزان سنتز و محل اثر آن‌ها تأثیر می‌گذارند. در طی سال‌های اخیر استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی با توجه به قابلیت آن برای استفاده در کشاورزی و تولید مواد غذایی به‌خوبی شناخته شده و به صورت تجاری در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۱).

برخی از شبه هورمون‌ها نیز وجود دارند که می‌توانند به تنظیم فعالیت‌های رشدی گیاه کمک نمایند. برخی تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسید سالیسیلیک، می‌توانند از طریق افزایش تقسیم سلولی مریستم انتهایی ریشه و تنظیم دیگر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه موجب افزایش عملکرد در برخی از محصولات باغی شوند (۱۶). اسید سالیسیلیک به علت ترکیب فنولی خود، یکی از فاکتورهای مهم رشد در گیاهان می‌باشد. این ماده به‌عنوان یک متابولیت ثانویه در گیاهان تولید می‌شود. این هورمون دارای فرمول شیمیایی $C_6H_4(OH)(COOH)$ بوده و بیشتر در گل‌آذین گیاهان وجود دارد و به‌صورت طبیعی در سلول‌های ریشه گیاهان تولید می‌شود و می‌تواند در رشد و نمو، فتوسنتز، تنفس، جذب و انتقال یون‌ها، تغییر فعالیت برخی آنزیم‌های مهم و ساختار کلروپلاست نقش به‌سزایی داشته باشد (۳۰). کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت پاشش بر روی برگ گیاهان نیز دارای اثرات متفاوتی بر روند رشد گیاهان و درختان از جمله افزایش در مقدار جوانه‌زنی بذر، جوانه‌زدن، گلدهی و تشکیل و رسیدن میوه نشان داده است (۱۶). براساس گزارش‌های موجود کاربرد این هورمون همراه با هورمون‌های دیگر و یا ویتامین‌های گیاهی موجب بهتر شدن کارآیی فتوسنتز و سایر صفات رشدی و یا بهبود اثرات تنش‌های گیاهی خواهد شد (۳). در چندین تحقیق بر روی گیاهان مختلف گزارش شده است که کاربرد غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک ممکن است ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها را بهبود بخشد یا تحمل گیاهان را به تنش‌های مختلف از جمله شوری، خشکی و ... افزایش دهد (۱۵). المرسومی و الهادتی (۲) در مطالعه‌ای گزارش شد که غلظت‌های

زیاد اسید سالیسیلیک به دلیل این‌که تغییرات دائمی در سطح غشاهای سلولی به جا می‌گذارد، منجر به کاهش رشد و کم شدن متابولیسم گیاه گوجه‌فرنگی می‌گردد. تورم گرانای تیلاکوئیدها، افزایش حجم کلروپلاست، بهم ریختگی ساختار استروما و درنتیجه تغییر در ساختمان کلروپلاست و سرانجام کاهش میزان فتوسنتز، به دنبال کاربرد غلظت‌های بالاتر از ۱ میلی‌مولار این ماده در گیاه گوجه‌فرنگی گزارش شده است (۲).

ویتامین‌ها در مقادیر کم برای رشد و نمو عادی بافت‌ها در گیاه ضرورت دارند (۲۴). تیامین (با فرمول شیمیایی $C_{12}H_{17}N_4OS$) یک ترکیب ارگانو-گوگردی است که شامل پیریمیدین و هتروسیکل‌های تیازولیوم است که توسط یک پل متیلن به هم متصل شده‌اند. تیامین یک بخش ضروری برای بیوسنتز کوآنزیم تیامین پیروفسفات است که نقش مهمی در متابولیسم کربوهیدارت، مسیرهای گلیکولیز، مسیر پنتوز فسفات و چرخه تری کربوکسیلیک اسید دارد (۱۱). تیامین در گیاهان در برگ سنتز شده و به ریشه منتقل می‌شود و فرآیند رشد گیاهی را کنترل می‌کند (۱۱). نتایج نشان داده است که کاربرد غلظت‌های زیاد تیامین بر روی دانه‌ها، ریشه‌ها و برگ‌های گیاهان برای ارتقای رشد و بهره‌وری محصول در شرایط تنش نیز مفید است. تیامین در بهبود اثرات منفی تنش‌های محیطی در میکروارگانیسم‌ها و همچنین گیاهان نقش مهمی دارد (۹). در مطالعه‌ای گزارش شد که کاربرد ۱۰۰ میلی‌مولار تیامین در بهبود رشد دو رقم شبدر سفید موثر است که ممکن است که به دلیل افزایش محتویات فنلی و رنگدانه‌های کلروفیل ناشی از کاربرد تیامین باشد (۹).

با توجه به گزارشات موجود در مورد تأثیر مطلوب تنظیم کننده‌های رشد بر روی اکثر گیاهان گلخانه‌ای و عدم وجود اطلاعات کافی در رابطه با بررسی تاثیر همزمان تنظیم کننده‌های رشد اسید سالیسیلیک و تیامین در گیاه گوجه‌فرنگی رقم گلکسی بر روی شاخص‌های مورفولوژی، فیزیولوژی و کیفی تحت شرایط گلخانه‌ای این پژوهش با اهداف ۱) ارزیابی رشد و بررسی ویژگی های کمی گوجه‌فرنگی رقم گلکسی معرفی شده در ایران در غلظت‌های متفاوت محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و تیامین و ۲) بررسی کاربرد همزمان تنظیم‌کننده‌های رشد شامل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و تیامین بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و کیفی گیاه گوجه‌فرنگی، رقم تجاری گلکسی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحت کشت گوجه‌فرنگی و در فاصله زمانی اسفند تا تیرماه ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در شهرستان کاکولک واقع در ۳۰ کیلومتری شهرکرد در استان چهار محال و بختیاری اجرا شد. در این آزمایش به‌منظور بررسی برخی از خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی رقم گلکسی از محلول‌پاشی دو نوع تنظیم‌کننده رشد گیاهی شامل هورمون اسید سالیسیلیک و تیامین استفاده شد. در اسفند ماه، با شروع دوره کاشت گوجه‌فرنگی در گلخانه، کاشت نشاءها صورت گرفت و برداشت محصول تا تیرماه به طول انجامید. نتایج آنالیز خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در این مطالعه

عمق	pH	هدایت الکتریکی	درصد نیتروژن	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام)	پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام)	رس (درصد)	ماسه (درصد)	سیلت (درصد)	بافت
۰-۳۰	۷/۰۴	۱/۵۶	۰/۱۷	۱/۹	۷/۷	۲۹۵	۱۸	۱۶	۶۵	Si-L

نشاءها روی ردیف‌های به عرض ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۴۰ سانتی‌متر بر روی بستر خاکی کشت شدند. تیمارهای آزمایش شامل تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) و دو نوع تنظیم‌کننده رشد گیاهی (هورمون اسید سالیسیلیک و تیامین) بود تیمار اسید سالیسیلیک در چهار غلظت ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و تیمار تیامین در چهار غلظت ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده شد که طی سه مرحله محلول‌پاشی شد. مراحل محلول‌پاشی شامل۲۰، ۳۵ و ۵۰ روز پس از کشت بود. آبیاری در گلخانه مورد آزمایش با سیستم قطره‌ای انجام گرفت. دمای گلخانه در طول آزمایش در روز ۲۵ تا ۳۲ و در شب ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود ۵۰ درصد بود. پس از رسیدن محصول، عملیات برداشت میوه‌ها هر ۶ روز به مدت ۳ ماه انجام شد. معیار برداشت، تکمیل رنگ قرمز میوه بود. در هنگام برداشت، میوه‌های هر بوته به‌طور جداگانه وزن گردید. داده‌های مربوط به تعداد خوشه در بوته، تعداد گل در خوشه، تعداد میوه در بوته، عملکرد کل، میانگین قطر میوه و متوسط وزن میوه تر و خشک در هر نوبت برداشت ثبت شد. برای اندازه‌گیری طول میوه، تعداد ۱۰ میوه بصورت تصادفی انتخاب و فاصله بین دو انتهای میوه (محل اتصال میوه به ساقه تا ته میوه) برحسب میلی‌متر توسط کولیس اندازه‌گیری و سپس میانگین طول میوه تعیین گردید. مقدار عملکرد و میانگین وزن میوه با ترازو (گرم) و قطر میوه با کولیس دیجیتال (میلی‌متر) اندازه‌گیری شد (۴). به‌منظور تعیین وزن خشک، از هر تیمار تعداد پنج میوه بطور تصادفی انتخاب شد و از آن‌ها سه نمونه ۲۰۰ گرمی تهیه شده و درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت با استفاده از ترازوی دیجیتال، وزن خشک آن‌ها توسط ترازو اندازه‌گیری شد. صفات فیزیولوژیک و کیفی هم به قرار زیر اندازه‌گیری شد.

محتوای نسبی آب برگ: با استفاده از قطعاتی از برگ‌های کامل و شاداب چهار هفته پس از اعمال تیمار محلول‌پاشی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری این صفت تعدادی قطعات کوچک از قسمت‌های سالم برگ جدا و با کمک ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) توزین شد. در مرحله‌ی بعد، قطعات به لیوان‌های پلاستیکی حاوی آب مقطر منتقل و به مدت ۴ ساعت در دمای محیط (۲۳ درجه سانتی‌گراد) و در تاریکی قرار داده شدند. پس از خارج کردن قطعات از آب مقطر، جهت حذف رطوبت اضافی، قطعات برگ در بین دو لایه کاغذ صافی قرار گرفتند و سپس وزن آماس آن‌ها اندازه‌گیری شد. بعد از این مرحله، قطعات برگ به مدت ۴۸ ساعت به آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و وزن خشک آن‌ها تعیین و محتوی نسبی آب برگ بر اساس درصد محاسبه شد (۲۵).

تعیین میزان ترکیبات فنولیک: مقدار فنول کل با استفاده از معرف فولین-سیوکالتیو توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Hitachi-u۱۸۰۰) اندازه‌گیری شد. به نیم میلی‌لیتر از عصاره ۲ میلی‌لیتر واکنشگر فولین - سیوکالتیو ۱۰ درصد و پس از ۵ دقیقه، ۲ میلی‌لیتر از محلول ۵ درصد کربنات سدیم به آن اضافه شد. جذب نمونه‌ها پس از ۲ ساعت در طول موج ۷۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفوتومتر در مقابل بلانک قرائت شد و میزان فنول کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم نمونه محاسبه شد (۱۷).

اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون: میزان اسیدیته کل میوه‌ها با استفاده از روش تیتراسیون توسط یک محلول قلیایی با نرمالیته مشخص اندازه‌گیری شد. برای تیتراسیون ابتدا ۵ میلی‌لیتر از آب میوه صاف‌شده را برداشته و به ارلن مایر منتقل و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. محلول فوق هم زده و چند قطره معرف فتالئین به آن اضافه و با سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال تیتر می‌شود. زمان پایان عمل تیتراسیون با ظهور رنگ صورتی و رسیدن pH محلول به ۸/۱ تا ۸/۲ مشخص شد و بر اساس واحد میلی‌گرم بر گرم وزن تر اندازه‌گیری شد (۲۸).

ویتامین ث (آسکوربیک اسید): تعیین مقدار ویتامین ث با روش تیتریمتری با ید، پتاسیم یداید و پتاسیم یدات در حضور معرف نشاسته انجام شد. تیتراسیون با استفاده از محلول تیوسولفات سدیم در محیط اسیدی در حضور معرف نشاسته صورت پذیرفت. نقطه پایان تیتراسیون با بی‌رنگ شدن (از رنگ بنفش پر رنگ اولیه) مشخص گردید. محاسبه میزان ویتامین ث با در دست داشتن مول ید تیتر شده با محلول تیوسولفات سدیم انجام شد و در نهایت میزان ویتامین ث به‌صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر گزارش شد. (۲۷).

میزان لیکوپن: در ابتدا نمونه‌های میوه کاملاً خشک شد و سپس به مقدار ۲ گرم از هر نمونه تهیه و در ظروف شیشه‌ای ریخته شدند. عمل استخراج لیکوپن توسط حلال‌های هگزان-استون-اتانول با نسبت ۱:۱:۲ و به نسبت ۱۰:۱ به ماده اولیه و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۶ ساعت انجام شد. به منظور جلوگیری از اکسیداسیون لیکوپن در طی مرحله استخراج، از ۵ درصد وزنی/وزنی BHT استفاده شد. بعد از گذشت ۱۶ ساعت، نمونه‌ها توسط کاغذ صافی وات من شماره ۴ که توسط اتانول اشباع شده بودند، صاف شدند. سپس به مقدار ۲۰ درصد حجم حلال مورد استفاده، آب مقطر به دیونیزه اضافه شد و نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه به حال خود باقی ماندند تا به دو فاز آلی و آبی تقسیم شوند. فاز بالایی فاز غیر قطبی و حاوی لیکوپن و فاز پایینی فاز آبی می‌باشد که دور ریخته شده و فاز بالایی جهت استحصال لیکوپن جداسازی شد (۲۳).

کل مواد جامد محلول: برای اندازه‌گیری محتوای مواد جامد محلول میوه یک قطره از آب میوه‌های هر تکرار (از هر سه بوته) را روی منشور رفروکتومتر دستی مدل ATC-1E ریخته و عدد آن قرائت شد و میزان آن برای هر تکرار معدل‌گیری شد و نتایج به‌دست آمده بر اساس درصد بیان گردید.

اسیدیته (pH): برای اندازه‌گیری pH از نمونه‌های میوه، آب گرفته شد و سپس با استفاده از pH متر مقدار اسیدیته آب میوه اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از روش کولوموگروف - اسمیرنوف (Kolmogorov Smirnov) SS انجام شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک

تعداد گل در خوشه و تعداد خوشه در بوته

نتایج تجزیه واریانس صفات تعداد خوشه در بوته و تعداد گل در خوشه برای تیمار اسید سالیسیلیک و تیامین بر روی رقم گلکسی گوجه‌فرنگی در جدول ۲ نشان داده شده است. طبق نتایج جدول ۲ اثر تیامین بر صفات تعداد خوشه در بوته و تعداد گل در خوشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر اسید سالیسیلیک برای صفت تعداد خوشه در بوته هم در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر اسید سالیسیلیک برای صفت تعداد گل در خوشه معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین در جدول ۳ نشان داد که کاربرد غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین و اسید سالیسیلیک توانستند بیشترین تعداد خوشه در بوته را

در رقم گلکسی ایجاد کنند و کاربرد غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و تیامین اثر معنی‌دار بر این صفت نسبت به شاهد (پاشش آب مقطر بر روی برگ) ایجاد کند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک میوه و عملکرد برای تیمار اسید سالیسیلیک و تیامین بر روی گوجه‌فرنگی رقم گلکسی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد خوشه در بوته	تعداد گل در خوشه	تعداد میوه در بوته	قطر میوه	وزن تر میوه	وزن خشک میوه	عملکرد
تکرار	۲	۰/۲۵^{ns}	۱/۷۵*	۷^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۲۲۱۷۴^{ns}
اسید سالیسیلیک	۳	۶/۹۴**	۰/۵۲^{ns}	۸۶۲**	۶۲/۸۰**	۸۸۰**	۱/۴۹**	۴۰۴۶۴۱۲**
تیامین	۳	۹/۲۷**	۲/۲۵**	۹۸۹**	۸۳/۵۸**	۱۰۱۴**	۳/۵۳**	۵۸۳۴۴۸۸**
اسید سالیسیلیک × تیامین	۹	۰/۹۶^{ns}	۰/۴۰^{ns}	۹۴^{ns}	۳۵/۷۸**	۲۸۳**	۱/۳۹**	۲۸۸۹۴۸**
خطا	۳۰	۰/۹۳	۰/۳۹	۷۰	۲/۳۲	۱۶	۰/۰۵	۶۸۲۳۰
ضریب تغییرات (CV)		۱۴/۹۰	۹/۴۷	۲۰/۸۶	۲/۳۷	۵/۰۸	۴/۵۹	۸/۰۹

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

تعداد میوه در بوته

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) نشان دهنده اختلاف معنی‌دار آماری ($p > 0.01$) بین غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و چهار غلظت تیامین برای صفت تعداد میوه در بوته در این رقم گوجه‌فرنگی است به طوری‌که کاربرد غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین و اسید سالیسیلیک توانستند بیشترین تعداد میوه در بوته را در رقم گلکسی ایجاد کنند و کاربرد غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و تیامین نتوانست تغییر معنادار آماری در این صفت نسبت به شاهد (پاشش آب مقطر بر روی برگ) ایجاد کند (جدول ۳). این نتایج نشان می‌دهد که کاربرد غلظت‌های بیشتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به صورت محلول‌پاشی بر روی برگ‌های گوجه‌فرنگی با تیمار اسید سالیسیلیک و تیمار تیامین می‌تواند تاثیرات افزایشی (۳۲ درصد نسبت به شاهد) بر روی صفت تعداد میوه در بوته در این رقم تجاری گوجه‌فرنگی داشته باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (SA) و تیامین (Th) بر روی گوجه‌فرنگی رقم گلکسی برای صفات مورفولوژیک

تیمار	تعداد خوشه در بوته	تعداد گل در خوشه	تعداد میوه در بوته	قطر میوه (میلی‌متر)	وزن تر میوه (گرم)	وزن خشک میوه (گرم)	عملکرد (کیلوگرم)
SA۵۰	۵/۹۱^{b}	-	۳۵^{b}	۶۴^{b}	۷۷^{b}	۴/۸۴^{b}	۲۹۲۷^{bc}
SA۱۰۰	۶/۹۳^{a}	-	۴۶^{a}	۶۶^{a}	۹۲^{a}	۵/۴۲^{a}	۴۰۸۴^{a}
SA۱۵۰	۷/۴۱^{a}	-	۴۸^{a}	۶۴^{b}	۷۶^{b}	۴/۷۳^{b}	۲۸۲۰^{c}
شاهد	۵/۸۳^{b}	-	۳۱^{b}	۶۱^{c}	۷۲^{c}	۴/۶۶^{b}	۳۰۸۱^{b}
Th۵۰	۶/۱۶^{b}	۶/۵۰^{b}	۳۵^{b}	۶۲^{c}	۷۷^{b}	۴/۸۴^{b}	۲۸۹۴^{c}
Th۱۰۰	۷/۰۸^{a}	۷/۲۵^{a}	۴۶^{a}	۶۸^{a}	۹۲^{a}	۵/۶۱^{a}	۴۲۲۵^{a}
Th۱۵۰	۷/۳۳^{a}	۶/۵۰^{b}	۴۹^{a}	۶۴^{b}	۸۰^{b}	۴/۹۲^{b}	۳۱۵۴^{b}
شاهد	۵/۸۳^{b}	۶/۲۵^{b}	۳۱^{b}	۶۱^{c}	۷۲^{c}	۴/۶۶^{c}	۳۰۸۱^{c}

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

ویژگی‌های ظاهری میوه (قطر، وزن تر و خشک میوه)

بر اساس نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) برای صفت قطر میوه و برای غلظت‌های مختلف تیمار اسید سالیسیلیک، تیمار غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر دارای بیشترین مقدار از صفت قطر میوه بود. همچنین تیمار غلظت ۱۵۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر دارای اختلاف معنی‌دار با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بودند. این نتایج نشان می‌دهد که غلظت اسید سالیسیلیک موجب افزایش مقدار قطر میوه می‌شود و غلظت‌های مختلف آن اثر معنی‌دار در این روند دارد. تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در مقایسه با شاهد مقدار قطر میوه را ۷/۵٪ افزایش داد. نتایج مقایسه میانگین اثر محلولپاشی با غلظت‌های مختلف تیامین بر روی گوجه‌فرنگی رقم گلکسی برای صفت قطر میوه نشان داد که کاربرد غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین موجب افزایش ۸/۵٪ قطر میوه نسبت به شاهد می‌شود ولی کاربرد غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین اثری بر این صفت نسبت به شاهد ندارد. غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین نیز موجب افزایش ۲/۸٪ این صفت نسبت به عدم کاربرد این ویتامین (شاهد) شد.

نتایج مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف تیامین و اسید سالیسیلیک بر روی گوجه‌فرنگی رقم گلکسی برای مقدار وزن تر و خشک میوه در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین برای مقدار وزن تر میوه نشان داد که پاشش غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و تیامین بر روی گوجه‌فرنگی رقم گلکسی تاثیر مطلوبی داشته و منجر به افزایش معنادار مقدار وزن تر میوه می‌شود. نتایج حاصل نشان داد که تیمار شاهد دارای کمترین مقدار وزن تر میوه بود در حالی که مقدار این وزن تر میوه در تیمارهای دیگر به طور معنی‌داری افزایش یافته بود. در هر دو غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین بیشترین مقدار وزن تر میوه مشاهده شد. نتایج مربوط به مقایسه میانگین اثرات محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف تیامین بر روی گوجه‌فرنگی رقم گلکسی برای صفات وزن خشک میوه نشان داد که غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و تیامین بیشترین مقدار وزن خشک میوه را تولید کرد و کم‌ترین مقدار وزن خشک میوه مربوط به تیمار شاهد بود. هرچند که نتایج مربوط به غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک نشان داد که تیمار شاهد با تیمارهای غلظت ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین تفاوت معنادار آماری ندارند. وزن تر و خشک میوه یکی از ارکان اصلی در بالا بردن عملکرد گیاهان می‌باشد و میتوان افزیش وزن تر و خشک میوه را به دلیل بهبود در افزایش جذب عناصر غذایی، فرآیند فتوسنتز و انتقال بیشتر

آسیمیلات‌ها از منبع به مخزن دانست. این مطالب بیانگر آن هستند که تیمار اسید سالیسیلیک باعث افزیش عملکرد از طریق افزیش در وزن تر و خشک و تعداد میوه می‌شود. شاتینگ و همکاران (۲۶) دریافتند که میزان فتوسنتز با عملکرد گیاهان رابطه مستقیمی دارد. با توجه به این گزارشات می‌توان این گونه استدلال نمود که احتمالاً به خاطر پاشش اسید سالیسیلیک، میزان فتوسنتز و درنتیجه تولید مواد حاصل از فتوسنتز افزایش یافته که منجر به افزایش عملکرد نهایی شده است. این نتایج با یافته‌های به دست آمده توسط ال-هادی و همکاران (۶) مطابقت دارد که گزارش کردند پاشش اسید سالیسیلیک بر روی برگ‌های گوجه‌فرنگی منجر به افزایش وزن تر و خشک و درنهایت بهبود عملکرد نهایی می‌شود. در گزارشی دیگر عنوان شد که محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر روی برگ‌های گوجه‌فرنگی رقم Rio Grande با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار به طور قابل توجهی اثر مضر تنش شوری را کاهش داد و طول و قطر میوه را نسبت به شاهد بهبود بخشید (۱۹).

عملکرد میوه

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) اثر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر روی رقم گلکسی گوجه‌فرنگی برای صفت عملکرد مشخص کرد که تیمار با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر دارای مقدار ۴۰۸۴ کیلوگرم دارای بیشترین مقدار عملکرد بود و کاربرد غلظت‌های دیگر اسید سالیسیلیک موجب تفاوت‌های جالبی برای این صفت مهم شد. به طوری‌که کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری بر روی این صفت مهم نداشت، ولی کاربرد ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر این فیتوهورمون موجب کاهش این صفت به مقدار ۸ درصدی نسبت به حالت شاهد شد. کم‌ترین مقدار این صفت با کاربرد غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر برای این شبه‌هورمون ایجاد شد. نتایج مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف تیامین بر رقم گلکسی گوجه‌فرنگی برای صفت عملکرد نشان داد که تیمار شاهد با مقدار ۲۶۳۹ کیلوگرم دارای کم‌ترین مقدار عملکرد بود و کاربرد غلظت‌های مختلف تیامین موجب افزایش مقدار این صفت مهم شد. بیشترین مقدار عملکرد با کاربرد غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین مشاهده شد و پس از آن غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین بود که از نظر آماری تفاوت معناداری در سطح یک درصد با یکدیگر داشتند. کارایی کاربرد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به گونه گیاهی (واریته مورد استفاده)، مرحله نمو، غلظت کاربردی، روش کاربرد و شرایط محیطی بستگی دارد (۲۲). افزایش عملکرد با کاربرد اسید سالیسیلیک و تیامین می‌تواند علل مختلفی داشته باشد که از آن جمله می‌توان به جلوگیری از کاهش تولید اکسین‌ها و سایتوکینین‌ها و همچنین بهبود تقسیم سلولی در مریستم ریشه توسط اسید سالیسیلیک و افزایش رشد و متابولیسم توسط تیامین و در نهایت افزایش عملکرد گیاه دانست (۱۲). نتایج میانگین اثرات محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و تیامین بر گوجه‌فرنگی رقم گلکسی نشان داد که کاربرد غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری بر عملکرد رقم گلکسی نداشت هرچند که روند افزایشی بود، در صورتی که غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیامین توانست مقدار عملکرد را به صورت معناداری افزایش دهد. نتایج غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و تیامین نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک و تیامین تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مقدار عملکرد افزایش معنی‌داری دارد که نشان دهنده تاثیرات مثبت این غلظت بر روی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بوده است ولی با بیشتر شدن غلظت اسید سالیسیلیک و تیامین مقدار عملکرد به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. همچنین اثرات متقابل اسید سالیسیلیک و تیامین برای صفت عملکرد به خوبی نشان داد که کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و تیامین به طور همزمان بیشترین اثر افزایشی را بر روی عملکرد رقم گلکسی خواهد داشت. گزارشات مختلف نشان داده‌اند که کاربرد غلظت‌های زیاد اسید سالیسیلیک و تیامین (در این پژوهش ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌توانند موجب اثرات منفی بر روند رشد و صفات مختلف گیاهی داشته باشد که دلیل آن نیز ایجاد تغییرات منفی فیزولوژیکی گسترده در گیاه می‌باشد. یافته‌های این پژوهش با یافته‌های دیگر پژوهشگران مطابقت دارد (۲۲). فاروک و همکاران (۷)

در بررسی محلول‌پاشی محرک‌های زیستی و ویتامین‌ها در بهبود ویژگی‌های رویشی و زایشی گوجه‌فرنگی گزارش کردند که کاربرد تیامین در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر سبب افزایش رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی می‌شود. بین غلظت‌های تیامین و اجزاء عملکرد گیاه رابطه خطی معناداری وجود داشت، به طوری‌که در اثر پاشش تیامین مقدار تعداد میوه در بوته افزایش یافته و این امر احتمالاً به دلیل افزایش پارامترهای فیزیولوژیکی و احتمالاً بهبود سطح کربن‌گیری و درنتیجه افزایش مقدار عملکرد شده است (۱۷).

صفات فیزیولوژی و کیفی

پس از کاربرد غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و تیامین بر روی برگ‌های گوجه‌فرنگی رقم گلکسی، صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شد و نتایج تجزیه واریانس مربوط به این صفات در جدول ۴ نشان داده شد. محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک، اثر معنی‌داری در سطح یک درصد، بر صفات فنولیک اسید و ویتامین ث داشت و همچنین اثر معناداری در سطح پنج درصد بر صفات اسیدیته کل و لیکوپن داشت. نتایج جدول ۴ نشان داد که اسید سالیسیلیک تاثیری بر روی صفات محتوای نسبی آب برگ و اسیدیته نداشت. کاربرد چهار غلظت تیامین منجر به اختلاف معنی‌دار در بین همه صفات فیزیولوژیک و کیفی در سطح یک درصد شد.

محتوای نسبی آب برگ

در ارزیابی نتایج محتوای نسبی آب برگ بر اساس جدول مقایسه میانگین، بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ مربوط به غلظت تیامین ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار محتوای نسبی آب برگ مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۵). این نتایج نشان داد که با افزایش غلظت تیامین تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، مقدار محتوای نسبی آب برگ نیز افزایش می‌یابد. نتایج جدول ۵ نشان داد که پاشش غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش ۲/۵ درصدی و نسبت به پاشش غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش ۳/۷ درصدی می‌شود. همچنین پاشش غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش ۶/۲ درصدی محتوای نسبی آب برگ نسبت به تیمار شاهد شد. . برخی مطالعات روند افزایشی محتوای آب نسبی برگ را تحت تاثیر کاربرد اسید سالیسیلیک گزارش کرده‌اند که علت تفاوت نتایج را می‌توان به متفاوت بودن شرایط این مطالعه با پژوهش‌های دیگر و تفاوت در رقم مورد مطالعه دانست.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژی و کیفی برای تیمار اسید سالیسیلیک و تیامین بر روی گوجه‌فرنگی رقم گلکسی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		محتوای نسبی آب برگ	اسیدیته (pH)	فنولیک اسید	ویتامین ث (C)	اسیدیته کل	لیکوپن
تکرار	۲	۰/۸۹^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۲۰۲*	۶/۵۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}
اسید سالیسیلیک	۳	۲/۹۷^{ns}	۰/۰۱۶^{ns}	۲۷۷۶**	۷۰/۵۶**	۰/۰۱۱*	۰/۱۰۱*
تیامین	۳	۵۱/۸۰**	۰/۲۹۷**	۳۰۷۳**	۷۲۵**	۰/۰۷۹**	۰/۴۳۵**
اسید سالیسیلیک × تیامین	۹	۴/۲۸^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۷۵۴**	۴۲/۳۵**	۰/۰۰۷*	۰/۰۵۲^{ns}
خطا	۳۰	۴/۰۷	۰/۰۰۵	۳۸	۹/۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۲۷
ضریب تغییرات (CV)		۲/۶۱	۱/۷۵	۴/۸۶	۷/۵۶	۱۳/۳۲	۷/۴۰

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (SA) و تیامین (Th) بر روی گوجه‌فرنگی رقم گلکسی برای صفات فیزیولوژیک و کیفی

تیمار	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	اسیدیته (pH)	فنولیک اسید (میلی‌گرم بر گرم)	ویتامین ث (C) (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	اسیدیته کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	لیکوپن (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
SA۵۰	-	-	۱۱۹^{c}	۴۰^{b}	۰/۴۰۴^{a}	۲/۱۶^{b}
SA۱۰۰	-	-	۱۳۶^{b}	۴۲^{a}	۰/۴۰۴^{a}	۲/۳۴^{a}
SA۱۵۰	-	-	۱۴۵^{a}	۳۷^{c}	۰/۳۴۸^{b}	۲/۲۶^{ab}
شاهد	-	-	۱۱۱^{d}	۳۹^{b}	۰/۳۴۴^{b}	۲/۱۴^{b}
Th۵۰	۷۸^{b}	۴/۳۵^{b}	۱۲۰^{b}	۳۹^{b}	۰/۴۸۰^{b}	۲/۲۲^{b}
Th۱۰۰	۸۰^{a}	۴/۶۰^{a}	۱۴۱^{a}	۵۱^{a}	۰/۴۴۳^{a}	۲/۴۹^{a}
Th۱۵۰	۷۷^{b}	۴/۳۵^{b}	۱۴۱^{a}	۳۶^{b}	۰/۳۰۷^{a}	۲/۱۴^{c}
شاهد	۷۵^{c}	۴/۲۲^{c}	۱۱۱^{c}	۳۹^{b}	۰/۳۴۴^{b}	۲/۱۴^{c}

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

اسیدیته (pH)

نتایج مربوط به مقایسه میانگین برای مقدار اسیدیته در جدول ۵ نشان داد که مقدار اسیدیته بیشتر تحت تاثیر غلظت تیامین می‌باشد به طوری که با افزایش غلظت تیامین تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مقدار اسیدیته هم افزایش می‌یابد ولی با کاربرد غلظت بیشتر این ویتامین (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) مقدار اسیدیته کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار اسیدیته مربوط به غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار اسیدیته نیز مربوط به تیمار شاهد است. همچنین غلظت‌های ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین نیز با شاهد دارای اختلاف معنادار بودند.

ترکیبات فنولیک

کاربرد غلظت‌های بیشتر اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنادار در مقدار ترکیبات فنولیک می‌شود به طوری‌که بیشترین مقدار فنولیک اسید در غلظت‌های ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک مشاهده شد (جدول ۵). کم‌ترین مقدار فنولیک اسید نیز در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد. روند نتایج برای غلظت‌های مختلف تیامین نیز مانند غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بود ولی دو غلظت ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین از نظر آماری تفاوت معناداری با هم نداشتند. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت‌های اسید سالیسیلیک و تیامین مقدار فنولیک اسید افزایش می‌یابد به طوری‌که بیشترین مقدار فنولیک اسید با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر برای اسید سالیسیلیک و غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم برای تیامین مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که این صفت به شدت تحت تاثیر این دو هورمون و تنظیم کننده زیستی است. با توجه به این‌که ترکیبات فنولیک موجب تسهیل در جذب عناصر غذایی می‌شوند و نقش مثبتی در فعالیت‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های مربوط با فتوسنتز دارند و از طرف دیگر باعث انتقال بهتر مواد پرورده از منبع به مخزن می‌شوند، رشد بهتر و عملکرد بیشتر گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک دور از انتظار نمی‌باشد (۱۷). همچنین، اسید سالیسیلیک و تیامین به دلیل نقش‌های تنظیمی متنوعی که در متابولیسم گیاه دارند، به عنوان یک

شبه‌هورمون گیاهی قوی و یک تنظیم‌کننده زیستی موثر در نظر گرفته می‌شود. این واقعیت کاملاً ثابت شده است که اسید سالیسیلیک به‌طور بالقوه طیف گسترده‌ای از پاسخ‌های متابولیکی را در گیاهان ایجاد می‌کند و همچنین بر پارامترهای دیگر مانند فاکتورهای فتوسنتزی که رشد و عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد تأثیرگذار است (۱۶). همچنین به نظر می‌رسد که تیامین به‌عنوان نقش کاتالیزور در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها درنهایت موجب افزایش فرآیندهای فیزیولوژیکی می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش پایدار در پارامترهای مشاهده شده تحت تاثیر کاربرد تیامین رخ دهد. بنابراین انتظار می‌رود با کاربرد این ویتامین فرآیند تجمع زیست‌توده به حداکثر رسد و درنهایت منجر به بهره‌وری بالاتر، و افزایش مقدار لیکوپن و محتوای ویتامین ث میوه گوجه‌فرنگی شود (۱۳). تیامین می‌تواند تا حدی به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل نموده و درنتیجه بر پاسخ سلولی به تنش‌های اکسیداتیو تأثیر بگذارد (۲۹). در مطالعه‌ای بر روی آویشن، استفاده از تنظیم‌کننده‌های زیستی و ویتامین‌های مانند تیامین بر محتوای اسانس و ترکیبات آن، ترکیبات فنلی و اجزای آن و همچنین فعالیت پلی فنل اکسیداز تأثیر مثبتی گذاشت (۲۰).

میزان ویتامین ث

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به مقدار ویتامین ث (جدول ۵) مشاهده شد که مقدار ویتامین ث با کاربرد غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک بیشترین مقدار را خواهد داشت و این افزایش تحت تاثیر میزان غلظت قرار نمی‌گیرد به این صورت که کاربرد هر دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک تاثیر متفاوتی بر روی مقدار ویتامین ث در گوجه‌فرنگی رقم گلکسی خواهد داشت. به طوری که کاربرد غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک موجب کاهش ۵ درصد ویتامین ث خواهد شد ولی کاربرد غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر این فیتوهورمون تاثیری بر مقدار ویتامین ث گوجه‌فرنگی نخواهد داشت. همچنین کاربرد غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین به‌طور تقریبی موجب افزایش ۳۵ درصدی مقدار ویتامین ث می‌شود. همچنین غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و شاهد با یکدیگر تفاوت معنادار آماری نداشتند. مکانیسم‌هایی که توسط اسید سالیسیلیک بر متابولیسم سلولی تأثیر می‌گذارد، عمدتاً از طریق عملکرد فیزیولوژیکی مواد مغذی اصلی و جزئی، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و سیتوکینین‌ها، اکسین و مواد رشد شبه آبسیزیک اسید بر متابولیسم سلولی در تیمارها است و درنهایت منجر به افزایش رشد و عملکرد محصول می‌شود (۱۸). بنابراین، تاثیر آن‌ها نتیجه بسیاری از اجزایی است که ممکن است در غلظت‌های مختلف به‌صورت هم‌افزایی عمل کنند، اگرچه نحوه عملکرد غلظت اسید سالیسیلیک هنوز کاملاً ناشناخته باقی مانده است. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که کاربرد اسید سالیسیلیک موجب تنظیم یا تقویت فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان می‌شود (۱۰). نتایج این مطالعه با یافته‌های دیگر مطابقت دارد (۱۰). با کاربرد اسید سالیسیلیک بر روی رقم گلکسی مقدار ویتامین ث در ابتدا نسبت به شاهد تغییری نکرد، ولی با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک مقدار ویتامین ث رشد معناداری کرد، ولی با کاربرد غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر مقدار این ویتامین به شدت کاهش یافته و حتی از شرایط شاهد (پاشش آب مقطر) نیز کمتر شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد زیاد و کم اسید سالیسیلیک تاثیر مطلوبی بر روی مقدار ویتامین ث نخواهد داشت و تنها غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک می‌تواند تاثیر مثبتی داشته باشد. نعیم و همکاران (۱۹) در مطالعه بر روی تاثیرات اسید سالیسیلیک بر روی گوجه‌فرنگی گزارش کردند که مقدار ویتامین ث با کاربرد مقدار متوسط اسید سالیسیلیک (۰/۵ میلی‌مول در لیتر) رشد قابل توجهی نسبت به شاهد و مقدار ۱ میلی‌مول بر لیتر خواهد داشت. نتایج این مطالعه با نتایج نعیم و همکاران (۱۹) مطابقت داشت.

اسیدیته کل

نتایج مقایسه میانگین برای غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک نشان داد که کاربرد غلظت‌های ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک تفاوت معنادار آماری با شاهد ایجاد نکرد ولی با کاربرد غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک بر روی برگ‌های گوجه‌فرنگی رقم گلکسی مقدار اسیدیته کل افزایش یافت. این نتایج نشان داد که کاربرد غلظت‌های کم اسید سالیسیلیک تاثیری افزایشی بر روی گوجه‌فرنگی ایجاد می‌کند ولی کاربرد غلظت‌های زیاد این فیتوهورمون می‌تواند مقدار اسیدیته کل را کاهش دهد. نتایج مقایسه میانگین اثرات محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف تیامین بر روی گوجه‌فرنگی رقم گلکسی نشان داد که مقدار غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین بیشترین تاثیر را بر روی اسیدیته کل داشته‌اند. غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین نیز تفاوت معناداری با مقدار شاهد ایجاد نکرده است.

میزان لیکوپن

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵) نشان داد که بیشترین مقدار لیکوپن با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک ایجاد می‌شود و این غلظت با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک تفاوت معنادار آماری ندارد. همچنین تیمار شاهد با مقدار ۲/۱۴ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) دارای کم‌ترین مقدار لیکوپن بود و کاربرد غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک نتوانست تغییرات معناداری در مقدار لیکوپن ایجاد کند. نتایج مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف تیامین بر روی صفت لیکوپن در رقم گلکسی گوجه‌فرنگی نشان داد که بیشترین مقدار لیکوپن با کاربرد غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد و پس از آن غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود که از نظر آماری تفاوت معناداری با یکدیگر داشتند. همچنین دو غلظت ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین نیز تفاوت معنادار آماری با یکدیگر نداشتند. شاهد (عدم کاربرد تیامین) نیز کم‌ترین مقدار لیکوپن را دارا بود. مقدار لیکوپن با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید افزایش یافت ولی این روند با کاربرد تیامین متفاوت بود به طوری که با افزایش مقدار تیامین تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مقدار لیکوپن افزایش یافت ولی با کاربرد بیشتر تیامین مقدار لیکوپن کاهش معناداری یافت. این نتایج نشان داد که اسید سالیسیلیک و تیامین هر دو بر روی این ماده مهم اثر گذار هستند و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر از هر دو این تنظیم‌کننده‌های زیستی بیشترین مقدار لیکوپن در این رقم تجاری گوجه‌فرنگی (رقم گلکسی) ایجاد خواهد کرد.

نتیجه‌گیری کلی

گوجه‌فرنگی دارای کاربردهای گسترده و ارزش غذایی بالایی است زیرا سرشار از ترکیبات فنلی و لیکوپن و ویتامین ث است. بنابراین هر عملی مانند محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های زیستی و رشدی که منجر به افزایش ترکیبات بیوشیمیایی مهم این گیاه شود می‌تواند از نظر تغذیه‌ای و اقتصادی مفید باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که محلول‌پاشی تیامین و اسید سالیسیلیک می‌تواند رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی رقم گلکسی را از طریق بهبود فرآیندهای فیزیولوژیک مانند ترکیبات فنولیک، لیکوپن و احتمالاً افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه و بهبود سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی گیاه افزایش دهد. اگرچه بین غلظت‌های مختلف تیامین و اسید سالیسیلیک از نظر بسیاری از صفات مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری وجود داشت، اما کاربرد آنها به ویژه در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای هر دو فاکتور زیستی و رشدی (تیامین و اسید سالیسیلیک) با تیمار شاهد از نظر عملکرد گیاه، وزن تر و خشک میوه و سایر خصوصیات فیزیولوژیکی و کیفی موجب بهبود این صفات شد. با توجه به نتایج این تحقیق، می‌توان چنین استنباط کرد که غلظت مفید و مناسب اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برای رقم گلکسی گوجه‌فرنگی مناسب و قابل توصیه می‌باشد.

منابع مورد استفاده

۱. دلیری مقدم، ر. ۱۳۹۰. اثر تراکم بوته و غلظت‌های مختلف بنزیل‌آدنین بر خصوصیات کمی و کیفی گل‌مریم (*Polianthes tuberosa* L) در سیستم هواکشت (Aeroponic). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

2. Al-Marsoumi FH, Al-Hadethi ME. 2020. Effect of humic acid and seaweed extract spray in leaf mineral content of mango seedlings. Plant Archives, 20: 827-830.
3. Arif Y, Sami F, Siddiqui H, Bajguz A, Hayat S. 2020. Salicylic acid in relation to other phytohormones in plant: A study towards physiology and signal transduction under challenging environment. Environmental and Experimental Botany, 175: 104040.
4. Basak A. 2008. Effect of preharvest treatment with seaweed products, on fruit quality in apple. International Journal of Fruit Science, 8: 1-14.
5. Chaudhary P, Sharma A, Singh B, Nagpal AK. 2018. Bioactivities of phytochemicals present in tomato. Journal of Food Science and Technology, 55: 2833–2849.
6. El-Hady NAAA, ElSayed AI, El-Saadany SS, Deligios PA, Ledda L. 2021. Exogenous application of foliar salicylic acid and propolis enhances antioxidant defenses and growth parameters in tomato plants. Plants, 10: 74-86.
7. Farouk S, Youssef SA, Ali AA. 2012. Exploitation of biostimulants and vitamins as an alternative strategy to control early blight of tomato plants. Asian Journal of Plant Sciences, 11(1): 36–43.
8. Frankenberger WT. Arshad M. 2020. Phytohormones in soils: microbial production and function. CRC Press.
9. Ghaffar A, Akram NA, Ashraf M, Ashraf MY, Sadiq M. 2019. Thiamin-induced variations in oxidative defense processes in white clover (*Trifolium repens* L.) under water deficit stress. Turkish Journal of Botany, 43(1): 58–66.
10. Gonzalez-Gonzalez MF, Ocampo-Alvarez H, Santacruz-Ruvalcaba F, Sanchez-Hernandez CV, Casarrubias-Castillo K, Becerril-Espinosa A, Castaneda-Nava JJ, Hernandez-Herrera RM. 2020. Physiological, ecological, and biochemical implications in tomato plants of two plant biostimulants: Arbuscular mycorrhizal fungi and seaweed extract. Frontiers in Plant Science, 11: 986-999.
11. Goyer A. 2010. Thiamine in plants: Aspects of its metabolism and functions (Eds). Phytochem Press, pp.1615-1624.
12. Hayat Q, Hayat Sh, Irfan M Ahmad A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing enveironment. Enviromental and Experimental Botany, 68: 14-25.
13. Helyes L, Dimeny J, Pek Z, Lugasi A. 2006. Effect of maturity stage on content, color and quality of tomato (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Karsten) fruit. International Journal of Horticultural Science and Technology, 12: 41-44.
14. Hochmuth GJ. 2001. Production of Greenhouse Tomatoes–Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook, 3th edn, Usa: Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 320p.
15. Ibrahim A, Abdel-Razzak H, Wahb-Allah M, Alenazi M, Alsadon A, Dewir YH. 2019. Improvement in Growth, Yield, and Fruit Quality of Three Red Sweet Pepper Cultivars by Foliar Application of Humic and Salicylic Acids. Hort Technology, 29: 170–178.
16. Koo YM, Heo AY, Choi HW. 2020. Salicylic acid as a safe plant protector and growth regulator. The plant pathology journal, 36(1): 11-25.

17. McDonald S, Prenzler PD, Antolovich M, Robards K. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. Food Chemistry, 73: 73-84.
18. Mohamed AY, El-Sehrawy OAM. 2013. Effect of seaweed extract on fruiting of hindy bisinnara mango trees. The Journal of American Science, 9: 537-544.
19. Naeem M, Basit A, Ahmad I, Mohamed HI, Wasila H. 2020. Effect of salicylic acid and salinity stress on the performance of tomato plants. Gesunde Pflanzen, 72(4): 393-402.
20. Reda F, Abdel-Rahim EA, El-Baroty GSA, Ayad HS. 2005. Response of essential oils, phenolic components and polyphenol oxidase activity of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) to some bioregulators and vitamins. International Journal of Agriculture and Biology, 7(5): 735-739.
21. Russell CL. 2002. Kelp based growth stimulants - science or snake oil? Internal Technol. Bul. Cobben Pty Ltd. (on CD-ROM).
22. Sabagh AE, Mbarki S, Hossain A, Iqbal MA, Islam MS, Raza A, Llanes AS, Reginato MA, Rahman MA, Mahboob W, Singhal RK. 2021. Potential role of plant growth regulators in administering crucial processes against abiotic stresses. Frontiers in Agronomy, 2: 53-65.
23. Sadler G, Davis J, Dezman D. 1990. Rapid extraction of lycopene and βcarotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. Journal of Food Science, 55: 5. 1460-1461.
24. Salehi M, Saffari VR, Farahmand H. 2016. The effect of foliar application of BA, ascorbic acid and thiamine on some characteristics of morphological and biochemical of petunia. Journal of Crop production and processing, 6: 165-174.
25. Shafeiee M, Ehsanzadeh P. 2019. Physiological and biochemical mechanisms of salinity tolerance in several fennel genotypes: Existence of clearly-expressed genotypic variations. Industrial Crops and Products,132: 311-318.
26. Shuting D, Rongqi G, Changltao H, Qunying W, Koogjun W. 1997. Study of canopy photosynthesis properties and high yield potential after anthesis in maize. Acta Agronomica Sinica, 23(3): 318-325.
27. Skinner J. 1997. Microscale Chemistry; Experiments in Chemistry, Measuring the amount of vitamin C in fruit drinks. Royal Society of Chemistry, 1: 67-70.
28. Tamas NP, Adam C, Anita S. 2019. Effects of algae products on nutrient uptake and fruit quality of apple. Natural Resources and Sustainable, 9: 80-91.
29. Tuna AL, Kaya C, Altunlu H, Ashraf M. 2013. Mitigation effects of non-enzymatic antioxidants in maize (*Zea mays* L.) plants under salinity stress. Australian Journal of Crop Science, 7: 1181–1188.
30. Vafabakhsh J, Nassiri Mahallati M, Koocheki A. 2008. Effects of drought stress on radiation use efficiency and yield of winter Canola (*Brassica napus* L.) Iran. Field Crop Research, 6: 193-208.

The effect of simultaneous application of salicylic acid and thiamine on morpho-physiological and qualitative properties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) of Galaxy cultivar

Seyed Majid Jazayeri[1], Hossein Ali Asadi-Gharneh[2*]

1- Master's student, Department of Horticulture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University

2- Associate Professor, Department of Horticulture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University

*Corresponding Author, Email: h.asadi@khuisf.ac.ir

Abstract

The present study was performed to evaluate the simultaneous effect of the application of salicylic acid and vitamin B_1 (thiamine) on yield and quality traits and biochemical characteristics of the "Galaxy" variety tomato. This experiment was conducted in a greenhouse and laid out in factorial format and in the form of a randomized complete block design with three replications. The treatments used included four concentrations of salicylic acid (0, 50, 100, and 150 mg/liter) and four concentrations of thiamine (0, 50, 100, and 150 mg/liter). The measured traits include morphological characteristics such as the yield, fruit fresh and dry weight, fruit diameter, number of clusters per plant, number of fruits per cluster, number of flowers per cluster and physiological-biochemical traits such as lycopene, total acidity, vitamin C, phenolic acid, acidity (pH) and relative water content of leaves. Application of salicylic acid caused significant changes at 1% and 5% levels in all morphological and physiological traits except the number of flowers in the cluster, relative leaf water content, and acidity (pH). Spraying salicylic acid on the leaves of tomatoes increased some traits such as yield, number of fruits in plant, number of bunches in plant, and compared to control plants (without application of salicylic acid). Also, Thiamine spraying caused significant changes in most of the morpho-physiological and quality traits. Thiamine caused an increase in the traits that were significant, although this increase was influenced by the concentration of the used. The yield (4084 and 4225 kg for the application of salicylic acid and thiamine), vitamin C (42 and 51 mg/g fresh weight for the application of salicylic acid and thiamine), and lycopene (2.34 and 2.49 mg/g) fresh weight for the application of salicylic acid and thiamine) traits had the highest amount of salicylic acid and thiamine at a concentration of 100 mg/liter. Some of the traits such as yield, fruit diameter, fresh and dry weight, total acidity, phenolic acid, and vitamin C were also affected by the interaction of salicylic acid and thiamine. According to the findings of this study, the spraying of salicylic acid and thiamine with a concentration of 100 mg/liter will have the greatest effect on morphological traits, and physiological-biochemical characteristics in Galaxy variety tomatoes under greenhouse conditions.

Keywords: Nutrition, Phytohormone, Foliar application, Tomato