



دانشگاه گسترده علمی و فناوری گلستان

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و دوم، شماره دوم، ۱۳۹۴
<http://jopp.gau.ac.ir>

بررسی اثر زمان پاشی اسید سالیسیلیک بر برخی از رنگدانه‌ها و خصوصیات ریخت‌شناسی میوه گوجه‌فرنگی

*مریم حافظ‌نیا^۱، کامبیز مشایخی^۲ و فرشید قادری‌فر^۳

^۱کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲دانشیار گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۳دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۱۷

چکیده

سابقه و هدف: گوجه‌فرنگی به دلیل نقش مهمی که در تأمین ویتامین‌ها و مواد معدنی در تغذیه انسان دارد، از پتانسیل بالایی در صادرات برخوردار است. همچنین یکی از سبزی‌های مهمی است که به علت داشتن انواع ویتامین‌ها، کاروتن، اسیدهای مفید، قند و املاح معدنی نقش مهمی را در سلامت انسان ایفا می‌کند. با توجه به این‌که گوجه‌فرنگی یکی از مهمترین محصولات است که روز به روز مصرف آن رو به افزایش است، بنابراین جهت تولید محصول بیشتر در واحد سطح و افزایش کیفیت خصوصیات میوه‌ی آن، از قبیل میزان سفیدی، افزایش ماندگاری و افزایش رنگیزه‌هایی که در بهبود کیفیت رنگ و گوشت میوه مؤثرند، انجام تحقیقات در این زمینه از اهمیت زیادی برخوردار است.

مواد و روش‌ها: به این منظور آزمایشی روی بوته‌های گوجه‌فرنگی رقم سوپرا^۱ در مجتمع کشت و صنعت دلد، واقع در منطقه دلد استان گلستان در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۴ تکرار و ۴ تیمار انجام شد. محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت 10^{-4} مولار در زمان‌های مختلف شامل: (از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول، از زمان کاشت نشاء تا شروع گلدهی، از زمان گلدهی تا زمان میوه‌دهی و محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد) بیست روز پس از استقرار گیاه به فواصل ۱۵ روز انجام شد، که از زمان شروع محلول‌پاشی تا

*مسئول مکاتبه: maryhafeznia@yahoo.com

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی (۲۲)، شماره (۲) ۱۳۹۴

رسیدن کامل میوه جمعاً ۷ بار محلول‌پاشی شدند. صفات اندازه‌گیری شده شامل خصوصیات زراعی و ریخت‌شناسی مانند: تعداد برگ تا اولین خوشه، تعداد گل و ارتفاع بوته و خصوصیات اجزاء عملکرد شامل تعداد میوه، صفات بیوشیمیایی از قبیل کلروفیل a، b، کلروفیل کل، کارتنوئید، آنتوسیانین برگ، آنتوسیانین میوه، pH و اسیدیته قابل تیتراسیون بود. برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کلروفیل کل و همچنین کاروتنوئید در برگ گوجه‌فرنگی از روش آرنون (۱۹۹۵) استفاده شد.

یافته‌ها: کاربرد اسید سالیسیلیک از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول به‌طور معنی‌داری باعث افزایش میزان سطح برگ در این گیاه شد. همچنین استفاده از این هورمون از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول باعث افزایش تعداد برگ تا اولین خوشه، تعداد گل در هر خوشه و تعداد میوه در هر خوشه شد و به‌طور معنی‌داری ارتفاع بوته گوجه‌فرنگی را کاهش داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این پژوهش به‌طور کلی استفاده از سالیسیلیک‌اسید با غلظت 10^{-4} مولار در تیمار محلول‌پاشی از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول میزان رنگدانه‌ها و کلروفیل کل افزایش یافته که ناشی از افزایش فتوسنتز در گیاه است.

واژه‌های کلیدی: گوجه‌فرنگی، اسید سالیسیلیک، ارتفاع بوته، کلروفیل، آنتوسیانین

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*)، یکی از محصولات است که به تازگی به لیست محصولات غذایی مهم جهان اضافه شده و همچنین وجود حالت تازه خوری و قابلیت فراوری این محصول، نقش به‌سزایی در پذیرش سریع و همگانی آن به‌عنوان یک محصول غذایی مهم، داشته است (۲۲). طبق آمار وزارت کشاورزی در سال ۱۳۸۶، سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی ۲،۸۹۱،۰۰۰ هکتار با تولیدی به‌میزان ۲۸۲،۰۰۰ تن در سال است که در مقایسه با تولید سایر سبزی‌ها در مقام نخست قرار دارد. با توجه به این که گوجه‌فرنگی یکی از مهمترین محصولاتی است که روز به روز مصرف آن رو به افزایش است، بنابراین به تحقیقات گسترده‌ای جهت افزایش محصول در واحد سطح و بهبود کیفیت میوه با افزایش میزان سفتی میوه، افزایش ماندگاری و افزایش رنگیزه‌ها نیاز است. اسید سالیسیلیک یا اورتی هیدروکسی بنزوئیک اسید دارای یک حلقه آروماتیک با یک گروه هیدروکسیل می‌باشد که به گروه ترکیبات فنلی تعلق دارد (۴). این ماده هم‌چنین باعث گل‌دهی، افزایش عمر گل، به تأخیر انداختن پیری و افزایش سرعت فعالیت‌های سوخت و سازی در درون سلول می‌شود (۱۹). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک می‌تواند در دامنه‌ای از فرایندهای مختلف در گیاهان مانند جوانه‌زنی بذرها (۱۲)، بسته شدن روزنه‌ها (۱۵)، تبادل و انتقال یونها (۹)، نفوذپذیری غشاء و سرعت رشد (۱۰) اثر داشته باشد. نتایج گزارش‌های فریدودین و همکاران (۲۰۰۳) روی خردل سیاه نشان داد، تیمار با غلظت پایین (10^{-2} مولار) اسید سالیسیلیک میزان کلروفیل برگ را افزایش می‌دهد (۵). همچنین اسید سالیسیلیک تولید کارتنوئیدها و گزانتوفیل‌ها را فعال کرده و نسبت کلروفیل a به b را در گندم و ماش افزایش می‌دهد (۲۰). تیمار گیاهان با سالیسیلیک‌اسید در غلظت 10^{-2} مولار در شرایط تنش شوری باعث افزایش کلروفیل و کارتنوئید می‌شود. به این ترتیب که هر چه گیاه در شرایط تنش قرار گیرد، غلظت بالاتر - اسید سالیسیلیک مؤثرتر است (۱۳). بنابراین این تحقیق با هدف تعیین اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و نمو و اجزای عملکرد و تعیین بهترین زمان استفاده از این هورمون بر خصوصیات بیوشیمیایی (رنگیزه‌ها، اسیدیته و pH) میوه گوجه‌فرنگی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۱ بر بوته‌های گوجه‌فرنگی رقم سوپرا^۱ در مجتمع کشت و صنعت دلند، واقع در شهر دلند (استان گلستان) انجام شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی

1- Sopera

با ۴ تیمار و ۴ تکرار انجام گرفت. تیمارهای زمان محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک 10^{-4} مولار شامل: محلول‌پاشی از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول، از زمان کاشت تا شروع گلدهی، از زمان گلدهی تا میوه‌دهی و شاهد (محلول‌پاشی با آب) بودند. بر اساس کار جواهری و همکاران (۲۰۱۰) که غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک را روی صفات میوه گوجه‌فرنگی مورد آزمایش قرار دادند و بهترین غلظت مورد استفاده‌ی آن‌ها 10^{-4} مولار بود. در این آزمایش بهترین غلظت که بیشترین نتیجه را بر صفات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی داشت مورد استفاده قرار گرفت که به‌صورت محلول‌پاشی روی شاخ و برگ مطابق با تیمارهای ذکر شده در زمان‌های مختلف، اعمال شد. اولین محلول‌پاشی یک هفته پس از انتقال نشاء به زمین اصلی (۱۷ فروردین) انجام شد و سپس این عمل هر ۱۵ روز یک‌بار تکرار گردید. در مرحله گلدهی برخی از خصوصیات اجزای عملکرد مانند: تعداد برگ‌ها تا اولین خوشه گل، تعداد خوشه گل و تعداد گل در خوشه اندازه‌گیری شد و در مرحله رسیدگی کامل میوه کلیه خصوصیات ریخت‌شناسی و اجزای عملکرد از جمله: ارتفاع بوته، سطح برگ و خصوصیات بیوشیمیایی میوه از جمله درصد آنتوسیانین، کلروفیل a، b، کلروفیل کل، کارتنوئید و آنتوسیانین برگ و میوه مورد بررسی قرار گرفت. سطح برگ بوته‌های موردنظر توسط دستگاه سطح برگ سنج اندازه‌گیری شد. تعیین مقدار آنتوسیانین بر طبق روش وانگر^۱ (۱۹۷۹) صورت گرفت (۲۵). برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کلروفیل کل و همچنین کارتنوئید در برگ گوجه‌فرنگی از روش آرنون^۲ (۱۹۹۵) استفاده شد (۲). داده‌های این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌های هر صفت نیز با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر زمان‌های مختلف محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک روی برخی از خصوصیات ریخت‌شناسی گیاه گوجه‌فرنگی: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که کاربرد سالیسیلیک‌اسید در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر صفات ریخت‌شناسی بوته گوجه‌فرنگی از قبیل ارتفاع بوته و سطح برگ داشته است.

1- Wanger

2- Arnon

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف سالیسیلیک اسید با غلظت 10^{-4} مولار بر برخی از خصوصیات ریخت‌شناسی گیاه گوجه‌فرنگی.

Table 1. Results of variance analysis of salicylic acid treatments with 10^{-4} m concentration on some morphological traits of tomato.

منابع تغییرات	S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته plant height	سطح برگ leaf area
بلوک	Block	3	0.566 ^{ns}	4.094 ^{ns}
تیمار	Treatment	6	21.695**	1890.960**
خطا	Error	9	1.897	6.844
ضریب تغییرات (% CV)			5.400	6.876

^{ns} و ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد و عدم داشتن تفاوت معنی‌دار.

n.s.**, non-significant and significant in 1% level of probability, respectively

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد بیشترین ارتفاع بوته ($28/475$ سانتی‌متر) مربوط به تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) بوده که تفاوت معنی‌داری با تیمار محلول‌پاشی از از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول داشته است و کمترین ارتفاع بوته ($23/550$ سانتی‌متر) متعلق به تیمار محلول‌پاشی از گلدهی تا میوه‌دهی می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با تیمار محلول‌پاشی از ابتدا کاشت تا گلدهی نشان نداد. مادی (۲۰۰۹) گزارش کرد کاهش ارتفاع در گیاه گوجه‌فرنگی مربوط به کاهش سطح اسید جیبرلیک است، چون اسید جیبرلیک تأثیر به‌سزایی در طول شدن میانگره‌ها دارد، بنابراین به‌نظر می‌رسد با کاربرد اسید سالیسیلیک که باعث القاء ژن‌های مقاومت در برابر طول شدن میانگره‌ها می‌شود از سنتز اسید جیبرلیک کاسته و ارتفاع گیاه کم می‌شود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۱۶). از لحاظ سطح برگ بیشترین میزان با $67/436$ سانتی‌متر مربع) مربوط به تیمار محلول‌پاشی از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و کمترین میزان با $18/408$ سانتی‌متر مربع) مربوط به تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) بود. گوتیرز و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند کاربرد سالیسیلیک در مراحل رشدی گیاهان چغندر قند و ذرت باعث افزایش سطح برگ، وزن تر و خشک ساقه و ریشه می‌شود (۷). همچنین ژو و همکاران (۱۹۹۹) با مطالعه بر تأثیر کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاه نیشکر بیان کردند که استفاده از این ماده باعث افزایش سطح برگ در این گیاه می‌شود (۲۶). این نتایج با نتایج (خوداری، ۲۰۰۴؛ کومار و همکاران، ۲۰۰۰؛ خان و همکاران، ۲۰۰۳) که گزارش کردند کاربرد اسید سالیسیلیک در سویا، جو و ذرت باعث افزایش در سطح برگ و افزایش فتوسنتز کل و در نتیجه باعث تجمع ماده خشک در گیاه

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی (۲۲)، شماره (۲) ۱۳۹۴

می‌شود مطابقت دارد (۱۳)، (۱۴). نتایج تجزیه واریانس مربوط به اجزای عملکرد مانند تعداد برگ، تعداد خوشه، تعداد گل در خوشه و تعداد میوه در خوشه در جدول ۳ آمده است. این نتایج نشان می‌دهند اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مورد آزمایش وجود دارد. به این صورت که تیمارهای زمانی اعمال شده باعث بروز اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر روی صفاتی مانند تعداد برگ تا اولین خوشه، تعداد خوشه و تعداد میوه در خوشه شده‌اند، اما بر روی تعداد گل در بوته تأثیر محسوسی نداشتند.

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین زمان‌های مختلف محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۰^{-۴} روی برخی از خصوصیات ریخت‌شناسی گوجه‌فرنگی.

Table 2. Results of mean comparison of foliar application time of salicylic with 10⁻⁴m concentration on morphological properties of tomato.

تیمارها Treatment	ارتفاع بوته Plant height (سانتی‌متر) (cm)	سطح برگ Leaf area (سانتی متر مربع) (cm ²)
محلول پاشی از ابتدا تا انتهای دوره کاشت Foliar from Cultivation to harvesting	25.885 ^b	67.436 ^a
محلول پاشی از ابتدا تا گلدهی Foliar from flowering up to fruiting	23.622 ^c	40.958 ^b
محلول پاشی از گلدهی تا میوه‌دهی Foliar from cultivation up to flowering	23.550 ^c	25.385 ^c
شاهد Control	28.475 ^a	18.408 ^d

* حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست.

Means in each column followed by the same letter are not significantly different

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس زمان‌های مختلف محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر روی اجزای عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی.

Table 3. Results of variance analysis of salicylic acid treatments on yield components of tomato.

منابع تغییرات Treatment	درجه آزادی df	تعداد برگ تا اولین خوشه Number leave up to first cluster	تعداد خوشه گل Number of flower cluster	تعداد گل در خوشه Flower number in cluster	تعداد میوه در خوشه Number of fruit in cluster
بلوک Block	3	4.889 ^{ns}	7.067 ^{ns}	476.655 ^{ns}	0.353 ^{ns}
تیمار Treatment	3	844.341 ^{**}	49.922 ^{**}	49.121 ^{ns}	30.807 ^{**}
خطا Error	9	20.967	0.754	263.953	1.507
ضریب تغییرات (cv %)	-	9.839	3.477	17.654	11.093

** و ^{ns} به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد و عدم داشتن تفاوت معنی‌داری.

n.s. **: non-significant and significant in 1% level of probability, respectively

جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که محلول پاشی توسط سالیسیلیک اسید به‌طور معنی‌داری تعداد برگ تا اولین خوشه در تیمارهای مختلف را تغییر می‌دهد. بدین صورت که بیشترین تعداد برگ تا اولین خوشه در تیمار محلول پاشی از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول با مقدار (۶۵/۹۳۳) و کمترین تعداد برگ در تیمار شاهد (محلول پاشی با آب) با مقدار (۳۳/۰۲۵) مشاهده شد. در مورد تعداد خوشه گل، بیشترین میزان (۲۹/۵۰۰) مربوط به تیمار محلول پاشی از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول و کمترین تعداد خوشه گل در بوته (۲۱/۲۰۰) مربوط به تیمار شاهد (محلول پاشی با آب) بود. که این نتایج با نتایج مادی (۲۰۰۹) که اظهار داشت کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۱۰^{-۴} مولار در طی مراحل رشدی گیاه گوجه‌فرنگی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش صفات رشدی و عملکردی مانند تعداد خوشه در بوته می‌شود مطابقت دارد (۱۶). از لحاظ تعداد گل بیشترین میزان (۹۳/۱۵) مربوط به تیمار محلول پاشی از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول و کمترین میزان تعداد گل (۶۹/۳۸) مربوط به تیمار شاهد (محلول پاشی با آب) بود که با تیمار محلول پاشی در دوران گلدهی تا میوه‌دهی و محلول پاشی از زمان کاشت نشاء تا گلدهی تفاوت معنی‌داری نداشتند. این نتایج با نتایج مارتین مکس و همکاران (۲۰۰۳) که گزارش کردند محلول پاشی برگ‌گی اسید سالیسیلیک در دوره کشت گیاه بنفشه آفریقایی باعث افزایش تعداد گل در این گیاه می‌شود مطابقت دارد (۱۸). اسید سالیسیلیک از طریق افزایش سنتز پروتئین و ظهور باندهای ایزوزایم جدید باعث القاء و افزایش تعداد جوانه گل می‌شود (۱۸). همچنین مرتضی‌نژاد و اعتمادی (۱۳۸۹) اظهار داشت غوطه‌ور نمودن پیازچه‌ها و محلول پاشی گیاه گل مریم در محلول با غلظت ۱۰^{-۲} مولار اسید سالیسیلیک در طول دوره کاشت باعث افزایش تعداد گل در این گیاه شد که با نتایج مارتین مکس و همکاران (۲۰۰۳) و همچنین این تحقیق مطابقت دارد.

در مورد تعداد میوه در خوشه بیشترین میزان (۵۰/۶۵۰) متعلق به تیمار محلول پاشی از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول و کمترین میزان (۳۶/۸۵۰) نیز در تیمار شاهد (محلول پاشی با آب) بود. گیاهان از راه‌های متفاوتی به تنش واکنش نشان می‌دهند. یکی از این راهبردها بدین گونه است که گیاهان با تکمیل رشد خود طی دوره‌هایی با شدت تنش کمتر از اثرات تنش فرار نموده که باعث گلدهی زود هنگام و تشکیل بذر جهت بقای نسل می‌گردد (۸). گیاهان در شرایط تنش دوره رشد و نمو خود را زودتر کامل می‌کنند و وارد گلدهی می‌شوند و از آنجایی که اسید سالیسیلیک عمدتاً تحت شرایط تنش تولید می‌گردد کنترل راهبردهای گیاهان تحت تنش به‌این هورمون وابسته می‌باشد،

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی (۲۲)، شماره (۲) ۱۳۹۴

به همین منظور محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در زمان‌های مختلف می‌تواند در کنترل اعمال فیزیولوژیکی گیاه در شرایط نامساعد مؤثر واقع شود. همچنین بیات و همکاران (۱۳۹۱) در گزارشی بیان کردند که اسید سالیسیلیک باعث تحریک و افزایش گلدهی در گیاه آبی‌عدسک آبی، تسریع گل‌آغازی در لوبیا می‌شود (۳).

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین زمان‌های مختلف محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید روی برخی از خصوصیات مورفولوژیکی گوجه‌فرنگی.

Table 4. Results of mean comparison of salicylic acid treatment on some morphological traits of tomato.

تعداد میوه در خوشه	تعداد گل در خوشه	تعداد خوشه گل	تعداد برگ تا اولین خوشه	تیمارها
Number of fruit in cluster	Flower number in cluster	Number of flower cluster	Number leave up to first cluster	Treatment
51.610 ^a	93.15 ^a	29.500 ^a	65.933 ^a	محلول‌پاشی از ابتدا تا انتهای دوره کاشت Foliar from Cultivation to harvesting
50.533 ^b	90.20 ^a	25.725 ^b	48.950 ^b	محلول‌پاشی از ابتدا تا گلدهی Foliar from flowering up to fruiting
37.256 ^c	88.38 ^a	23.507 ^c	38.250 ^c	محلول‌پاشی از گلدهی تا میوه‌دهی Foliar from cultivation up to flowering
36.850 ^c	69.38 ^a	21.200 ^d	33.028 ^c	شاهد Control

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست.

Means in each column followed by the same letter are not significantly different

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک روی خصوصیات بیوشیمیایی برگ گوجه‌فرنگی.

Table 5. Results of variance analysis of salicylic acid treatments on biochemical traits of leaf in tomato.

آنتوسیانین برگ	کارتنوئید	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	درجه آزادی	منابع تغییرات
anthocyanin	Carotenoid	Total Chlorophyllb	Chlorophyllb	Chlorophylla	df	Treatment
0.00003 ^{ns}	3.304 ^{ns}	0.019 ^{ns}	0.151*	0.068**	3	Block بلوک
0.002**	204.174**	22.940	11.517**	1.995**	3	Treatment تیمار
0.00005	0.912	0.026	0.025	0.023	9	Error خطا
4.202	1.735	1.335	1.860	4.336	-	ضریب تغییرات (%cv)

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد.

** significant in 1% level of probability

اثر تیمارهای مختلف زمانی اسید سالیسیلیک روی خصوصیات بیوشیمیایی برگ گیاه گوجه‌فرنگی: تجزیه واریانس خصوصیات بیوشیمیایی برگ گوجه‌فرنگی شامل: (کلروفیل a، b، کل، کارتنوئید و آنتوسیانین) در جدول ۵ آمده است. این نتایج نشان داد تیمارهای زمانی مختلف اسیدسالیسیلیک در سطح ۱ درصد به‌طور معنی‌داری بر صفات بیوشیمیایی برگ تأثیر داشته است.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد میزان کلروفیل a، b و کل در تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد دارند. بیشترین میزان کلروفیل a با میانگین (۴/۶۰۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، بیشترین میزان کلروفیل b با میانگین (۱۱/۴۸۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و بیشترین میزان کلروفیل کل با میانگین (۱۶/۰۸۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار محلول‌پاشی از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول با اسید سالیسیلیک مشاهده شد. همچنین کمترین میزان کلروفیل a، b و کل به‌ترتیب با میانگین (۳/۰۳۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)، (۷/۱۴۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و (۱۰/۱۸۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) بود. امین و همکاران (۲۰۰۸) طی مطالعه‌ای روی تأثیرات اسید سالیسیلیک و اسیدآسکوربیک بر تغییرات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیکی و برخی از صفات عملکردی در گندم اظهار داشتند کلروفیل a و b در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک افزایش یافتند که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد (۱). بیات و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند اسید سالیسیلیک از طریق افزایش کلروفیل کل و فعالیت آنزیم رویسکو، میزان فتوسنتز کل را افزایش می‌دهد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد (۳). همچنین گای و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند استفاده از محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر به شاخ و برگ گیاه کلزا باعث بهبود کلروفیل کل در این گیاه می‌شود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۶). خانداکر و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی اظهار داشتند که بیشترین میزان کلروفیل در تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک 10^{-5} مولار در کل دوره کشت مشاهده شد اما غلظت‌های 10^{-4} و 10^{-3} مولار اسید سالیسیلیک از نظر میزان کلروفیل نسبت به شاهد (محلول‌پاشی با آب) اختلاف معنی‌داری نداشتند که با نتایج حاصل از این تحقیق مغایرت دارد (۱۱). در مورد کارتنوئید، جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶) نشان می‌دهد که میزان کارتنوئید در تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد (محلول‌پاشی با آب) داشته است. بدین صورت که بیشترین میزان کارتنوئید (۶۳/۹۹۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار محلول‌پاشی از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول و کمترین میزان آن در تیمار (۴۲/۴۹۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در شاهد (محلول‌پاشی با آب) مشاهده شد. این نتایج با نتایج

مظاهری تیرانی (۱۳۸۶) که اظهار داشتند محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در گیاهان تحت تیمار ۵۰ پی‌پی‌ام اتیلن کلزا مقدار کارتنوئید را افزایش می‌دهد، مطابقت دارد (۱۸). مطالعات انجام شده توسط ژاوو و همکاران (۱۹۹۵) نشان داد مقدار رنگیزه‌ها در گیاهان سویای تیمار شده با اسید سالیسیلیک افزایش می‌یابد (۲۶).

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین تیمارهای مختلف سالیسیلیک‌اسید بر روی برخی از خصوصیات بیوشیمیایی برگ گوجه‌فرنگی.
Table 6. Results of mean comparison of salicylic acid treatments on some biochemical traits of leaf in tamato.

تیمارها	Treatment	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	آنتوسیانین برگ
		Chlorophylla	Chlorophyllb	Total Chlorophyllb	Carotenoid	anthocyanin
محلول پاشی از ابتدا تا انتهای دوره کاشت	Foliar from Caltivation to harvesting	4.600 ^a	11.483 ^a	16.083 ^a	63.990 ^a	0.221 ^a
محلول پاشی از ابتدا تا گلدهی	Foliar from flowering up to fruiting	3.351 ^b	8.540 ^b	11.891 ^b	60.756 ^b	0.170 ^b
محلول پاشی از گلدهی تا میوه‌دهی	Foliar from cultivation up to flowering	3.150 ^{bc}	7.394 ^c	10.544 ^c	52.865 ^c	0.169 ^b
شاهد	Control	3.038 ^c	7.143 ^c	10.181 ^d	42.493 ^d	0.152 ^c

*حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین تیمارهاست.

Means in each column followed by the same letter are not significantly different

نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین‌ها در (جدول ۶) نشان می‌دهد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک^{۴-۱۰} مولار از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول باعث افزایش ۵۱/۴۱ درصد در میزان کلروفیل a و افزایش ۶۰/۷۵ درصد در میزان کلروفیل b شد که در مجموع کلروفیل کل ۵/۶۲ درصد افزایش یافت. همچنین میزان کارتنوئید ۲۱/۴۹ درصد و میزان آنتوسیانین ۴۵/۳۹ درصد در برگ افزایش داشت. اثر تیمارهای مختلف زمانی اسید سالیسیلیک روی خصوصیات بیوشیمیایی میوه گیاه گوجه‌فرنگی آنتوسیانین: تجزیه واریانس مربوط به میوه گوجه‌فرنگی‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک (شامل آنتوسیانین میوه و برگ، pH و اسیدیته قابل تیتراسیون) در (جدول ۷) آمده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف سالیسیلیک اسید روی خصوصیات بیوشیمیایی میوه گوجه فرنگی.
Table 7. Results of variance analysis of Salicylic acid treatment on biochemical properties of tomato fruits.

اسیدیته قابل تیتراسیون Titratable acidity	pH	آنتوسیانین میوه Fruit anthocyanin	درجه آزادی df	منابع تغییرات Treatment
0.0000008 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.000009 ^{ns}	3	Block
0.00002 ^{**}	0.020 [*]	0.002 ^{**}	6	Treatment
0.000001	0.004	0.0001	9	Error
3.698	1.277	13.412	-	ضریب تغییرات (% CV)

** معنی داری در سطح ۱ درصد.

** significant in 1% level of probability

بیشترین میزان آنتوسیانین با (۰/۰۶۲ میکرومول در گرم وزن تر میوه) مربوط به تیمار محلول پاشی از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول بود و کمترین میزان آنتوسیانین با (۰/۰۰۷ میکرومول در گرم وزن تر میوه) در تیمار شاهد (محلول پاشی با آب) مشاهده شد. خاوری نژاد و همکاران (۱۳۸۸) طی تحقیقی بیان کردند، اسید سالیسیلیک روی میزان آنتوسیانین گیاه مینا چمنی تأثیر گذاشته و باعث افزایش میزان آنتوسیانین شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد (۱۲).

جدول ۸- نتایج مقایسه میانگین تیمارهای مختلف سالیسیلیک اسید بر برخی از خصوصیات بیوشیمیایی میوه گوجه فرنگی.
Table 8. Results of average analysis of Salicylic acid treatment on biochemical properties of tomato fruits.

اسیدیته قابل تیتراسیون (میلی گرم در ۱۰۰ گرم) Titratable acidity (cmg in 100g)	pH	آنتوسیانین میوه (میکرومول بر گرم وزن تر میوه) Anchocyanin (mm/g fruit weight)	تیمارها Treatment
0.029 ^b	5.520 ^a	0.062 ^a	محلول پاشی از ابتدا تا انتهای دوره کاشت Foliar from Cultivation to harvesting
0.031 ^{ab}	5.412 ^{ab}	0.026 ^b	محلول پاشی از ابتدا تا گلدهی Foliar from flowering up to fruiting
0.031 ^{ab}	5.350 ^b	0.009 ^c	محلول پاشی از گلدهی تا میوه دهی Foliar from cultivation up to flowering
0.022 ^c	5.333 ^b	0.007 ^c	شاهد Control

*حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین تیمارهاست.

Means in each column followed by the same letter are not significantly different

از لحاظ pH و اسیدیته بیشترین میزان به ترتیب (۵/۵۲۰) مربوط به تیمار محلول‌پاشی از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول و (۰/۰۳۱) میلی‌گرم در صد گرم) مربوط به تیمار محلول‌پاشی از ابتدای کاشت تا گلدهی و گلدهی تا میوه‌دهی بود و کمترین میزان (۵/۳۳۳) و (۰/۰۲۲) میلی‌گرم در صد گرم) در تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب) وجود داشت که از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌داری بودند. مادی (۲۰۰۹) بیان کرد تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام و ویتامین E با غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام باعث افزایش ویتامین C، بریکس و اسیدیته قابل تیتراسیون در گوجه‌فرنگی در طی دو فصل می‌شود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۱۷).

به‌طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد استفاده از هورمون اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۰^{-۴} از زمان کشت نشاء تا زمان برداشت محصول، باعث افزایش اجزای عملکرد شده و همچنین استفاده از این هورمون با غلظت ۱۰^{-۴} مولار از زمان کاشت نشاء تا زمان برداشت محصول افزایش میزان رنگدانه‌ها و کلروفیل کل که ناشی از افزایش فتوسنتز است را به‌همراه داشت که در نهایت افزایش کلروفیل باعث افزایش میزان کربوهیدرات‌ها در گیاه می‌شود.

منابع

1. Amin, A.L. 2008. Cadmium induced changes in pigment content, ion uptake, proline content and phosphoenolpyruvate carboxylase activity in *Triticum aestivum* seedlings. Aust. J. Basic. 4: 22-32.
2. Arnon, D.I. 1995. Photosynthesis by isolated chloroplast I.T. central concept and comparison of three prochemical reaction. Biochem. Biophys. Acta. 20: 440-446.
3. Bayat, H., Nemati, S.H., Tehrani far, A., Vahdati, N., and Salah Varzi, Y. 1391, Sci. Art Tech. of Greenhouse cultiv. 3: 11.
4. El Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Reg. 45: 215-224.
5. Fariduddin, Q., Hayat, S., and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in (*brassica juncea*). Phtosys. 41: 281-284.
6. Ghai, N., Setia, R.C., and Setia, N. 2002. Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L.(cv. GSL-1). Phytomorph. 52: 83-87.
7. Gutierrez-Coronado, M.A., Trejo-lopez, C., and Larque-Saavedra, A. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. Plant Physiol. Biochem. 36: 563-565.

8. Hapkinz, W.G. 1999. Introduction to plant physiology. John Wiley and Sons, New York.
9. Harper, J.R., and Balke, N.E. 1981. Characterization of the inhibition of K⁺ absorption in oats roots by salicylic acid. *Plant Physiol.* 68: 1349-1353.
10. Khan, W., Prithviraj, B., and Smith, D.L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *J. Plant Physiol.* 160: 485-492.
11. Khandaker, L., Masumakond, A.S.M.G., and Oba, Sh. 2011. Foliar application of salicylic acid improved the growth, yield and leaf bioactive compounds in red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.). 24: 77-86.
12. Khavari Nezhad, R. 1383. Effects of salicylic acid on Anthocyanin level herb (*Bellis perennis*). *Tarbiat Moallem Sci. J.* 3(4): 427-436.
13. Khodary, S.F.A. 2004. Effect of salicylic acid on growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *Int. J. Agric. Boil.* 6: 5-8.
14. Kumar, P., Lakshmi, N.J., and Mani, V.P. 2000. Interactive effects of salicylic acid and phytohormones on photosynthesis and grain yield of soybean (*Glycine max* L. *Merrill*). *Physiol. Mol. Biol. Plant.* 6: 179-186.
15. Larque-Saavedra, A. 1979. Stomatal closure in response to acetylsalicylic acid treatment. *Z. Pflanzen. Physiol.* 93(4): 371-375.
16. Mady, M.A. 2009. Effect of foliar application with salicylic acid and vitamin E on growth and productivity of tomato (*lepidium sativum*, mill) plant. *Agri. Mansoura Univ.* 34(6): 6735-6746.
17. Martín-Mex, R., Villanueva-Couoh, E., Uicab-Quijano, V., and Larqué-Saavedra, A. 2003. Positive effect of salicylic acid on the flowering of gloxinia. *Proceedings 31st Annual Meeting. Plant Growth Regulation Society of America.* Vancouver, Canada. Pp: 149-151.
18. Mazaheri Tirani, M. 2007. Evaluation of the characteristics of tomato productions, Ferdowsi University of Mashhad Press. 283p. (In Persian)
19. Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M., and Dietz, K.J. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Plant Physiol.* 132: 272-281.
20. Moharekar, S.T., Lokhande, S.D., Hara, T., Tanaka, R., Tanaka, A., and Chavan, P.D. 2003. Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents of wheat and moong seedlings. *Photosy.* 41: 315-317.
21. Peyvast, A.A. 2009. Market Gardening. Danesh pazir Rasht Pub. 6th Edition. Pp: 400-381. (In Persian)
22. Sinha, S.K., Srivastava, S.H., Tripath, R.D. 1993. Influence of some growth regulators and cations on inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in maize. *Bul Env. Contamin Toxic;* 51: 241-246.
23. Statistical Reports of Jihad Agriculture Organization, 2007. No. 86.01, designing and programming under secretary of Jihad Agriculture ministry.

24. Wanger, G.J. 1979. Content and vacuole/ extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanins in protoplast. *Plant Physic.* 64: 88-93.
25. Zhao, H.J., Lin, X.W., Shi, H.Z., and Chang, S.M. 1995. The regulating effect of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybeans. *Acta Agron. Sin.* 21: 351-35.

