مقاله پژوهشی

بررسی اثرات محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی استویا (*Stevia rebaudiana*)

حسن جلیل‌وند شیرخانی تبار[۱]، افشین توکلی*[۱]، فواد مرادی[۲] و فرید شکاری[۱]

[۱] دکتری گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

[۲] پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰٤/۲٦، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۷/۱۵)

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه استویا (*Stevia rebaudiana*) آزمایشی گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در قزوین اجرا شد. تیمارهای آزمایشی در چهار سطح محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید شامل شاهد (عدم کاربرد)، غلظت ۱۰۰، ۳۰۰ و ٦۰۰ میکرو مولار سه‌ماه پس از انتقال نشاها به گلخانه بود. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، وزن خشک بوته، وزن خشک برگ‌ها، وزن خشک شاخه‌ها، نسبت وزن خشک برگ‌ها به وزن خشک کل، درصد و عملکرد استویوزاید، ربودیوزاید-آ، ربودیوزاید-ب و ربودیوزاید-س بودند. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید اثرات افزایشی معنی‌داری بر کلیه صفات مورد ارزیابی بجز صفت شاخص سبزینگی (SPAD) داشت. به‌طوری‌که تیمار سطح ۱۰۰ میکرومولار باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، درصد استویوزاید، درصد و عملکرد ربودیوزاید- س (به‌ترتیب ۱۸/۲، ۹۱/۷، ۱٦۰ و ۱۸٦ درصد) نسبت به تیمار شاهد شد. با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید تا ۳۰۰ میکرومولار افزایش معنی‌داری در وزن خشک شاخه‌ها، وزن خشک برگ‌ها، وزن خشک بوته، عملکرد استویوزاید، درصد و عملکرد ربودیوزاید-آ (به‌ترتیب ۳/۹، ۱۰/۳، ۷/۰، ۸٤/٦، ۷۸/۳ و ۱۰۰/۰ درصد) نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد و درنهایت با اعمال تیمار ٦۰۰ میکرومولار، تعداد شاخه‌های فرعی، نسبت وزن خشک برگ‌ها به وزن خشک شاخه‌ها، درصد و عملکرد ربودیوزاید – ب (به‌ترتیب ۳٦۵/۸، ٤۳/۰، ۳۸۳/۳ و ۳٤٤/٤ درصد) نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در غلظت ۳۰۰ میکرو مولار می‌تواند در افزایش عملکرد کمّی و کیفی استویا مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: استویوزاید، ریبودیوزاید، سبزینگی، وزن خشک

مقدمه

استویا با نام علمی *Stevia rebaudiana*، گیاهی بوته‌ای، چند ساله و پرشاخه از خانواده Asteraceae و بومی نواحی برزیل و پاراگوئه است. بیش از ۱۰۰ هزار هکتار از اراضی دنیا از جمله کشورهای چین، پاراگوئه، برزیل و کلمبیا، هند، ژاپن، کنیا، کره جنوبی، تایوان، ویتنام و ایالات متحده آمریکا زیرکشت گیاه استویا است. در حال حاضر کشورهای آمریکا، ژاپن، چین و اتحادیه اروپا سهم بالایی در بازار تجارت استویا در در سطح

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: tavakoli@znu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.19.8]

جهان دارند (Jahangir Chughtai *et al*., 2020). این گیاه به‌دلیل داشتن ترکیبات طبیعی شیرین و کم کالری در برگ‌ها، دارای اهمیت اقتصادی بالایی است و می‌تواند جایگزین مناسبی برای شیرین‌کننده‌های مصنوعی و طبیعی باشد (Libik-Konieczny *et al*., 2018; Lokesh *et al*., 2018; Yadav *et al*., 2011). متابولیت‌های ثانویه این گیاه با پایه موادی به نام استویول گلیکوزیدها (Steviol glycosides or SGs) متعلق به دی‌ترپن‌های چهار حلقه‌ای (Tetrecyclic diterpenes) هستند که موجب طعم شیرین گیاه می‌شوند و با این وجود، در هنگام مصرف، این مواد متابولیزه نمی‌شوند، انرژی از آنها آزاد نمی‌گردد و بنابراین، برای افراد دیابتی مفید می‌باشند (Gantait and Mandal, 2015; Mejia-espejel *et al*., 2018).

از میان هشت ماده دی‌ترپن گلیکوزیدی شناسایی‌شده در برگ‌های این گیاه، چهار ماده استویوزاید (Stevioside)، ربودیوزاید-آ (Rebaudioside- A)، ربودیوزاید-س (Rebaudioside- C)، و دولکوزاید (Dulcoside) دارای اهمیت زیادی هستند (کریمی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Brandle and Telmer, 2007). استویوزاید و ربودیوزاید- آ ۲۰۰ تا ۳۰۰ برابر شیرین‌تر از شکر هستند و به‌ترتیب اولین و دومین شیرین کننده با فراوانی بالا در برگ را شامل می‌شوند که نسبت این دو جز، تعیین‌کننده کیفیت مزه در استویا است (Tansi *et al*., 2017; Tavakoli *et al*., 2019).

با توجه به ارزش تجاری استویول گلیکوزیدها، راهبردهای فنی برای افزایش این متابولیت‌های ثانویه در استویا ارائه شده و در این راستا، استفاده از محرک‌ها (به‌شیوه زیستی و غیرزیستی) به‌عنوان یک روش امیدبخش برای افزایش محتوای این ترکیبات در گیاهان مورد توجه قرار گرفته است (Tavakoli *et al*., 2019). مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی از مهم‌ترین عوامل کاربردی تأثیرگذار در الگوی رشد، جوانه‌زنی و سطوح مواد مؤثره گیاهان می‌باشند (Vakilzadeh Anaraki *et al*., 2014). سالیسیلیک اسید با نام اختصاری SA یا ارتو هیدروکسی بنزوئیک اسید (Ortho-hydroxybenzoic acid)، به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد و همچنین یک آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی بالقوه، یکی از چندین ترکیب فنلی در گیاهان است که نقش مهمی در تنظیم برخی فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان دارد و کاربرد آن در بهبود فرایند رشدونمو، تحمل به تنش‌ها و بیوسنتز فرآورده‌های بیوشیمیایی در برخی گیاهان از جمله گیاهان زراعی و دارویی گزارش شده است (Muthulakshmi and Lingakumar, 2017). در پژوهشی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر برخی صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی (درصد استویوزاید) گیاه استویا در چهار زمان برداشت بررسی و گزارش شد که سطوح مختلف این ماده فنولیک از صفر تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اثر معنی‌دار و مؤثری روی صفات مورد مطالعه داشت (El-Housini *et al*., 2014). محققان گزارش کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید در غلظت کم می‌تواند منجر به بهبود وزن تر و تجمع ماده خشک و در غلظت‌های بالا موجب کاهش این ویژگی‌های رشدی در گیاه آرابیدوپسیس گردد. همچنین، ظهور علائم ناشی از تیمار این هورمون اعم از افزایش یا کاهش رشد به شرایط محیطی در زمان کاربرد بستگی دارد (Hayat *et al*., 2010). در یک بررسی روی گیاه استویا، کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید به‌روش محلول‌پاشی در مقایسه با غلظت صفر، ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم در لیتر، منجر به افزایش معنی‌دار تعداد شاخه‌ها، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، سطح برگ و محتوای استویوزاید گردید. به‌طوری‌که، اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت ۷۵ میلی‌گرم در لیتر بر روی گیاه استویا در افزایش سطح برگ در چین سوم از فصل دوم برداشت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (El-Housini *et al*., 2014). برگ‌های گیاه استویا با درصد ماده مؤثره بالا دارای اهمیت اقتصادی زیادی است. بنابراین، با توجه به تأیید مطالعات محققین در خصوص تأثیر مثبت محلول‌پاشی هورمون سالیسیلیک اسید روی رشد و افزایش مواد مؤثره گیاهی، مقرون به صرفه‌بودن کاربرد وسیع آن در افزایش وزن خشک برگ و محتوای ماده مؤثره برخی گیاهان و از سوی دیگر، عدم وجود گزارشی مبنی بر اثر منفی این هورمون بر سلامت انسان، این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف هورمون سالیسیلیک اسید جهت افزایش عملکرد کمّی و کیفی گیاه استویا در شرایط

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.19.8]

گلخانه به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف هورمون سالیسیلیک اسید بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه استویا در گلخانه ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسماعیل آباد واقع در ده کیلومتری جنوب غربی شهر قزوین (۳۶ درجه ۱۵ دقیقه ۲۲ ثانیه شمالی و ۴۹ درجه ۵۴ دقیقه ۳۲ ثانیه شرقی با ارتفاع ۱۲۸۵ متر از سطح دریا) در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار محلول‌پاشی (شاهد، ۱۰۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید) صورت گرفت و هر تیمار شامل شش گلدان با قطر ۱۸ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر بود.

با توجه به پایین‌بودن قوه نامیه بذر استویا و به‌منظور داشتن جمعیتی همسان در کشت، از نشاءهای تجاری با میانگین ارتفاع ۲۰-۱۵ سانتی‌متر استفاده شد. خاک مورد استفاده در گلدان‌ها، خاک مزرعه با بافت لوم (۴۸٪ شن، ۳۵ ٪ سیلت و ۱۷٪ رس) بود. دمای گلخانه در روز و شب به‌ترتیب ۳۲ و۲۵ درجه سانتی‌گراد و طول روز ۱۵ ساعت تنظیم گردید. سه‌ماه پس از انتقال نشاء و استقرار کامل بوته، تیمار محلول‌پاشی با استفاده از سالیسیلیک اسید (SA) آزمایشگاهی (Merck Salicylic acid, 100631-Germany) در غلظت‌های مختلف همراه با مویان دی اکتیل تجاری با غلظت ۰/۳ در هزار طی ساعات پایانی روز به‌وسیله سمپاش دستی، اعمال شد. ۴۰ روز پس از اعمال تیمار محلول‌پاشی سالیسلیک اسید شاخص سبزینگی برگ توسط دستگاه SPAD 502 (Konica Minolta, Japan) بر روی آخرین برگ توسعه یافته اندازه‌گیری شد. همچنین، صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های فرعی تعیین شدند. سپس، از هر واحد آزمایشی نمونه‌برداری به‌صورت تخریبی انجام گرفت و دو بوته از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر بالای سطح خاک برداشت و در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت خشک شد و جهت ارزیابی صفات وزن خشک بوته، وزن خشک برگ‌ها در هر بوته، وزن خشک شاخه‌ها در هر بوته، نسبت وزن خشک برگ‌ها به وزن خشک کل هر بوته استفاده شد. به‌منظور استخراج استویوزاید، ربودیوزاید-آ، ربودیوزاید-ب و ربودیوزاید-س، میزان ۱۰۰ میلی‌گرم از نمونه برگ تازه پودر شده توسط نیتروژن مایع در یک میلی‌لیتر متانول ۷۰ درصد حل شده و سپس به‌مدت ده دقیقه در دستگاه اولتراسونیک (دمای۵۰ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد (Zeng *et al.*, 2013). پس از سانتریفیوژ نمونه‌ها (۷۰۰۰ دور در دقیقه) و گذر از فیلتر (۰/۲ میکرومتر)، غلظت مواد مؤثره با استفاده از دستگاه HPLC (Agilent, 1260 infinity II HPLC system, C18, length, 250 mm; inner diameter, Eclipse Analytical, USA) موجود در پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران (ABRII) توسط سیستم فاز متحرک حلال دوگانه ایزوکراتیک شامل مخلوط متانول: بافر فسفات سدیم (۶۸:۳۲)، شدت جریان عبور ثابت یک میلی‌لیتر در دقیقه و حجم تزریق نمونه ۲۰ میکرولیتر؛ مورد بررسی قرار گرفت. محلول استاندارد شاهد استویول‌های مورد ارزیابی در هشت غلظت ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام به‌صورت جداگانه تهیه و به سیستم HPLC تزریق شد و سپس معادله رگرسیون به‌منظور محاسبه غلظت هر یک از مواد مؤثره موجود در هر نمونه برازش داده شد. پس از انجام اندازه‌گیری‌ها و محاسبات لازم، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از جمله تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد توسط نرم‌افزارهای SAS 9 و Excel انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج نشان داد که اعمال تیمار هورمون تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد روی صفت ارتفاع بوته داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰ میکرومولار بود که نسبت به شاهد (عدم کاربرد هورمون) ۱۸/۲ درصد افزایش داشت و با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). سالارپور و فرح‌بخش (۱۳۹۳) گزارش کردند که محلول‌پاشی سالیسیلیک منجر به افزایش تعداد میانگره، طول

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.19.8]

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مختلف ارزیابی‌شده با اعمال تیمارهای مختلف هورمون سالیسیلیک اسید در گیاه استویا

منابع تغیر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه‌های فرعی	شاخص سبزینگی (SPAD)	وزن خشک شاخه‌ها	وزن خشک برگ‌ها	وزن خشک بوته	نسبت وزن برگ به شاخه‌ها
هورمون	۳	۵۴/۹**	۲۱۱۷/۴**	۲/۷۶^{ns}	۱۶/۷۷**	۵/۸۱**	۳۱/۶۶**	۰/۱۱**
خطا	۸	۴/۰	۴/۲۸	۱/۴۸	۰/۳۹	۰/۲۱	۰/۸	۰/۰۰۴
ضریب تغییرات (٪)		۳/۴۱	۴/۸۸	۴/۱۷	۴/۴۶	۳/۱۷	۳/۱۶	۶/۱۹

ns * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار و وجود تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

ادامه جدول ۱-

منابع تغیر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		درصد استویوزاید	درصد ربودیوزاید آ	درصد ربودیوزاید ب	درصد ربودیوزاید س	عملکرد استویوزاید	عملکرد ربودیوزاید آ	عملکرد ربودیوزاید ب	عملکرد ربودیوزاید س
هورمون	۳	۷/۲۸**	۱/۷۳**	۰/۰۳**	۰/۰۰۵**	۰/۱۳**	۰/۰۶**	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۰۰۷*
خطا	۸	۰/۲۸	۰/۱۷	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱
ضریب تغییرات (٪)		۱۰/۳۸	۱۲/۸۶	۱۷/۳۳	۲۵/۰۴	۱۱/۴۵	۱۳/۹۵	۱۵/۰۱	۲۷/۸۰

ns * و ** به‌ترتیب نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار و وجود تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مختلف ارزیابی‌شده با کاربرد غلظت‌های مختلف هورمون سالیسیلیک اسید در گیاه استویا

سطح هورمون	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد شاخه‌های فرعی	شاخص سبزینگی (SPAD)	وزن خشک شاخه‌ها (گرم در بوته)	وزن خشک برگ‌ها (گرم در بوته)	وزن خشک بوته (گرم در بوته)	نسبت برگ به شاخه‌ها
شاهد	۵۲/۷^{b}	۱۵/۸^{d}	۲۸/۴^{a}	۱۵/۵^{a}	۱۴/۵^{b}	۳۰/۰^{b}	۰/۹۳^{b}
$SA_{۱۰۰\mu M}$	۶۲/۳^{a}	۲۵/۷^{c}	۲۹/۲^{a}	۱۳/۴^{b}	۱۲/۶^{c}	۲۶/۰^{c}	۰/۹۴^{b}
$SA_{۳۰۰\mu M}$	۶۱^{a}	۵۴/۷^{b}	۲۸/۶^{a}	۱۶/۱^{a}	۱۶^{a}	۳۲/۱^{a}	۰/۹۹^{b}
$SA_{۶۰۰\mu M}$	۵۸/۶^{a}	۷۳/۶^{a}	۳۰/۵^{a}	۱۰/۹^{c}	۱۴/۴^{b}	۲۵/۳^{c}	۱/۳۳^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه در یک صفت، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

میانگره و به‌واسطه آنها ارتفاع گیاه رازیانه گردید. افزایش ارتفاع بوته در تیمارهای محلول‌پاشی نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد هورمون)، می‌تواند ناشی از افزایش تقسیم سلولی در ناحیه مریستم انتهایی گیاه باشد. افزایش ارتفاع در گیاه جو نیز در اثر افزایش کاربرد سالیسیلیک اسید تا غلظت ۰/۵ میلی‌مولار نیز گزارش شده است (منتظری و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار این صفت ($P \leq ۰/۰۱$) با صفت عملکرد استویوزاید، به‌منظور داشتن محتوای بیشتر از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.19.8]

ادامه جدول ۲-

سطح هورمون	درصد استویوزاید	درصد ربودیوزاید- آ	درصد ربودیوزاید- ب	درصد ربودیوزاید- س	عملکرد استویوزاید	عملکرد ربودیوزاید- آ	عملکرد ربودیوزاید- ب	عملکرد ربودیوزاید- س
	(گرم در بوته)							
شاهد	۳/٦ b	۲/۳c	۰/۰٦ c	۰/۰۵ b	۰/۵۲ b	۰/۳۳ c	۰/۰۰۹ d	۰/۰۰۷ b
$SA_{۱۰۰\mu M}$	٦/۹ a	۳/۲ b	۰/۱۵ b	۰/۱۳ a	۰/۸۷ a	۰/٤ bc	۰/۰۲c	۰/۰۲ a
$SA_{۳۰۰\mu M}$	٦/۰ a	٤/۱ a	۰/۱۷ b	۰/۰٦ b	۰/۹٦ a	۰/٦٦ a	۰/۰۳ b	۰/۰۰۹ b
$SA_{٦۰۰\mu M}$	٤/۱ b	۳/۳ b	۰/۲۹ a	۰/۱۱a	۰/۵۹ b	۰/٤۸ b	۰/۰٤ a	۰/۰۲ a

میانگین‌های با حروف مشابه در یک صفت، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار این صفت ($P \leq$ ۰/۰۱) با صفت عملکرد استویوزاید، به‌منظور داشتن محتوای بیشتر از این ماده مؤثره، می‌توان روی گیاهانی با ارتفاع بیشتر، مطالعه نمود (جدول ۳). روند کند در شدت افزایش میزان ارتفاع بوته با کاربرد سطح غلظت ۱۰۰ میکرومولار تا ٦۰۰ میکرومولار محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید می‌تواند به‌دلیل اختلال در مسیر بیوسنتزی سایر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از جمله مسیر فعالیت آنزیم انت کائورون سینتاز (Enthase kaurene synthase)، جیبرلیک اسید و برهم‌خوردن تعادل هورمونی گیاه بر اثر غلظت بیش از حد سالیسیلیک اسید باشد (پیراسته انوشه و امام، ۱۳۹۸؛ Hayat *et al.*, 2013).

تعداد شاخه‌های فرعی: اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر صفت تعداد شاخه‌های فرعی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). کاربرد سالیسیلیک اسید در غلظت ٦۰۰ میکرومولار منجر به افزایش تعداد شاخه‌های فرعی به میزان ۳٦۵/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد هورمون) گردید (جدول ۲). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار تعداد شاخه‌های فرعی و صفات کیفی، معادله رگرسیون خطی روی داده‌ها برازش داده شد و نتایج نشان داد که روند تغییرات تعداد شاخه‌های فرعی در پاسخ به کاربرد غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید به صورت خطی و افزایشی با شیب ۰/۰۹۸ بود (جدول ۳ و شکل ۱). روند افزایشی تعداد شاخه‌های فرعی با کاربرد غلظت ۱۰۰ تا ٦۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید نیز می‌تواند ناشی از کاهش غالبیت و رشد مریستم انتهایی و همچنین، تحریک رشد مریستم‌های جانبی و به عبارت دیگر تمایل گیاه به کوتاه‌تر و پرشاخه‌تر شدن باشد (Hayat *et al.*, 2013). در پژوهشی دیگر نیز گزارش شده است که تعداد شاخه‌های گیاهان ریحان و مرزنگوش در اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید افزایش یافت (Abdel and Gharib, 2006).

شاخص سبزینگی (SPAD): نتایج نشان داد که اثر کاربرد غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بر شاخص سبزینگی یا محتوای کلروفیل برگ معنی‌دار نبود (جدول ۱). کلروفیل به‌عنوان یکی از اجزای کلروپلاست نقش مهمی را در فرایند فتوسنتز ایفا می‌کند. غلظت‌های پایین رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌تواند به‌طور مستقیم پتانسیل فتوسنتز و تولیدات اولیه را محدود نماید (Anjum *et al.*, 2011). برخلاف مطالعه حاضر، افزایش میزان شاخص سبزینگی و رنگدانه‌های فتوسنتزی در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید به‌دلیل افزایش محتوای کلروفیل برگ در گیاهان چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) و خردل (*Brassica juncea*) گزارش شده است (Yusuf *et al.*, 2012; Ali *et al.*, 2012). محققان گزارش کردند که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید باعث تغییرات ساختار برگ از جمله کاهش ضخامت اپیدرم و مزوفیل در گیاه فیکوس (*Ficus deltoidea*) به‌همراه افزایش حجم کلروپلاست و تورم تیلاکوئیدها و تغلیظ مایع استروما می‌گردد و این موضوع در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.19.8]

جدول ۳- ضرایب همبستگی صفات مختلف مورد ارزیابی در بررسی اثر سالیسلیک اسید بر گیاه استویا

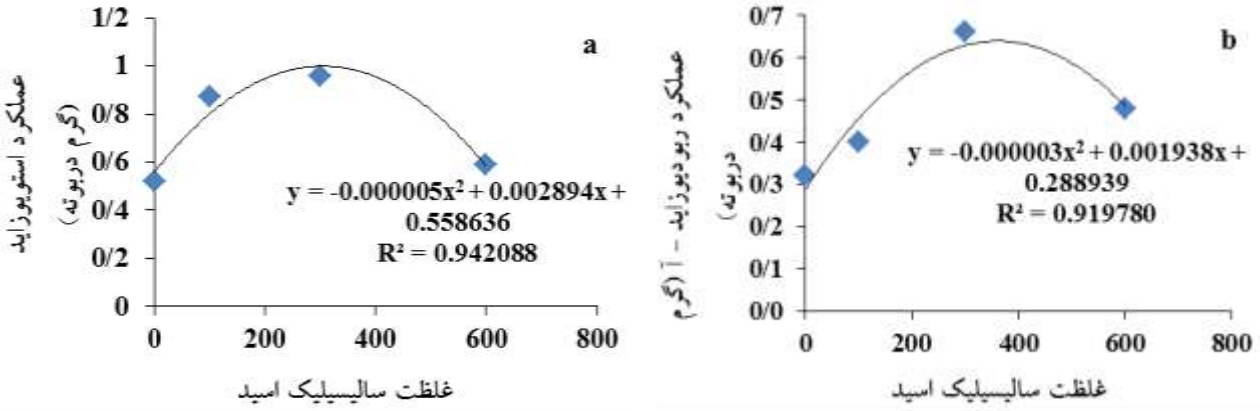
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
	ارتفاع بوته	تعداد شاخه‌های فرعی	شاخص سبزینگی (SPAD)	وزن خشک شاخه‌ها	وزن خشک برگ‌ها	وزن خشک بوته	نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک شاخه	درصد استویوزاید	درصد ریبودیوزاید- ب	درصد ریبودیوزاید- آ	عملکرد استویوزاید	عملکرد ریبودیوزاید- آ	ت- ۲۴؛۴۶؛۴۸؛ ۶۲؛ ۶۴؛ ۶۶؛ ۶۸؛ ۷۰؛ ۷۲؛ ۷۴؛ ۷۶؛ ۷۸؛ ۸۰؛ ۸۲؛ ۸۴؛ ۸۶؛ ۸۸؛ ۹۰؛ ۹۲؛ ۹۴؛ ۹۶؛ ۹۸؛ ۱۰۰؛ ۱۰۲؛ ۱۰۴؛ ۱۰۶؛ ۱۰۸؛ ۱۱۰؛ ۱۱۲؛ ۱۱۴؛ ۱۱۶؛ ۱۱۸؛ ۱۲۰؛ ۱۲۲؛ ۱۲۴؛ ۱۲۶؛ ۱۲۸؛ ۱۳۰؛ ۱۳۲؛ ۱۳۴؛ ۱۳۶؛ ۱۳۸؛ ۱۴۰؛ ۱۴۲؛ ۱۴۴؛ ۱۴۶؛ ۱۴۸؛ ۱۵۰؛ ۱۵۲؛ ۱۵۴؛ ۱۵۶؛ ۱۵۸؛ ۱۶۰؛ ۱۶۲؛ ۱۶۴؛ ۱۶۶؛ ۱۶۸؛ ۱۷۰؛ ۱۷۲؛ ۱۷۴؛ ۱۷۶؛ ۱۷۸؛ ۱۸۰؛ ۱۸۲؛ ۱۸۴؛ ۱۸۶؛ ۱۸۸؛ ۱۹۰؛ ۱۹۲؛ ۱۹۴؛ ۱۹۶؛ ۱۹۸؛ ۲۰۰؛ ۲۰۲؛ ۲۰۴؛ ۲۰۶؛ ۲۰۸؛ ۲۱۰؛ ۲۱۲؛ ۲۱۴؛ ۲۱۶؛ ۲۱۸؛ ۲۲۰؛ ۲۲۲؛ ۲۲۴؛ ۲۲۶؛ ۲۲۸؛ ۲۳۰؛ ۲۳۲؛ ۲۳۴؛ ۲۳۶؛ ۲۳۸؛ ۲۴۰؛ ۲۴۲؛ ۲۴۴؛ ۲۴۶؛ ۲۴۸؛ ۲۵۰؛ ۲۵۲؛ ۲۵۴؛ ۲۵۶؛ ۲۵۸؛ ۲۶۰؛ ۲۶۲؛ ۲۶۴؛ ۲۶۶؛ ۲۶۸؛ ۲۷۰؛ ۲۷۲؛ ۲۷۴؛ ۲۷۶؛ ۲۷۸؛ ۲۸۰؛ ۲۸۲؛ ۲۸۴؛ ۲۸۶؛ ۲۸۸؛ ۲۹۰؛ ۲۹۲؛ ۲۹۴؛ ۲۹۶؛ ۲۹۸؛ ۳۰۰؛ ۳۰۲؛ ۳۰۴؛ ۳۰۶؛ ۳۰۸؛ ۳۱۰؛ ۳۱۲؛ ۳۱۴؛ ۳۱۶؛ ۳۱۸؛ ۳۲۰؛ ۳۲۲؛ ۳۲۴؛ ۳۲۶؛ ۳۲۸؛ ۳۳۰؛ ۳۳۲؛ ۳۳۴؛ ۳۳۶؛ ۳۳۸؛ ۳۴۰؛ ۳۴۲؛ ۳۴۴؛ ۳۴۶؛ ۳۴۸؛ ۳۵۰؛ ۳۵۲؛ ۳۵۴؛ ۳۵۶؛ ۳۵۸؛ ۳۶۰؛ ۳۶۲؛ ۳۶۴؛ ۳۶۶؛ ۳۶۸؛ ۳۷۰؛ ۳۷۲؛ ۳۷۴؛ ۳۷۶؛ ۳۷۸؛ ۳۸۰؛ ۳۸۲؛ ۳۸۴؛ ۳۸۶؛ ۳۸۸؛ ۳۹۰؛ ۳۹۲؛ ۳۹۴؛ ۳۹۶؛ ۳۹۸؛ ۴۰۰؛ ۴۰۲؛ ۴۰۴؛ ۴۰۶؛ ۴۰۸؛ ۴۱۰؛ ۴۱۲؛ ۴۱۴؛ ۴۱۶؛ ۴۱۸؛ ۴۲۰؛ ۴۲۲؛ ۴۲۴؛ ۴۲۶؛ ۴۲۸؛ ۴۳۰؛ ۴۳۲؛ ۴۳۴؛ ۴۳۶؛ ۴۳۸؛ ۴۴۰؛ ۴۴۲؛ ۴۴۴؛ ۴۴۶؛ ۴۴۸؛ ۴۵۰؛ ۴۵۲؛ ۴۵۴؛ ۴۵۶؛ ۴۵۸؛ ۴۶۰؛ ۴۶۲؛ ۴۶۴؛ ۴۶۶؛ ۴۶۸؛ ۴۷۰؛ ۴۷۲؛ ۴۷۴؛ ۴۷۶؛ ۴۷۸؛ ۴۸۰؛ ۴۸۲؛ ۴۸۴؛ ۴۸۶؛ ۴۸۸؛ ۴۹۰؛ ۴۹۲؛ ۴۹۴؛ ۴۹۶؛ ۴۹۸؛ ۵۰۰؛ ۵۰۲؛ ۵۰۴؛ ۵۰۶؛ ۵۰۸؛ ۵۱۰؛ ۵۱۲؛ ۵۱۴؛ ۵۱۶؛ ۵۱۸؛ ۵۲۰؛ ۵۲۲؛ ۵۲۴؛ ۵۲۶؛ ۵۲۸؛ ۵۳۰؛ ۵۳۲؛ ۵۳۴؛ ۵۳۶؛ ۵۳۸؛ ۵۴۰؛ ۵۴۲؛ ۵۴۴؛ ۵۴۶؛ ۵۴۸؛ ۵۵۰؛ ۵۵۲؛ ۵۵۴؛ ۵۵۶؛ ۵۵۸؛ ۵۶۰؛ ۵۶۲؛ ۵۶۴؛ ۵۶۶؛ ۵۶۸؛ ۵۷۰؛ ۵۷۲؛ ۵۷۴؛ ۵۷۶؛ ۵۷۸؛ ۵۸۰؛ ۵۸۲؛ ۵۸۴؛ ۵۸۶؛ ۵۸۸؛ ۵۹۰؛ ۵۹۲؛ ۵۹۴؛ ۵۹۶؛ ۵۹۸؛ ۶۰۰؛ ۶۰۲؛ ۶۰۴؛ ۶۰۶؛ ۶۰۸؛ ۶۱۰؛ ۶۱۲؛ ۶۱۴؛ ۶۱۶؛ ۶۱۸؛ ۶۲۰؛ ۶۲۲؛ ۶۲۴؛ ۶۲۶؛ ۶۲۸؛ ۶۳۰؛ ۶۳۲؛ ۶۳۴؛ ۶۳۶؛ ۶۳۸؛ ۶۴۰؛ ۶۴۲؛ ۶۴۴؛ ۶۴۶؛ ۶۴۸؛ ۶۵۰؛ ۶۵۲؛ ۶۵۴؛ ۶۵۶؛ ۶۵۸؛ ۶۶۰؛ ۶۶۲؛ ۶۶۴؛ ۶۶۶؛ ۶۶۸؛ ۶۷۰؛ ۶۷۲؛ ۶۷۴؛ ۶۷۶؛ ۶۷۸؛ ۶۸۰؛ ۶۸۲؛ ۶۸۴؛ ۶۸۶؛ ۶۸۸؛ ۶۹۰؛ ۶۹۲؛ ۶۹۴؛ ۶۹۶؛ ۶۹۸؛ ۷۰۰؛ ۷۰۲؛ ۷۰۴؛ ۷۰۶؛ ۷۰۸؛ ۷۱۰؛ ۷۱۲؛ ۷۱۴؛ ۷۱۶؛ ۷۱۸؛ ۷۲۰؛ ۷۲۲؛ ۷۲۴؛ ۷۲۶؛ ۷۲۸؛ ۷۳۰؛ ۷۳۲؛ ۷۳۴؛ ۷۳۶؛ ۷۳۸؛ ۷۴۰؛ ۷۴۲؛ ۷۴۴؛ ۷۴۶؛ ۷۴۸؛ ۷۵۰؛ ۷۵۲؛ ۷۵۴؛ ۷۵۶؛ ۷۵۸؛ ۷۶۰؛ ۷۶۲؛ ۷۶۴؛ ۷۶۶؛ ۷۶۸؛ ۷۷۰؛ ۷۷۲؛ ۷۷۴؛ ۷۷۶؛ ۷۷۸؛ ۷۸۰؛ ۷۸۲؛ ۷۸۴؛ ۷۸۶؛ ۷۸۸؛ ۷۹۰؛ ۷۹۲؛ ۷۹۴؛ ۷۹۶؛ ۷۹۸؛ ۸۰۰؛ ۸۰۲؛ ۸۰۴؛ ۸۰۶؛ ۸۰۸؛ ۸۱۰؛ ۸۱۲؛ ۸۱۴؛ ۸۱۶؛ ۸۱۸؛ ۸۲۰؛ ۸۲۲؛ ۸۲۴؛ ۸۲۶؛ ۸۲۸؛ ۸۳۰؛ ۸۳۲؛ ۸۳۴؛ ۸۳۶؛ ۸۳۸؛ ۸۴۰؛ ۸۴۲؛ ۸۴۴؛ ۸۴۶؛ ۸۴۸؛ ۸۵۰؛ ۸۵۲؛ ۸۵۴؛ ۸۵۶؛ ۸۵۸؛ ۸۶۰؛ ۸۶۲؛ ۸۶۴؛ ۸۶۶؛ ۸۶۸؛ ۸۷۰؛ ۸۷۲؛ ۸۷۴؛ ۸۷۶؛ ۸۷۸؛ ۸۸۰؛ ۸۸۲؛ ۸۸۴؛ ۸۸۶؛ ۸۸۸؛ ۸۹۰؛ ۸۹۲؛ ۸۹۴؛ ۸۹۶؛ ۸۹۸؛ ۹۰۰؛ ۹۰۲؛ ۹۰۴؛ ۹۰۶؛ ۹۰۸؛ ۹۱۰؛ ۹۱۲؛ ۹۱۴؛ ۹۱۶؛ ۹۱۸؛ ۹۲۰؛ ۹۲۲؛ ۹۲۴؛ ۹۲۶؛ ۹۲۸؛ ۹۳۰؛ ۹۳۲؛ ۹۳۴؛ ۹۳۶؛ ۹۳۸؛ ۹۴۰؛ ۹۴۲؛ ۹۴۴؛ ۹۴۶؛ ۹۴۸؛ ۹۵۰؛ ۹۵۲؛ ۹۵۴؛ ۹۵۶؛ ۹۵۸؛ ۹۶۰؛ ۹۶۲؛ ۹۶۴؛ ۹۶۶؛ ۹۶۸؛ ۹۷۰؛ ۹۷۲؛ ۹۷۴؛ ۹۷۶؛ ۹۷۸؛ ۹۸۰؛ ۹۸۲؛ ۹۸۴؛ ۹۸۶؛ ۹۸۸؛ ۹۹۰؛ ۹۹۲؛ ۹۹۴؛ ۹۹۶؛ ۹۹۸؛ ۱۰۰۰؛ ۱۰۰۲؛ ۱۰۰۴؛ ۱۰۰۶؛ ۱۰۰۸؛ ۱۰۱۰؛ ۱۰۱۲؛ ۱۰۱۴؛ ۱۰۱۶؛ ۱۰۱۸؛ ۱۰۲۰؛ ۱۰۲۲؛ ۱۰۲۴؛ ۱۰۲۶؛ ۱۰۲۸؛ ۱۰۳۰؛ ۱۰۳۲؛ ۱۰۳۴؛ ۱۰۳۶؛ ۱۰۳۸؛ ۱۰۴۰؛ ۱۰۴۲؛ ۱۰۴۴؛ ۱۰۴۶؛ ۱۰۴۸؛ ۱۰۵۰؛ ۱۰۵۲؛ ۱۰۵۴؛ ۱۰۵۶؛ ۱۰۵۸؛ ۱۰۶۰؛ ۱۰۶۲؛ ۱۰۶۴؛ ۱۰۶۶؛ ۱۰۶۸؛ ۱۰۷۰؛ ۱۰۷۲؛ ۱۰۷۴؛ ۱۰۷۶؛ ۱۰۷۸؛ ۱۰۸۰؛ ۱۰۸۲؛ ۱۰۸۴؛ ۱۰۸۶؛ ۱۰۸۸؛ ۱۰۹۰؛ ۱۰۹۲؛ ۱۰۹۴؛ ۱۰۹۶؛ ۱۰۹۸؛ ۱۱۰۰؛ ۱۱۰۲؛ ۱۱۰۴؛ ۱۱۰۶؛ ۱۱۰۸؛ ۱۱۱۰؛ ۱۱۱۲؛ ۱۱۱۴؛ ۱۱۱۶؛ ۱۱۱۸؛ ۱۱۲۰؛ ۱۱۲۲؛ ۱۱۲۴؛ ۱۱۲۶؛ ۱۱۲۸؛ ۱۱۳۰؛ ۱۱۳۲؛ ۱۱۳۴؛ ۱۱۳۶؛ ۱۱۳۸؛ ۱۱۴۰؛ ۱۱۴۲؛ ۱۱۴۴؛ ۱۱۴۶؛ ۱۱۴۸؛ ۱۱۵۰؛ ۱۱۵۲؛ ۱۱۵۴؛ ۱۱۵۶؛ ۱۱۵۸؛ ۱۱۶۰؛ ۱۱۶۲؛ ۱۱۶۴؛ ۱۱۶۶؛ ۱۱۶۸؛ ۱۱۷۰؛ ۱۱۷۲؛ ۱۱۷۴؛ ۱۱۷۶؛ ۱۱۷۸؛ ۱۱۸۰؛ ۱۱۸۲؛ ۱۱۸۴؛ ۱۱۸۶؛ ۱۱۸۸؛ ۱۱۹۰؛ ۱۱۹۲؛ ۱۱۹۴؛ ۱۱۹۶؛ ۱۱۹۸؛ ۱۲۰۰؛ ۱۲۰۲؛ ۱۲۰۴؛ ۱۲۰۶؛ ۱۲۰۸؛ ۱۲۱۰؛ ۱۲۱۲؛ ۱۲۱۴؛ ۱۲۱۶؛ ۱۲۱۸؛ ۱۲۲۰؛ ۱۲۲۲؛ ۱۲۲۴؛ ۱۲۲۶؛ ۱۲۲۸؛ ۱۲۳۰؛ ۱۲۳۲؛ ۱۲۳۴؛ ۱۲۳۶؛ ۱۲۳۸؛ ۱۲۴۰؛ ۱۲۴۲؛ ۱۲۴۴؛ ۱۲۴۶؛ ۱۲۴۸؛ ۱۲۵۰؛ ۱۲۵۲؛ ۱۲۵۴؛ ۱۲۵۶؛ ۱۲۵۸؛ ۱۲۶۰؛ ۱۲۶۲؛ ۱۲۶۴؛ ۱۲۶۶؛ ۱۲۶۸؛ ۱۲۷۰؛ ۱۲۷۲؛ ۱۲۷۴؛ ۱۲۷۶؛ ۱۲۷۸؛ ۱۲۸۰؛ ۱۲۸۲؛ ۱۲۸۴؛ ۱۲۸۶؛ ۱۲۸۸؛ ۱۲۹۰؛ ۱۲۹۲؛ ۱۲۹۴؛ ۱۲۹۶؛ ۱۲۹۸؛ ۱۳۰۰؛ ۱۳۰۲؛ ۱۳۰۴؛ ۱۳۰۶؛ ۱۳۰۸؛ ۱۳۱۰؛ ۱۳۱۲؛ ۱۳۱۴؛ ۱۳۱۶؛ ۱۳۱۸؛ ۱۳۲۰؛ ۱۳۲۲؛ ۱۳۲۴؛ ۱۳۲۶؛ ۱۳۲۸؛ ۱۳۳۰؛ ۱۳۳۲؛ ۱۳۳۴؛ ۱۳۳۶؛ ۱۳۳۸؛ ۱۳۴۰؛ ۱۳۴۲؛ ۱۳۴۴؛ ۱۳۴۶؛ ۱۳۴۸؛ ۱۳۵۰؛ ۱۳۵۲؛ ۱۳۵۴؛ ۱۳۵۶؛ ۱۳۵۸؛ ۱۳۶۰؛ ۱۳۶۲؛ ۱۳۶۴؛ ۱۳۶۶؛ ۱۳۶۸؛ ۱۳۷۰؛ ۱۳۷۲؛ ۱۳۷۴؛ ۱۳۷۶؛ ۱۳۷۸؛ ۱۳۸۰؛ ۱۳۸۲؛ ۱۳۸۴؛ ۱۳۸۶؛ ۱۳۸۸؛ ۱۳۹۰؛ ۱۳۹۲؛ ۱۳۹۴؛ ۱۳۹۶؛ ۱۳۹۸؛ ۱۴۰۰؛ ۱۴۰۲؛ ۱۴۰۴؛ ۱۴۰۶؛ ۱۴۰۸؛ ۱۴۱۰؛ ۱۴۱۲؛ ۱۴۱۴؛ ۱۴۱۶؛ ۱۴۱۸؛ ۱۴۲۰؛ ۱۴۲۲؛ ۱۴۲۴؛ ۱۴۲۶؛ ۱۴۲۸؛ ۱۴۳۰؛ ۱۴۳۲؛ ۱۴۳۴؛ ۱۴۳۶؛ ۱۴۳۸؛ ۱۴۴۰؛ ۱۴۴۲؛ ۱۴۴۴؛ ۱۴۴۶؛ ۱۴۴۸؛ ۱۴۵۰؛ ۱۴۵۲؛ ۱۴۵۴؛ ۱۴۵۶؛ ۱۴۵۸؛ ۱۴۶۰؛ ۱۴۶۲؛ ۱۴۶۴؛ ۱۴۶۶؛ ۱۴۶۸؛ ۱۴۷۰؛ ۱۴۷۲؛ ۱۴۷۴؛ ۱۴۷۶؛ ۱۴۷۸؛ ۱۴۸۰؛ ۱۴۸۲؛ ۱۴۸۴؛ ۱۴۸۶؛ ۱۴۸۸؛ ۱۴۹۰؛ ۱۴۹۲؛ ۱۴۹۴؛ ۱۴۹۶؛ ۱۴۹۸؛ ۱۵۰۰؛ ۱۵۰۲؛ ۱۵۰۴؛ ۱۵۰۶؛ ۱۵۰۸؛ ۱۵۱۰؛ ۱۵۱۲؛ ۱۵۱۴؛ ۱۵۱۶؛ ۱۵۱۸؛ ۱۵۲۰؛ ۱۵۲۲؛ ۱۵۲۴؛ ۱۵۲۶؛ ۱۵۲۸؛ ۱۵۳۰؛ ۱۵۳۲؛ ۱۵۳۴؛ ۱۵۳۶؛ ۱۵۳۸؛ ۱۵۴۰؛ ۱۵۴۲؛ ۱۵۴۴؛ ۱۵۴۶؛ ۱۵۴۸؛ ۱۵۵۰؛ ۱۵۵۲؛ ۱۵۵۴؛ ۱۵۵۶؛ ۱۵۵۸؛ ۱۵۶۰؛ ۱۵۶۲؛ ۱۵۶۴؛ ۱۵۶۶؛ ۱۵۶۸؛ ۱۵۷۰؛ ۱۵۷۲؛ ۱۵۷۴؛ ۱۵۷۶؛ ۱۵۷۸؛ ۱۵۸۰؛ ۱۵۸۲؛ ۱۵۸۴؛ ۱۵۸۶؛ ۱۵۸۸؛ ۱۵۹۰؛ ۱۵۹۲؛ ۱۵۹۴؛ ۱۵۹۶؛ ۱۵۹۸؛ ۱۶۰۰؛ ۱۶۰۲؛ ۱۶۰۴؛ ۱۶۰۶؛ ۱۶۰۸؛ ۱۶۱۰؛ ۱۶۱۲؛ ۱۶۱۴؛ ۱۶۱۶؛ ۱۶۱۸؛ ۱۶۲۰؛ ۱۶۲۲؛ ۱۶۲۴؛ ۱۶۲۶؛ ۱۶۲۸؛ ۱۶۳۰؛ ۱۶۳۲؛ ۱۶۳۴؛ ۱۶۳۶؛ ۱۶۳۸؛ ۱۶۴۰؛ ۱۶۴۲؛ ۱۶۴۴؛ ۱۶۴۶؛ ۱۶۴۸؛ ۱۶۵۰؛ ۱۶۵۲؛ ۱۶۵۴؛ ۱۶۵۶؛ ۱۶۵۸؛ ۱۶۶۰؛ ۱۶۶۲؛ ۱۶۶۴؛ ۱۶۶۶؛ ۱۶۶۸؛ ۱۶۷۰؛ ۱۶۷۲؛ ۱۶۷۴؛ ۱۶۷۶؛ ۱۶۷۸؛ ۱۶۸۰؛ ۱۶۸۲؛ ۱۶۸۴؛ ۱۶۸۶؛ ۱۶۸۸؛ ۱۶۹۰؛ ۱۶۹۲؛ ۱۶۹۴؛ ۱۶۹۶؛ ۱۶۹۸؛ ۱۷۰۰؛ ۱۷۰۲؛ ۱۷۰۴؛ ۱۷۰۶؛ ۱۷۰۸؛ ۱۷۱۰؛ ۱۷۱۲؛ ۱۷۱۴؛ ۱۷۱۶؛ ۱۷۱۸؛ ۱۷۲۰؛ ۱۷۲۲؛ ۱۷۲۴؛ ۱۷۲۶؛ ۱۷۲۸؛ ۱۷۳۰؛ ۱۷۳۲؛ ۱۷۳۴؛ ۱۷۳۶؛ ۱۷۳۸؛ ۱۷۴۰؛ ۱۷۴۲؛ ۱۷۴۴؛ ۱۷۴۶؛ ۱۷۴۸؛ ۱۷۵۰؛ ۱۷۵۲؛ ۱۷۵۴؛ ۱۷۵۶؛ ۱۷۵۸؛ ۱۷۶۰؛ ۱۷۶۲؛ ۱۷۶۴؛ ۱۷۶۶؛ ۱۷۶۸؛ ۱۷۷۰؛ ۱۷۷۲؛ ۱۷۷۴؛ ۱۷۷۶؛ ۱۷۷۸؛ ۱۷۸۰؛ ۱۷۸۲؛ ۱۷۸۴؛ ۱۷۸۶؛ ۱۷۸۸؛ ۱۷۹۰؛ ۱۷۹۲؛ ۱۷۹۴؛ ۱۷۹۶؛ ۱۷۹۸؛ ۱۸۰۰؛ ۱۸۰۲؛ ۱۸۰۴؛ ۱۸۰۶؛ ۱۸۰۸؛ ۱۸۱۰؛ ۱۸۱۲؛ ۱۸۱۴؛ ۱۸۱۶؛ ۱۸۱۸؛ ۱۸۲۰؛ ۱۸۲۲؛ ۱۸۲۴؛ ۱۸۲۶؛ ۱۸۲۸؛ ۱۸۳۰؛ ۱۸۳۲؛ ۱۸۳۴؛ ۱۸۳۶؛ ۱۸۳۸؛ ۱۸۴۰؛ ۱۸۴۲؛ ۱۸۴۴؛ ۱۸۴۶؛ ۱۸۴۸؛ ۱۸۵۰؛ ۱۸۵۲؛ ۱۸۵۴؛ ۱۸۵۶؛ ۱۸۵۸؛ ۱۸۶۰؛ ۱۸۶۲؛ ۱۸۶۴؛ ۱۸۶۶؛ ۱۸۶۸؛ ۱۸۷۰؛ ۱۸۷۲؛ ۱۸۷۴؛ ۱۸۷۶؛ ۱۸۷۸؛ ۱۸۸۰؛ ۱۸۸۲؛ ۱۸۸۴؛ ۱۸۸۶؛ ۱۸۸۸؛ ۱۸۹۰؛ ۱۸۹۲؛ ۱۸۹۴؛ ۱۸۹۶؛ ۱۸۹۸؛ ۱۹۰۰؛ ۱۹۰۲؛ ۱۹۰۴؛ ۱۹۰۶؛ ۱۹۰۸؛ ۱۹۱۰؛ ۱۹۱۲؛ ۱۹۱۴؛ ۱۹۱۶؛ ۱۹۱۸؛ ۱۹۲۰؛ ۱۹۲۲؛ ۱۹۲۴؛ ۱۹۲۶؛ ۱۹۲۸؛ ۱۹۳۰؛ ۱۹۳۲؛ ۱۹۳۴؛ ۱۹۳۶؛ ۱۹۳۸؛ ۱۹۴۰؛ ۱۹۴۲؛ ۱۹۴۴؛ ۱۹۴۶؛ ۱۹۴۸؛ ۱۹۵۰؛ ۱۹۵۲؛ ۱۹۵۴؛ ۱۹۵۶؛ ۱۹۵۸؛ ۱۹۶۰؛ ۱۹۶۲؛ ۱۹۶۴؛ ۱۹۶۶؛ ۱۹۶۸؛ ۱۹۷۰؛ ۱۹۷۲؛ ۱۹۷۴؛ ۱۹۷۶؛ ۱۹۷۸؛ ۱۹۸۰؛ ۱۹۸۲؛ ۱۹۸۴؛ ۱۹۸۶؛ ۱۹۸۸؛ ۱۹۹۰؛ ۱۹۹۲؛ ۱۹۹۴؛ ۱۹۹۶؛ ۱۹۹۸؛ ۲۰۰۰؛ ۲۰۰۲؛ ۲۰۰۴؛ ۲۰۰۶؛ ۲۰۰۸؛ ۲۰۱۰؛ ۲۰۱۲؛ ۲۰۱۴؛ ۲۰۱۶؛ ۲۰۱۸؛ ۲۰۲۰؛ ۲۰۲۲؛ ۲۰۲۴؛ ۲۰۲۶؛ ۲۰۲۸؛ ۲۰۳۰؛ ۲۰۳۲؛ ۲۰۳۴؛ ۲۰۳۶؛ ۲۰۳۸؛ ۲۰۴۰؛ ۲۰۴۲؛ ۲۰۴۴؛ ۲۰۴۶؛ ۲۰۴۸؛ ۲۰۵۰؛ ۲۰۵۲؛ ۲۰۵۴؛ ۲۰۵۶؛ ۲۰۵۸؛ ۲۰۶۰؛ ۲۰۶۲؛ ۲۰۶۴؛ ۲۰۶۶؛ ۲۰۶۸؛ ۲۰۷۰؛ ۲۰۷۲؛ ۲۰۷۴؛ ۲۰۷۶؛ ۲۰۷۸؛ ۲۰۸۰؛ ۲۰۸۲؛ ۲۰۸۴؛ ۲۰۸۶؛ ۲۰۸۸؛ ۲۰۹۰؛ ۲۰۹۲؛ ۲۰۹۴؛ ۲۰۹۶؛ ۲۰۹۸؛ ۲۱۰۰؛ ۲۱۰۲؛ ۲۱۰۴؛ ۲۱۰۶؛ ۲۱۰۸؛ ۲۱۱۰؛ ۲۱۱۲؛ ۲۱۱۴؛ ۲۱۱۶؛ ۲۱۱۸؛ ۲۱۲۰؛ ۲۱۲۲؛ ۲۱۲۴؛ ۲۱۲۶؛ ۲۱۲۸؛ ۲۱۳۰؛ ۲۱۳۲؛ ۲۱۳۴؛ ۲۱۳۶؛ ۲۱۳۸؛ ۲۱۴۰؛ ۲۱۴۲؛ ۲۱۴۴؛ ۲۱۴۶؛ ۲۱۴۸؛ ۲۱۵۰؛ ۲۱۵۲؛ ۲۱۵۴؛ ۲۱۵۶؛ ۲۱۵۸؛ ۲۱۶۰؛ ۲۱۶۲؛ ۲۱۶۴؛ ۲۱۶۶؛ ۲۱۶۸؛ ۲۱۷۰؛ ۲۱۷۲؛ ۲۱۷۴؛ ۲۱۷۶؛ ۲۱۷۸؛ ۲۱۸۰؛ ۲۱۸۲؛ ۲۱۸۴؛ ۲۱۸۶؛ ۲۱۸۸؛ ۲۱۹۰؛ ۲۱۹۲؛ ۲۱۹۴؛ ۲۱۹۶؛ ۲۱۹۸؛ ۲۲۰۰؛ ۲۲۰۲؛ ۲۲۰۴؛ ۲۲۰۶؛ ۲۲۰۸؛ ۲۲۱۰؛ ۲۲۱۲؛ ۲۲۱۴؛ ۲۲۱۶؛ ۲۲۱۸؛ ۲۲۲۰؛ ۲۲۲۲؛ ۲۲۲۴؛ ۲۲۲۶؛ ۲۲۲۸؛ ۲۲۳۰؛ ۲۲۳۲؛ ۲۲۳۴؛ ۲۲۳۶؛ ۲۲۳۸؛ ۲۲۴۰؛ ۲۲۴۲؛ ۲۲۴۴؛ ۲۲۴۶؛ ۲۲۴۸؛ ۲۲۵۰؛ ۲۲۵۲؛ ۲۲۵۴؛ ۲۲۵۶؛ ۲۲۵۸؛ ۲۲۶۰؛ ۲۲۶۲؛ ۲۲۶۴؛ ۲۲۶۶؛ ۲۲۶۸؛ ۲۲۷۰؛ ۲۲۷۲؛ ۲۲۷۴؛ ۲۲۷۶؛ ۲۲۷۸؛ ۲۲۸۰؛ ۲۲۸۲؛ ۲۲۸۴؛ ۲۲۸۶؛ ۲۲۸۸؛ ۲۲۹۰؛ ۲۲۹۲؛ ۲۲۹۴؛ ۲۲۹۶؛ ۲۲۹۸؛ ۲۳۰۰؛ ۲۳۰۲؛ ۲۳۰۴؛ ۲۳۰۶؛ ۲۳۰۸؛ ۲۳۱۰؛ ۲۳۱۲؛ ۲۳۱۴؛ ۲۳۱۶؛ ۲۳۱۸؛ ۲۳۲۰؛ ۲۳۲۲؛ ۲۳۲۴؛ ۲۳۲۶؛ ۲۳۲۸؛ ۲۳۳۰؛ ۲۳۳۲؛ ۲۳۳۴؛ ۲۳۳۶؛ ۲۳۳۸؛ ۲۳۴۰؛ ۲۳۴۲؛ ۲۳۴۴؛ ۲۳۴۶؛ ۲۳۴۸؛ ۲۳۵۰؛ ۲۳۵۲؛ ۲۳۵۴؛ ۲۳۵۶؛ ۲۳۵۸؛ ۲۳۶۰؛ ۲۳۶۲؛ ۲۳۶۴؛ ۲۳۶۶؛ ۲۳۶۸؛ ۲۳۷۰؛ ۲۳۷۲؛ ۲۳۷۴؛ ۲۳۷۶؛ ۲۳۷۸؛ ۲۳۸۰؛ ۲۳۸۲؛ ۲۳۸۴؛ ۲۳۸۶؛ ۲۳۸۸؛ ۲۳۹۰؛ ۲۳۹۲؛ ۲۳۹۴؛ ۲۳۹۶؛ ۲۳۹۸؛ ۲۴۰۰؛ ۲۴۰۲؛ ۲۴۰۴؛ ۲۴۰۶؛ ۲۴۰۸؛ ۲۴۱۰؛ ۲۴۱۲؛ ۲۴۱۴؛ ۲۴۱۶؛ ۲۴۱۸؛ ۲۴۲۰؛ ۲۴۲۲؛ ۲۴۲۴؛ ۲۴۲۶؛ ۲۴۲۸؛ ۲۴۳۰؛ ۲۴۳۲؛ ۲۴۳۴؛ ۲۴۳۶؛ ۲۴۳۸؛ ۲۴۴۰؛ ۲۴۴۲؛ ۲۴۴۴؛ ۲۴۴۶؛ ۲۴۴۸؛ ۲۴۵۰؛ ۲۴۵۲؛ ۲۴۵۴؛ ۲۴۵۶؛ ۲۴۵۸؛ ۲۴۶۰؛ ۲۴۶۲؛ ۲۴۶۴؛ ۲۴۶۶؛ ۲۴۶۸؛ ۲۴۷۰؛ ۲۴۷۲؛ ۲۴۷۴؛ ۲۴۷۶؛ ۲۴۷۸؛ ۲۴۸۰؛ ۲۴۸۲؛ ۲۴۸۴؛ ۲۴۸۶؛ ۲۴۸۸؛ ۲۴۹۰؛ ۲۴۹۲؛ ۲۴۹۴؛ ۲۴۹۶؛ ۲۴۹۸؛ ۲۵۰۰؛ ۲۵۰۲؛ ۲۵۰۴؛ ۲۵۰۶؛ ۲۵۰۸؛ ۲۵۱۰؛ ۲۵۱۲؛ ۲۵۱۴؛ ۲۵۱۶؛ ۲۵۱۸؛ ۲۵۲۰؛ ۲۵۲۲؛ ۲۵۲۴؛ ۲۵۲۶؛ ۲۵۲۸؛ ۲۵۳۰؛ ۲۵۳۲؛ ۲۵۳۴؛ ۲۵۳۶؛ ۲۵۳۸؛ ۲۵۴۰؛ ۲۵۴۲؛ ۲۵۴۴؛ ۲۵۴۶؛ ۲۵۴۸؛ ۲۵۵۰؛ ۲۵۵۲؛ ۲۵۵۴؛ ۲۵۵۶؛ ۲۵۵۸؛ ۲۵۶۰؛ ۲۵۶۲؛ ۲۵۶۴؛ ۲۵۶۶؛ ۲۵۶۸؛ ۲۵۷۰؛ ۲۵۷۲؛ ۲۵۷۴؛ ۲۵۷۶؛ ۲۵۷۸؛ ۲۵۸۰؛ ۲۵۸۲؛ ۲۵۸۴؛ ۲۵۸۶؛ ۲۵۸۸؛ ۲۵۹۰؛ ۲۵۹۲؛ ۲۵۹۴؛ ۲۵۹۶؛ ۲۵۹۸؛ ۲۶۰۰؛ ۲۶۰۲؛ ۲۶۰۴؛ ۲۶۰۶؛ ۲۶۰۸؛ ۲۶۱۰؛ ۲۶۱۲؛ ۲۶۱۴؛ ۲۶۱۶؛ ۲۶۱۸؛ ۲۶۲۰؛ ۲۶۲۲؛ ۲۶۲۴؛ ۲۶۲۶؛ ۲۶۲۸؛ ۲۶۳۰؛ ۲۶۳۲؛ ۲۶۳۴؛ ۲۶۳۶؛ ۲۶۳۸؛ ۲۶۴۰؛ ۲۶۴۲؛ ۲۶۴۴؛ ۲۶۴۶؛ ۲۶۴۸؛ ۲۶۵۰؛ ۲۶۵۲؛ ۲۶۵۴؛ ۲۶۵۶؛ ۲۶۵۸؛ ۲۶۶۰؛ ۲۶۶۲؛ ۲۶۶۴؛ ۲۶۶۶؛ ۲۶۶۸؛ ۲۶۷۰؛ ۲۶۷۲؛ ۲۶۷۴؛ ۲۶۷۶؛ ۲۶۷۸؛ ۲۶۸۰؛ ۲۶۸۲؛ ۲۶۸۴؛ ۲۶۸۶؛ ۲۶۸۸؛ ۲۶۹۰؛ ۲۶۹۲؛ ۲۶۹۴؛ ۲۶۹۶؛ ۲۶۹۸؛ ۲۷۰۰؛ ۲۷۰۲؛ ۲۷۰۴؛ ۲۷۰۶؛ ۲۷۰۸؛ ۲۷۱۰؛ ۲۷۱۲؛ ۲۷۱۴؛ ۲۷۱۶؛ ۲۷۱۸؛ ۲۷۲۰؛ ۲۷۲۲؛ ۲۷۲۴؛ ۲۷۲۶؛ ۲۷۲۸؛ ۲۷۳۰؛ ۲۷۳۲؛ ۲۷۳۴؛ ۲۷۳۶؛ ۲۷۳۸؛ ۲۷۴۰؛ ۲۷۴۲؛ ۲۷۴۴؛ ۲۷۴۶؛ ۲۷۴۸؛ ۲۷۵۰؛ ۲۷۵۲؛ ۲۷۵۴؛ ۲۷۵۶؛ ۲۷۵۸؛ ۲۷۶۰؛ ۲۷۶۲؛ ۲۷۶۴؛ ۲۷۶۶؛ ۲۷۶۸؛ ۲۷۷۰؛ ۲۷۷۲؛ ۲۷۷۴؛ ۲۷۷۶؛ ۲۷۷۸؛ ۲۷۸۰؛ ۲۷۸۲؛ ۲۷۸۴؛ ۲۷۸۶؛ ۲۷۸۸؛ ۲۷۹۰؛ ۲۷۹۲؛ ۲۷۹۴؛ ۲۷۹۶؛ ۲۷۹۸؛ ۲۸۰۰؛ ۲۸۰۲؛ ۲۸۰۴؛ ۲۸۰۶؛ ۲۸۰۸؛ ۲۸۱۰؛ ۲۸۱۲؛ ۲

در غلظت‌های ۱۰۰ و ۶۰۰ میکرومولار، وزن خشک شاخه‌ها به‌ترتیب با ۱۳/۵ و ۲۹/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. با توجه به اینکه با افزایش غلظت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید تعداد شاخه‌های فرعی افزایش ولی وزن آنها کاهش یافته است؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که این هورمون بیشتر در شاخه‌زایی گیاه استویا و به همین واسطه در پر برگ‌تر شدن آن روی شاخه‌های فرعی نقش مهمی دارد که با نتایج راستگو و همکاران (۱۳۹۸) نیز مطابقت دارد. نتایج نشان داد که وزن خشک شاخه‌ها همبستگی منفی و معنی‌داری با محتوای ربودیوزاید-ب و ربودیوزاید-س به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد داشت (جدول ۳). این موضوع به‌واسطه افزایش میزان تنفس، کاهش تثبیت دی‌اکسید کربن و درنتیجه کاهش تولیدات فتوسنتزی و متابولیت‌ها می‌تواند منجر به کاهش عملکرد کیفی گیاه استویا (ربودیوزاید ب و س) گردد.

وزن خشک برگ‌ها، وزن خشک بوته و نسبت وزن خشک برگ‌ها به وزن خشک شاخه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کاربرد هورمون سالیسیلیک اسید بر صفات وزن خشک برگ‌ها، وزن خشک بوته و نسبت وزن خشک برگ‌ها به وزن خشک شاخه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). کاربرد محلول‌پاشی هورمون سالیسیلیک اسید در غلظت ۳۰۰ میکرومولار، منجر به افزایش وزن خشک برگ‌ها و وزن خشک بوته به‌ترتیب به میزان ۱۰/۳ و ۷/۰ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید. ویژگی‌های کیفی استویا مانند میزان استویوزاید رابطه مستقیمی با تعداد و وزن برگ‌ها دارد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین، به‌نظر می‌رسد پر برگ بودن و سنگین‌تر بودن برگ‌ها نسبت به شاخه‌ها، دارای تأثیر قابل توجهی روی وزن نهایی بوته در این گیاه باشد که با نتایج حاصل از پژوهش برخی محققین در خصوص تأثیر سالیسیلیک اسید بر افزایش کارایی فتوسنتز برگ‌ها، فعالیت‌های آنزیمی و سنتز پروتئین‌ها و درنتیجه بهبود جذب عناصر غذایی و افزایش تولید گیاه همخوانی دارد (Sharafizad *et al.*, 2012; El-Housini *et al.*, 2014). با توجه به این‌که در پژوهش حاضر، محلول‌پاشی در غلظت‌های ۱۰۰ و ۶۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید منجر به کاهش نسبی وزن خشک برگ‌ها و بوته نسبت به تیمار شاهد شده است؛ این موضوع می‌تواند ناشی از برهم‌خوردن تعادل نسبت هورمونی در گیاه و تأثیر آن بر رشد برگ‌ها باشد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد سالیسیلیک اسید تنها در غلظت مناسب می‌تواند به‌دلیل گسترش سطح برگ و تولید برگ‌های بیشتر، با ایجاد منبع فیزیولوژیک کارآمد برای استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی، باعث افزایش تولید بیشتر ماده خشک شود. در گزارشی دیگر، محلول‌پاشی هورمون سالیسیلیک اسید (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) روی گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.)، بر افزایش وزن تر آن تأثیر معنی‌داری داشته است (حیاتی و روشن، ۱۳۹۲). محققین در بررسی تأثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر روی گیاه استویا، گزارش نمودند که محلول‌پاشی این هورمون با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر منجر به افزایش وزن خشک برگ‌های یک بوته تا شش گرم شد (El-Housini *et al.*, 2014). از سوی دیگر، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک شاخه‌ها در تیمار سالیسیلیک اسید (غلظت ۶۰۰ میکرومولار)، بالاترین میزان را به‌دلیل دارابودن کمترین میزان وزن شاخه‌ها بین تیمارهای مورد ارزیابی دارد (جدول ۲). سایر پژوهشگران نیز اعلام کردند که کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد منجر به تقویت جذب و توازن عناصر تغذیه‌ای، فراهم‌نمودن شرایط مطلوب‌تر فتوسنتزی، تولید متابولیت‌های مؤثر، بازدارندگی گلدهی و درنتیجه بهبود عملکرد نهایی در گیاه استویا می‌شود (Singh *et al.*, 2018). نتایج مشابهی نیز درخصوص تأثیر مثبت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر وزن خشک و تر گیاهان ریحان و مرزنگوش گزارش شده است (Abdel and Gharib, 2006). وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح یک درصد بین وزن خشک بوته با وزن خشک شاخه‌ها و وزن خشک برگ‌ها نشان می‌دهد که در این مطالعه وزن خشک شاخه‌ها تأثیر بیشتری نسبت به وزن خشک برگ‌ها روی وزن خشک بوته دارند (جدول ۳). همچنین، با توجه به همبستگی مثبت و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.19.8]



شکل ۲- a) عملکرد استویوزاید؛ b) عملکرد ربودیوزاید- آ در گیاه استویا با غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید

معنی‌دار نسبت وزن خشک برگ‌ها به وزن خشک بوته با تعداد شاخه‌های فرعی، به‌نظر می‌رسد افزایش تعداد شاخه‌های فرعی منجر به افزایش تعداد برگ‌ها و کاهش وزن شاخه‌ها می‌گردد که این موضوع در همبستگی منفی بین وزن شاخه‌ها و تعداد شاخه‌های فرعی نیز مشاهده می‌گردد (جدول ۳).

مقادیر استویول گلوکوزایدها: تأثیر محلول‌پاشی هورمون سالیسیلیک اسید بر درصد استویوزاید، درصد ربودیوزاید-آ، درصد ربودیوزاید-ب، درصد ربودیوزاید-س، عملکرد استویوزاید، عملکرد ربودیوزاید-آ، عملکرد ربودیوزاید-ب، در سطح یک درصد و بر عملکرد ربودیوزاید-س در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین درصد استویوزاید در تیمار محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید (به میزان ٦/۹ درصد) با افزایش ۹۱/۷ درصدی نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد هورمون) مشاهده شد و با تیمار محلوپاشی ۳۰۰ میکرومولار در یک گروه آماری قرار گرفت. درحالی‌که، بیشترین عملکرد استویوزاید به‌عنوان اولین شاخص مهم اقتصادی این گیاه، در تیمار محلول‌پاشی ۳۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ٨٤/٦ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در مطالعه ثانی‌خانی و همکاران (۱۳۹۹) نیز گزارش گردید بیشترین عملکرد استویوزاید و ربودیوزاید-آ به‌ترتیب به مقادیر ٦۰/۳۲ و ٢٤/١٤ میلی‌گرم در گرم برگ خشک گیاه استویا در تیمار کاربرد ۰/٦ میلی‌مولار محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید مشاهده شد.

به‌منظور پیشنهاد بهترین غلظت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید جهت حصول بالاترین عملکرد استیوزاید مشتق معادله رگرسیون حاصل از برازش داده‌ها بر غلظت‌های مختلف این هورمون برابر صفر قرار داده شد و بهترین غلظت جهت حصول بالاترین عملکرد استویوزاید با کاربرد ۲۸۹ میکرومولار سالیسیلیک اسید محاسبه گردید (شکل a-۲). در بررسی دیگری روی گیاه استویا، محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر هورمون سالیسیلیک اسید منجر به افزایش درصد استویوزاید تا بیش از ۲۱ درصد گردید (El-Housini *et al.*, 2014). بیشترین درصد ربودیوزاید-آ نیز در تیمار محلول‌پاشی ۳۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید محاسبه شد که نسبت به تیمار شاهد ۷۸/۳ درصد افزایش داشت. بیشترین عملکرد ربودیوزاید-آ نیز به‌عنوان دومین شاخص مهم اقتصادی این گیاه در تیمار محلول‌پاشی ۳۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید با ۱۰۰ درصد افزایش نسبت به شاهد محاسبه شد (جدول ۲). به‌منظور پیشنهاد بهترین غلظت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید جهت به‌دست‌آوردن بیشترین عملکرد ربودیوزاید-آ، مشتق معادله رگرسیون حاصل از برازش داده‌ها بر میزان غلظت‌های مختلف این هورمون برابر صفر قرار داده شد و بهترین غلظت جهت حصول بالاترین عملکرد ربودیوزاید-آ با کاربرد ۳۲۳ میکرومولار سالیسیلیک اسید حاصل شد (شکل b-۲). بیشترین درصد و عملکرد ربودیوزاید- ب در تیمار محلول‌پاشی ٦۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید بود که نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۳۸۳/۳ و ٣٤٤/٤ درصد افزایش داشت (جدول ۲). بیشترین درصد و عملکرد ربودیوزاید-س در تیمار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.19.8]

محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید حاصل شد به‌ترتیب ۱۶۰ و ۱۸۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد و با تیمار محلول‌پاشی ۶۰۰ میکرومولار در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۲). محققان گزارش کردند که با افزایش غلظت هورمون سالیسیلیک اسید، با وجود بالارفتن کمّیت صفات مورفولوژیکی، میزان صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مورد ارزیابی در گیاه استویا روند نزولی دارد (Ren *et al.*, 2011). بنابراین، به‌منظور توجیه‌پذیر بودن عملکرد کمّی و کیفی در گیاه، هورمون‌های تنظیم‌کننده باید در غلظت بهینه‌ای در تعادل با سایر هورمون‌های گیاهی به‌کار روند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی هورمون سالیسیلیک اسید بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تأثیر معنی‌داری داشت. با توجه به اینکه تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (با غلظت ۳۰۰ میکرومولار)، بالاترین میزان وزن خشک برگ‌ها، عملکرد استیوزاید و ربودیوزادید-آ را دارا بود، بنابراین می‌توان کاربرد این غلظت از تنظیم‌کننده رشد سالیسیلیک اسید را جهت بهبود بر خصوصیات کمّی و کیفی گیاه استویا، توصیه نمود.

منابع

پیراسته‌انوشه، ه. و امام، ی. (۱۳۹۸) نقش تنظیم‌کننده‌های رشد در افزایش عملکرد گیاهان زراعی در شرایط شور: از تئوری تا عمل. نشریه علوم گیاهان زراعی ایران ۲۱: ۲۰۹-۱۸۸.

ثانی‌خانی، م.، راستگو، ع.، خیری، ع. و اعلایی، م. (۱۳۹۹) اثرات محلول‌پاشی محرک‌های سالیسیلیک اسید و پرولین بر محتوای گلیکوزیدهای استویول و ترکیبات فنلی گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* (Bert.). مجله‌ی فرایند و کارکرد گیاهی ۹: ۱۵-۱.

حیاتی، پ. و روشن، و. (۱۳۹۲) بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر پارامترهای رشدی و کمّیت وکیفیت اسانس گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.). فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۹: ۸۱۷-۸۰۸.

راستگو، ع.، ثانی‌خانی، م.، خیری، ع. و اعلایی، م. (۱۳۹۸) اثر پرولین و سالیسیلیک‌اسید بر شاخص‌های مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی استویا. مجله‌ی علوم باغبانی ایران ۵۰: ۲۱۹-۲۰۹.

سالارپور غربا، ف. و فرح‌بخش، ح. (۱۳۹۳) تأثیر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر صفات ظاهری و فیزیولوژیکی گیاه رازیانه. مجله‌ی به‌زراعی کشاورزی ۱۶: ۷۷۸-۷۶۵.

کریمی، م.، هاشمی، ج.، احمدی، ع. و عباسی، ع. (۱۳۹۲) اثر تنش خشکی بر رشد و محتوای گلیکوزیدهای‌استویول در گیاه استویا (*Stevia rebaudiana*). نشریه علوم گیاهان زراعی ایران ۴۴: ۷۰۲-۶۹۳.

منتظری‌تختی، ن.، خواجویی‌نژاد، غ. ر. و آروین، م. ج. (۱۳۹۵) واکنش ارقام جو به تیمارهای شیمیایی سالیسیلیک‌اسید و سلنیوم تحت تنش خشکی در شرایط مزرعه. مجله‌ی به‌زراعی کشاورزی ۱۸: ۴۴۱-۴۳۱.

Abdel, F. and Gharib, L. (2006) Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. International Journal of Agricultural Biology 8: 458-492.

Ali, H. M., Siddiqui, M. H., Basalah, M. O., Al-Whaibi, M. H., Sakran, A. M. and Al-Amri, A. (2012) Effects of gibberellic acid on growth and photosynthetic pigments of *Hibiscus sabdariffa* L. under salt stress. African Journal of Biotechnology 11: 800-804.

Anjum, S. A., Xie, X. Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C. and Lei, W. (2011) Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research 6: 2026-2032.

Brandle, J. E. and Telmer, P. G. (2007) Steviol glycoside biosynthesis. Phytochemistry 68: 1855-1863.

El-Housini, E. A., Ahmed, M. A., Hassanein, M. S. and Tawfik, M. M. (2014) Effect of salicylic acid (SA) on growth and quality of stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) under salt stress. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 14: 275-281.

Gantait, S., Das, A. and Mandal, N. (2015) Stevia: A comprehensive review on ethnopharmacological properties and in vitro regeneration. Sugar Tech 17: 95-106.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.19.8]

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. (2010) Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany 68: 14-25.

Hayat, S., Ahmad, A. and Alyemeni, M. N. (2013) Salicylic Acid Plant Growth and Development. Springer Dordrecht Heidelberg, New York, London.

Ismail, A., Shahidan, N., Mat, N. and Othman, R. (2020) Effect of salicylic acid on carotenoids and chlorophyll content in Mas Cotek (*Ficus deltoidea* Jack var. trengganuensis) leaves and its retinol activity equivalents (RAE). Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences 10: 25-33.

Jahangir Chughtai, M. F., Pasha, I., Zahoor, T., Khaliq, A., Ahsan, S., Wu, Z. and Liaqat, A. (2020) Nutritional and therapeutic perspectives of *Stevia rebaudiana* as emerging sweetener; a way forward for sweetener industry. CyTA-Journal of Food 18: 164-177.

Libik-Konieczny, M., Capecka, E., Kakol, E., Dziurka, M., Grabowska-Joachimiak, A., Sliwinska, E. and Pistelli, L. (2018) Growth, development and steviol glycosides content in the relation to the photosynthetic activity of several *Stevia rebaudiana* Bertoni strains cultivated under temperate climate conditions. Scientia Horticulturae 234: 10-18.

Lokesh, C. H., Hiremath, J. S., Mahantesh, P. S., Sharatbabu, A. G., Pooja, M. R. and Nishchitha, M. (2018) Effect of nitrogen and GA3 on suppression of flowering for enhancement of vegetative phase in stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7: 412-419.

Mejia-Espejel, L., Robledo-Paz, A., Lozoya-Gloria, E., Pena-Valdivia, C. B. and Carrillo-Salazar, J. A. (2018) Elicitors on steviosides production in *Stevia rebaudiana* Bertoni calli. Scientia Horticulturae 242: 95-102.

Muthulakshmi, S. and Lingakumar, K. (2017) Role of salicylic acid (SA) in plants—a review. International Journal of Applied Researches 3: 33-37.

Ren, G., Liu, X. and Shi, Y. (2011) Effects of plant growth regulator SY on diurnal changes in photosynthetic parameters and yield of *Stevia Rebaudina* Bertoni. Energy Procedia 5: 429-434.

Sharafizad, M., Naderi, A., Ata Siadat, S., Sakinejad, T. and Lak, S. (2012) Effect of salicylic acid pretreatment on yield, its components and remobilization of stored material of wheat under drought Stress. Journal of Agriculture Science 4: 115-125.

Singh, V. P., Vishwanath, Y. C., Kattimani, K. N., Sakhubai, H. T., Harish, B. S. and Sainath, R. (2018) Influence of different plant growth regulators on flower suppression, herb yield and stevioside content of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 3: 358-361.

Tansi, L. S., Samadpourrigani, E. and Gedik, S. (2017) Effects of different plant density and cutting times on yield of stevia under the Cukurova conditions. International Journal of Secondary Metabolite 4: 355-358.

Tavakoli, H., Tavakoli, N. and Moradi, F. (2019) The effect of the elicitors on the steviol glycosides biosynthesis pathway in *Stevia rebaudiana*. Functional Plant Biology 46: 787-795.

Vakilzadeh Anaraki, M., Mortazaeinezhad, F., Khalili, F., Gheisari, M. M. and Esfahanizadeh Hosseinpoor, M. (2014) Effect of gibberllic acid and salicylic acid on secondary metabolites in leaf of *Curcuma longa* L. Journal of Herbal Drug 5: 137-142.

Yadav, A. K., Singh, S., Dhyani, D. and Ahuja, P. S. (2011) A review on the improvement of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). Canadian Journal of Plant Science 91: 1-27.

Yusuf, M., Fariduddin, Q., Varshney, P. and Ahmad, A. (2012) Salicylic acid minimizes nickel and/or salinity-induced toxicity in Indian mustard (*Brassica juncea*) through an improved antioxidant system. Environmental Science and Pollution Research 19: 8-18.

Zeng, J., Chen, A., Li, D., Yi, B. and Wu, W. (2013) Effects of salt stress on the growth, physiological responses, and glycoside contents of *Stevia rebaudiana* Bertoni. Journal of Agricultural and Food Chemistry 61: 5720-5726.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.19.8]

Effect of salicylic acid foliar application on the morphological and biochemical traits of Stevia (*Stevia rebaudiana*)

Hassan Jalilvand Shirkhanitabar[1], Afshin Tavakolli[1*], Foad Moradi[2] and Farid Shekari[1]
[1] Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Faculty, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[2] Associated Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran
(Received: 16/07/2020, Accepted: 06/10/2020)

Abstract

A greenhouse study was conducted to evaluate of salicylic acid foliar effect on morphological and biochemical characters of Stevia (*Stevia rebaudiana*) based on a Completely Randomized Design (CRD) experiment with three replications in Qazvin, Iran in 2016. The treatments of this research were defined as salicylic acid foliar levels as 0 (control), 100, 300 and 600 µM which were applied three months after transplanting. Evaluated characters included plant height, branch number, plant dry weight, leaves dry weight, branches dry weight, the ratio of leaf to total dry weight, the percentage and yield of stevioside, rebaudioside-A, rebaudioside-B and rebaudioside-c. The results of this study revealed that foliar levels of salicylic acid had a significant effect on all of the evaluated characters except for SPAD index. The treatment of foliar 100 µM salicylic acid led to a significant increase in plant height, stevioside percentage, rebaudioside C yield and its percentage compared with the control treatment (18.2%, 91.7%, 160% and 186%, respectively). By increasing the concentration of salicylic acid foliar level to 300 µM, the branches dry weight, leaves dry weight, plant dry weight, stevioside yield, and rebaudioside were observed. A percentage and its yield were increased in comparison to the control treatment (3.9%, 10.3%, 7.0%, 84.6, 78.3 and 100%, respectively). Finally the treatment of 600 µM salicylic acid foliar level significantly led to an increase in lateral branches number, the ratio of leaves dry weight to branches dry weight, rebaudioside-B percentage and its yield compared to the control treatment (365.8%, 43.0%, 383.3and 344.4%, respectively). Therefore, a concentration of 300 µM foliar application of salicylic acid can be effective for increasing the quantitative and qualitative performance of Stevia.

Key words: Dry weight, Rebaudioside, SPAD index, Stevioside

Corresponding author, Email: tavakoli@znu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.19.8]