گل و گیاهان زینتی (۱۴۰۴)، ۱۰(۲): ۲۶۹-۲۸۴

مقاله پژوهشی

افزایش نسترن زرد (*Rosa foetida* Herrm.) با قلمه های چوب نرم تیمار شده با ایندول بوتیریک اسید و اسید سالیسیلیک

زینب عبدالجباری، اورنگ خادمی*، شاهپور خانقلی

گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

o.khademi@shahed.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۷، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۵/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۲۶

چکیده

نسترن زرد (*Rosa foetida* Herrm.) بومی ایران و یکی از گونه‌های وحشی جنس رز می‌باشد. این گیاه در کنار جنبه زینتی دارای خواص دارویی بی‌شماری است، ولی توجه چندانی به آن نشده است. در حالی که به‌دلیل ارزش دارویی و زینتی می‌تواند مورد کشت و کار قرار گیرد. در پژوهش حاضر افزایش نسترن زرد با قلمه چوب نرم تحت تنظیم کننده‌های رشد گیاهی ایندول بوتیریک اسید (IBA) و اسید سالیسیلیک (SA) مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور، قلمه‌های چوب نرم نسترن زرد با طول ۱۵ سانتی‌متر و قطر تقریبی ۰/۵ سانتی‌متر در مرداد سال ۱۴۰۲ جمع آوری و تمام برگ‌های آن‌ها به‌غیر از یک برگ حذف گردید. قلمه‌ها با تنظیم کننده‌های رشد گیاهی IBA و SA هر یک در سه غلظت ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و آب مقطر به‌عنوان شاهد، تیمار شدند. قلمه‌ها در بستر کاشتی از ۷۰٪ ماسه و ۳۰٪ پرلایت قرار گرفته و پس از سه ماه و اطمینان از فرایند ریشه‌زایی و ظاهر شدن شاخساره‌های جدید، بررسی شدند. بر اساس نتایج، بین تنظیم کننده‌های رشد گیاهی از لحاظ تمامی صفات، به‌غیر از قطر قلمه، تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. بیشترین درصد ریشه‌زایی در ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA به میزان ۹۵٪ دیده شد (۳۶٪ بیشتر از شاهد). درحالی‌که تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با ۶۰٪ ریشه‌زایی، ۱۰٪ ریشه‌زایی کمتری از شاهد نشان داده و درصد پوسیدگی بالاتری داشت. با این وجود قلمه‌های ریشه‌دار شده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA دارای بیشترین مقادیر وزن تر و خشک ریشه، حجم ریشه، طول شاخساره، وزن تر و خشک شاخساره و تعداد برگ بودند. قلمه‌های تحت تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA با وجود این‌که دارای بیشترین طول ریشه‌ی اصلی و قطر ریشه اصلی بودند ولی از نظر بیشتر خصوصیات مورد بررسی با شاهد تفاوت معنی‌دار نشان ندادند. بر اساس نتایج این پژوهش کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی IBA و SA به‌خصوص در غلظت بالا (۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به ترتیب برای بهبود صفات ریشه و درصد ریشه‌زایی در قلمه‌های نسترن زرد موثر بودند. البته به نظر می‌رسد آمیخته این دو تنظیم کننده رشد گیاهی مؤثرتر باشد که در پژوهش‌های آینده نیاز به بررسی دارد.

واژه‌های کلیدی: تنظیم کننده رشد گیاهی، ریشه‌زایی، قلمه چوب نرم، نسترن زرد.

مقدمه

گیاهان تیره وردسانان از لحاظ اقتصادی در تولید محصولات باغبانی و نیز از منظر کاربرد در فضای سبز پر اهمیت می‌باشند. جنس رز از این تیره شامل بیش از ۲۰۰ گونه و بیش از ۱۸۰۰۰ واریته است (Gudin, 2000). از جمله گونه‌های جنس رز، گیاه

نسترن زرد با نام علمی *Rosa foetida* Herrm. می‌باشد که دارای گل‌های زرد رنگ بوده و میوه‌های آن قابلیت خوراکی دارند. اسامی دیگر که برای نسترن زرد به‌صورت رایج به کار می‌رود، رز زرد و نسترن زرد ایرانی است. نسترن زرد یکی از گونه‌های وحشی جنس رز بوده که در سرتاسر کشور به صورت پراکنده گسترش دارد، ولی پراکندگی آن در مناطق غربی و شمال‌غربی کشور بیشتر است (Samiei, 2009). گل این میوه خاصیت خوراکی و دارویی دارد. ترکیبات شیمیایی موجود در گلبرگ‌های آن مشابه ترکیبات موجود در گل رزهای دیگر است. مهم‌ترین مواد شیمیایی موجود در گلبرگ‌های نسترن زرد انواع ویتامین‌ها، فلاونوئیدها و فنل‌ها هستند که مطالعات بالینی روی حیوانات و همچنین انسان نشان داده است فنل‌ها و فلاونوئیدها اثرات بیولوژیکی زیادی مانند اثرات ضدمیکروبی، ضدتوموری، ضددرد و ضدالتهابی دارند (Shabani *et al*., 2024). گیاه نسترن زرد دارای خواص قابل توجهی به لحاظ دارویی و زینتی بوده که قابلیت گسترش کشت و کار در مناطق مختلف را دارد، ولی در نواحی مختلف رو به کاهش بوده و گزارشی در مورد روش‌های افزایش این گیاه ارایه نشده است.

توسعه کشت هر گیاهی نیازمند در دسترس بودن نهال آن گیاه به تعداد کافی می‌باشد. به همین دلیل باید بهترین و کارآمدترین روش برای افزایش هر گیاهی مشخص گردد. یکی از روش‌های رایج در افزایش گیاهان قلمه‌زنی است که در صورت سازگاری گیاه با افزایش به روش قلمه این روش بسیار کارآمد می‌باشد. به‌منظور حفظ دخایر ژنتیکی و جلوگیری از تفرق صفات ناشی از کشت بذر، افزایش از روش‌های غیرجنسی انجام می‌گیرد و مشخص شده است اکسین‌ها تنها یکی از عوامل محرک ریشه زایی هستند، اما در قلمه‌های سخت ریشه‌زا کاربرد اکسین به تنهایی تاثیر بالایی در ریشه‌زایی نخواهد داشت. از این رو نیاز است به‌منظور افزایش ترکیبات دیگری را نیز بررسی نمود (Talebi *et al.,* 2024). از دلایل دیگر استفاده از روش‌های تکثیر غیر جنسی از جمله قلمه‌زنی این است که گیاهان حاصل از آن شبیه گیاه مادری بوده و هیچ گونه تغییر ژنتیکی در آن‌ها پدید نمی‌آید (Dewayne & Yeager, 2003). برای بهبود ریشه‌زایی قلمه‌ها روش‌های مختلفی از قبیل تاریک‌رویی ساقه، زخم زنی یا کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی پیشنهاد شده است (Khosh-Khui, 2018). تنظیم کننده‌های رشد به‌عنوان مولکول‌های پیام‌رسان و مورد نیاز در بسیاری از فرایندهای نموی گیاهان شناخته می‌شوند. این فیتوهورمون‌ها می‌توانند مسیرهای بیوشیمیایی و فرایندهای فیزیولوژیکی را تحت تاثیر قرار داده و متابولیسم گیاه را تغییر دهند (Sateei *et al*., 2022).

مهم‌ترین و پرکاربردترین تنظیم کننده رشد برای ریشه‌زایی قلمه‌ها اکسین‌ها هستند که در رشد ابعاد سلول‌ها، تقسیم و تمایز سلولی نقش دارند (Majda & Robert, 2018). به‌طور کلی مشخص گردیده اکسین‌ها مهم‌ترین تنظیم کننده‌های رشد گیاهی‌اند که یا به تنهایی یا در ترکیب با سایر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی می‌توانند رشد و نمو گیاه را تحت تاثیر قرار دهند. اکسین‌ها دارای نقش‌های دیگری مانند تحریک تکثیر و تمایز بافت آوندی، پاسخ به نور و گرانش، اثر بر معماری ریشه و ساقه، ظهور اندام‌ها، غالبیت انتهایی، مهار سنتز اتیلن، تأثیر بر رشد میوه و پیری هستند (Sateei *et al*., 2022). به‌طور معمول قلمه‌ها با اکسین تیمار می‌شوند تا باعث بهبود کمی و کیفی ریشه‌زایی قلمه گردند. در این مورد، پرکاربردترین اکسین، ایندول بوتیریک اسید (IBA[1]) می‌باشد که در غلظت‌های مختلف تهیه و در انتهای پایه قلمه‌ها اعمال می‌گردد. غلظت بهینه کاربرد IBA بسته به عوامل خارجی و وضعیت فیزیولوژیکی گیاه مادر متغیر است (Oliveira *et al.* 2018). کاربرد IBA در تمامی ژنوتیپ‌های رز

۱- Indole-3-butyric acid

سبب رشد بهینه شاخساره و بیشترین میزان ریشه‌زایی شده است (Ahmadi, 2011). در پژوهشی Karimzadeh و همکاران (۲۰۲۱) گزارش نمودند که درصد زنده‌مانی و تراکم ریشه قلمه گل محمدی[1] با افزایش غلظت IBA بیشتر می‌گردد. در پژوهشی با استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی IBA و نفتالین استیک اسید بر قلمه‌های چوب سخت گیاه دغدغک البرزی[2] نتایج بیانگر این بود که کاربرد تنظیم کننده رشد گیاهی IBA با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه و طول کل شاخساره گردیده و به‌طور کلی کاربرد IBA در سطوح مختلف سبب افزایش معنادار درصد ریشه‌زایی نسبت به شاهد شد (Vahdati-Mashhadian *et al*., 2013).

اسید سالیسیلیک (SA)[3] تنظیم کننده رشد گیاهی، متعلق به خانواده‌ای از ترکیبات فنلی است که به دلیل نقش دفاعی در برابر عوامل تنش‌زای زیستی شناخته شده می‌باشد. همچنین این تنظیم کننده رشد گیاهی درون‌زاد نقش فعالی در واکنش گیاه به تنش‌های غیرزیستی مختلف از جمله سرما، خشکی، شوری و فلزات سنگین دارد. افزون بر این، در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی نقش مهم SA را در مورفوژنز گیاه تایید کرده است. با وجود شواهد فزاینده مبنی بر اینکه SA یک تنظیم کننده مهم رشد است، نقش مورفوژنتیک آن، به ویژه در رابطه با ریشه‌ها، به ندرت در منابع اشاره شده است (Bagautdinova *et al*., 2022). تنظیم کننده رشد گیاهی SA در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش دارد. کاربرد خارجی این تنظیم کننده رشد گیاهی امکان دارد بر بسته شدن روزنه، جذب یون و انتقال آن، مهار بیوسنتز اتیلن، تعرق و تحمل تنش اثر گذار باشد. اثر SA بر فرآیندهای فیزیولوژیکی متغیر بوده که بسته به غلظت، گونه گیاهی، مراحل رشد و شرایط محیطی، برخی فرآیندها را تسهیل و برخی دیگر را مهار می‌کند (Amin *et al*., 2007). اثر SA بر شاخص‌های ریشه‌زایی و رویشی قلمه‌های انار در پژوهشی مورد بررسی قرار گرفته و مشخص گردید که پاسخ ارقام به SA متفاوت بود، به‌طوری که SA درصد ریشه‌زایی رقم گرج شهوار را به‌طور قابل توجهی افزایش داد (Karimi *et al*., 2012).

از آنجایی که تکثیر گونه‌های جنس رز اغلب از طریق قلمه‌گیری صورت می‌گیرد که گاهی ریشه‌دار شدن آنها مشکل بوده یا ریشه‌دهی ضعیفی دارند و با توجه به اهمیت دارویی و زینتی گیاه نسترن زرد و لزوم توسعه کشت و کار آن، این پژوهش در ارتباط با افزایش نسترن زرد از طریق قلمه چوب نرم صورت گرفت. همچنین با توجه به گزارش‌هایی مبنی بر اثر مثبت تنظیم کننده‌های رشد گیاهی IBA و SA در ریشه زایی قلمه‌ها، در پژوهش حاضر اثر این تنظیم کننده‌ها بر ریشه‌زایی قلمه‌های نسترن زرد مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

برای بررسی افزایش نسترن زرد با روش قلمه چوب نرم و اثر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی IBA و SA بر آن، قلمه‌های چوب نرم (رشد فصل جاری) از توده‌های نسترن زرد موجود در پارک ولایت شهرک شهید محلاتی تهران (35°48'52.5"N 51°31'24.1"E) در تاریخ سوم مرداد سال ۱۴۰۲ جمع آوری گردید. گیاهان نسترن زرد در مرحله‌ی رسیدن میوه بودند. قلمه‌ها بی درنگ به گلخانه آموزشی آبکشتی مرکز فنی حرفه‌ای کشاورزی واقع در زیبادشت کرج منتقل و در ابتدا قلمه‌هایی با طول ۱۵ سانتی‌متر و قطر تقریبی ۰/۵ سانتی‌متر تهیه و تمام برگ‌های آنها به غیر از یک برگ با دقت حذف شد. قلمه‌ها برای گندزدایی

۱- *Rosa damascena* ۲- *Colutea boiss* Buhsei. ۳- Salicylic acid

در قارچ‌کش ایپرودیون کاربندازیم[1] (تولید شده توسط شرکت گل سم) با غلظت یک در هزار به مدت یک دقیقه قرار گرفته و سپس توسط تنظیم کننده‌های رشد گیاهی IBA (شرکت مرک آلمان) و SA (شرکت مرک آلمان) هر یک در سه غلظت ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و همچنین آب مقطر به عنوان شاهد تیمار شدند. به این منظور، دو سانتی‌متر پایین قلمه‌ها به مدت دو دقیقه درون تیمارها قرار گرفته و سپس تمامی قلمه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در معرض هوای آزاد قرار گرفتند. قلمه‌ها در گلدان‌های مجزای حاوی بستر کشت شامل ترکیبی از ۷۰٪ ماسه (آبشویی و گندزدایی شده به‌وسیله اتوکلاو) و ۳۰٪ پرلایت قرار گرفتند. در هرتیمار سه گلدان (به عنوان سه تکرار) و در هرگلدان هفت قلمه و در مجموع در هر تیمار ۲۱ قلمه قرار گرفت. شرایط گلخانه شامل دمای روز ۲۴ درجه سلسیوس و دمای شب ۱۸ درجه سلسیوس با رطوبت نسبی ۷۰ درصد بود، آبیاری به‌طور منظم دو بار در هفته انجام شد. در تاریخ ۳۰ مهر ماه ۱۴۰۲ و پس از اطمینان از ریشه‌زایی و رشد شاخساره، قلمه‌ها از گلدان خارج و جهت بررسی خصوصیات ریشه و شاخساره به آزمایشگاه فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد منتقل شدند.

ابتدا درصد ریشه‌زایی، درصد قلمه‌های پوسیده، درصد قلمه‌های مانده در مرحله‌ی پینه‌زایی هر تیمار (از طریق محاسبه نسبت بین قلمه‌های دارای ریشه، قلمه‌های پوسیده و قلمه‌های دارای صرفا پینه به کل قلمه‌های هر تیمار ضرب در صد) محاسبه و سپس شاخص‌های طول ریشه اصلی، قطر ریشه اصلی، تعداد ریشه فرعی، طول ریشه‌های فرعی، قطر ریشه‌های فرعی، حجم ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، تعداد شاخساره، طول شاخساره، وزن تر شاخساره، وزن خشک شاخساره، تعداد برگ و قطر قلمه‌ها اندازه‌گیری گردید.

تعداد ریشه فرعی، تعداد شاخساره و تعداد برگ در هر تکرار شمارش و به صورت میانگین در نظر گرفته شد. جهت اندازه‌گیری طول ریشه اصلی، قطر ریشه اصلی، قطر ریشه‌های فرعی، طول شاخساره و قطر قلمه از کولیس دیجیتال استفاده گردید و داده‌ها بر حسب سانتی‌متر گزارش شد. جهت اندازه‌گیری وزن تر و خشک ابتدا ریشه و شاخساره از محل طوقه جدا و وزن تر ریشه و شاخساره توسط ترازوی دیجیتال با دقت یک‌صدم گرم اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در پاکت بسته‌بندی و در آون ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و پس از آن وزن خشک ریشه و شاخساره اندازه‌گیری گردید (Shoor *et al.*, 2012). حجم ریشه با قرار دادن ریشه‌ها در یک استوانه مدرج و بر اساس حجم جابه‌جایی آب در قبل و بعد از قرار دادن ریشه اندازه‌گیری شد (Qojagh Dardi *et al.*, 2013).

آزمایش در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تنظیم کننده‌های رشد گیاهی IBA و SA در سه غلظت ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم و آب مقطر به عنوان شاهد و جمعا هفت تیمار بود. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۳ انجام و برای مقایسه اختلاف بین میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[2] (LSD)، در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

۱- Iprodione+ carbendazim

۲- Least Significant Difference

نتایج

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر شاخص‌های طول ریشه اصلی (در سطح احتمال ٪۵)، قطر ریشه اصلی (در سطح احتمال ٪۱)، تعداد ریشه‌های فرعی (در سطح احتمال ٪۱)، طول ریشه‌های فرعی (در سطح احتمال ٪۵)، قطر ریشه‌های فرعی (در سطح احتمال ٪۵)، حجم ریشه (در سطح احتمال ٪۵)، وزن تر ریشه (در سطح احتمال ٪۵)، وزن خشک ریشه (در سطح احتمال ٪۵)، طول شاخساره (در سطح احتمال ٪۱)، تعداد شاخساره (در سطح احتمال ٪۵)، وزن تر شاخساره (در سطح احتمال ٪۵)، وزن خشک شاخساره (در سطح احتمال ٪۵) و تعداد برگ (در سطح احتمال ٪۵) معنی‌دار بوده است.

طول ریشه اصلی

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، قلمه‌های تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA دارای بیشترین مقدار طول ریشه‌ی اصلی با میانگین ۱۴/۶۶ سانتی‌متر بودند و کمترین میزان طول ریشه‌ی اصلی نیز در نمونه‌های شاهد با میانگین هشت سانتی‌متر مشاهده شد. بنابراین تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA نسبت به شاهد افزایش ۸۳٪ در صفت طول ریشه را نشان داد. قلمه‌های سایر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی اختلاف آماری معنی‌داری نسبت به شاهد از نظر طول ریشه اصلی نشان ندادند (جدول ۲).

قطر ریشه اصلی

بر اساس نتایج آزمایش، بیشترین قطر ریشه اصلی در قلمه‌های تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA (۰/۲ سانتی‌متر) مشاهده شد که اختلاف آماری معنی‌داری نسبت به قلمه‌های تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA (۰/۱۹ سانتی‌متر) نشان ندادند. قلمه‌های تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA نسبت به شاهد (۰/۱۴ سانتی‌متر) افزایش ۵۴٪ در صفت قطر ریشه اصلی داشت. همچنین قلمه‌های تیمارهای SA و IBA ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر قطر ریشه اصلی بیشتری در مقایسه با قلمه‌های شاهد داشتند و اختلاف آماری معنی‌داری نشان دادند. ولی قلمه‌های شده با به‌ترتیب ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA و IBA اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های شاهد از نظر قطر ریشه اصلی نشان ندادند (جدول ۲).

تعداد ریشه فرعی

نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که هر دو تنظیم کننده‌های رشد گیاهی اعمال شده به‌طور معنی‌داری تعداد ریشه فرعی را در مقایسه با شاهد افزایش دادند. در این بین، قلمه‌های تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با میانگین ۶/۱۷ عدد ریشه فرعی بیشترین تعداد ریشه فرعی را در بین نمونه‌ها داشتند، به‌طوری که این تیمار نسبت به شاهد افزایش ۲۶۹٪ در صفت تعداد ریشه فرعی را نشان داد. در حالت کلی نیز قلمه‌های تیمارهای IBA تعداد ریشه فرعی بیشتری نسبت به قلمه‌های تیمارهای SA داشتند (جدول ۲).

طول ریشه‌های فرعی

مطابق با نتایج مقایسه میانگین‌ها، قلمه‌های تیمارشده با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA طول ریشه‌های ثانویه بیشتری در مقایسه با قلمه‌های شاهد داشتند، به‌طوری که قلمه‌های تیمارشده با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA نسبت به قلمه‌های شاهد افزایش ۵۸٪ در طول ریشه‌های فرعی را نشان دادند. در حالی که قلمه‌های تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم

در لیتر SA و ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA اختلاف آماری معنی‌داری نسبت به نمونه‌های شاهد در صفت طول ریشه‌های فرعی نشان ندادند (جدول ۲).

قطر ریشه‌های فرعی

بر اساس نتایج آزمایش، تمامی تنظیم کننده‌های رشد گیاهی اعمال شده موجب افزایش قطر ریشه‌های فرعی قلمه‌ها در مقایسه با شاهد شدند. بیشترین قطر ریشه‌های فرعی در قلمه‌های تیمارشده با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با میانگین ۰/۰۹۶ سانتی‌متر و کمترین قطر ریشه‌های فرعی نیز در قلمه‌های شاهد با میانگین ۰/۰۶ سانتی‌متر مشاهده شد. تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA نسبت به شاهد افزایش ۶۰٪ در صفت قطر ریشه‌های فرعی نشان داد. اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف تنظیم کننده‌های رشد گیاهی از نظر قطر ریشه فرعی مشاهده نشد (جدول ۲).

حجم ریشه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، قلمه‌های تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA دارای بیشترین میزان حجم ریشه در بین نمونه‌ها، با میانگین ۲/۱۶ سانتی‌متر مکعب بود، که نسبت به شاهد سبب افزایش ۹۳٪ در صفت حجم ریشه شد. کمترین مقدار حجم ریشه نیز در نمونه‌های شاهد با میانگین ۱/۱۲ سانتی‌متر مکعب ارزیابی شد. تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA نیز موجب افزایش معنی‌دار حجم ریشه در مقایسه با شاهد شد، در حالی که سایر تیمارها شامل ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و SA در هر سه غلظت ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف آماری معنی‌داری با شاهد از نظر حجم ریشه نشان ندادند (جدول ۲).

وزن تر ریشه

بر اساس نتایج آزمایش، بیشترین وزن تر ریشه در قلمه‌های تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با میانگین ۱/۰۵ گرم و کمترین مقدار وزن تر ریشه نیز در قلمه‌های شاهد با میانگین ۰/۳۴ گرم مشاهده شد، بنابراین تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA نسبت به شاهد، افزایش ۲۰۱٪ در صفت وزن تر ریشه را نشان داد. قلمه‌های سایر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی دارای وزن‌تر ریشه متوسطی بوده و اختلاف آماری معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (جدول ۲).

وزن خشک ریشه

نتایج آزمایش نشان داد، بیشترین وزن خشک ریشه در قلمه‌های تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با میانگین ۰/۱۸ گرم و کمترین مقدار نیز در قلمه‌های شاهد با میانگین ۰/۰۹ گرم مشاهده شد. بنابراین تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA نسبت به شاهد افزایش ۱۰۰٪ در صفت وزن خشک ریشه را داشت. قلمه‌های سایر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی دارای وزن خشک ریشه متوسطی بوده و اختلاف آماری معنی‌داری نیز بین آنها از نظر وزن خشک ریشه مشاهده نشد، البته نسبت به شاهد همگی دارای وزن خشک ریشه‌ی بالاتری بودند (جدول ۲).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی اسید سالیسیلیک و ایندول بوتیریک اسید بر صفات ریشه و شاخساره قلمه‌های چوب نرم نسترن زرد (*Rosa foetida* Herrm.).

Table 1. Analysis of variance for the effects of the plant growth regulators salicylic acid and indole-3-butyric acid on root and shoot traits of Persian yellow rose (*Rosa foetida* Herrm.) softwood cuttings.

Mean of square (MS) میانگین مربعات							
حجم ریشه Root volume	قطر ریشه‌های فرعی Lateral roots diameter	طول ریشه‌های فرعی Lateral roots length	تعداد ریشه فرعی Lateral roots number	قطر ریشه اصلی Main root diameter	طول ریشه اصلی Main root length	درجه آزادی Df	منبع تغییرات Source of variation
0.39*	0.014*	1.6*	6.3**	0.0027**	16.12*	6	تنظیم کننده رشد گیاهی Plant growth regulator
0.13	0.0013	0.39	0.42	0.00013	4.4	14	خطا Error
25.53	51	13.55	15.44	7.53	20.2	--	ضریب تغییرات CV%

*، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده‌ی معنی‌داری در سطوح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و عدم معنی‌داری هستند.

*, ** and ns represent significance at the 0.05 and 0.01 levels and non-significance respectively

جدول ۱ (ادامه). تجزیه واریانس اثر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی اسید سالیسیلیک و ایندول بوتیریک اسید بر صفات ریشه و شاخساره قلمه‌های چوب نرم نسترن زرد (*Rosa foetida* Herrm.).

Table 1 (continued). Analysis of variance for the effects of the plant growth regulators salicylic acid and indole-3-butyric acid on root and shoot traits of Persian yellow rose (*Rosa foetida* Herrm.) softwood cuttings.

Mean of square (MS) میانگین مربعات							
تعداد برگ Number of leaves	وزن خشک شاخساره Shoots dry weight	وزن تر شاخساره Shoots fresh weight	تعداد شاخساره Number of shoots	طول شاخساره Shoot length	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	درجه آزادی Df	منبع تغییرات Source of variation
2.18*	0.0059*	0.03*	0.49*	5.5**	0.0026*	0.15*	6	تنظیم کننده رشد گیاهی Plant growth regulator
0.59	0.0019	0.007	0.14	0.66	0.0006	0.034	14	خطا Error
21.31	30.44	25.7	27.36	13.83	20.25	29.25	--	ضریب تغییرات CV%

* ، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده‌ی معنی‌داری در سطوح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و عدم معنی‌داری هستند.

*, **, and ns represent significance at the 0.05 and 0.01 levels and non-significance, respectively

جدول ۲. تأثیر غلظت‌های مختلف تنظیم کننده‌های رشد گیاهی اسید سالیسیلیک و ایندول بوتیریک اسید بر ویژگی‌های ریشه قلمه‌های چوب نرم نسترن زرد (*Rosa foetida* Herrm.).

Table 2. The effect of different concentrations of plant growth regulators, salicylic acid, and indole-3-butyric acid on root characteristics of Persian yellow rose (*Rosa foetida* Herrm.) softwood cuttings.

وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	حجم ریشه Root volume (cm^3)	قطر ریشه‌های جانبی Lateral roots diameter (cm)	طول ریشه‌های جانبی Lateral roots length (cm)	تعداد ریشه‌های جانبی Lateral roots number	قطر ریشه اصلی Main root diameter (cm)	طول ریشه اصلی Main root length (cm)	تیمار Treatment
0.09^{c}	0.34^{c}	1.12^{b}	0.06^{b}	3.61^{d}	1.67^{d}	0.13^{c}	8.01^{b}	شاهد Control
0.13^{bc}	0.63^{bc}	1.37^{b}	0.094^{a}	5.05^{a-c}	4.17^{bc}	0.16^{b}	8.34^{b}	اسید سالیسیلیک (۵۰۰ mg L^{-1}) SA (500 mg L^{-1})
0.14^{b}	0.72^{b}	1.33^{b}	0.087^{a}	5.13^{ab}	4.17^{bc}	0.12^{c}	11.58^{ab}	اسید سالیسیلیک (۱۰۰۰ mg L^{-1}) SA (1000 mg L^{-1})
0.11^{bc}	0.53^{bc}	1.25^{b}	0.085^{a}	3.99^{cd}	3.33^{c}	0.2a	14.67^{a}	اسید سالیسیلیک (۲۰۰۰ mg L^{-1}) SA (2000 mg L^{-1})
0.13^{bc}	0.5^{bc}	1.16^{b}	0.096^{a}	5.70^{a}	5^{b}	0.16^{b}	9.98^{b}	ایندول‌بوتبریک اسید (۵۰۰ mg L^{-1}) IBA (500 mg L^{-1})
0.13^{bc}	0.71^{b}	1.62^{ab}	0.083^{a}	4.2^{b-d}	6.17^{a}	0.19^{a}	11.17^{ab}	ایندول‌بوتبریک اسید (۱۰۰۰ mg L^{-1}) IBA (1000 mg L^{-1})
0.18^{a}	1.05^{a}	2.16^{a}	0.082^{a}	4.61^{a-d}	5.17^{ab}	0.14^{b}	9.02^{b}	ایندول‌بوتبریک اسید (۱۰۰۰ mg L^{-1}) IBA (2000 mg L^{-1})

میانگین‌ها با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری نسبت به یکدیگر در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند.

Means with the same letters are not significantly different at the 5% probability level of LSD test.

تعداد شاخساره

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین تعداد شاخساره در قلمه‌های تیمارشده با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA (با میانگین دو عدد) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد (با میانگین ۱/۳۳ عدد) نشان داده و سبب افزایش ۵۰٪ نسبت به آن شد، ولی قلمه‌های سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد از نظر میانگین تعداد شاخساره نشان ندادند (جدول ۳).

طول شاخساره

طبق نتایج آزمایش، با وجود این‌که تمامی تنظیم کننده‌های رشد گیاهی دارای طول شاخساره بیشتری در مقایسه با شاهد بودند ولی از نظر آماری فقط قلمه‌های تیمارشده با ۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA طول شاخساره بیشتری در مقایسه با نمونه‌های شاهد داشتند، ولی سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری با شاهد از نظر طول شاخسار نشان ندادند. بیشترین طول شاخساره (۸/۲۷ سانتی‌متر) در نمونه‌های تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA حاصل شد که افزایش ۸۲٪ نسبت به شاهد (۴/۵۵ سانتی‌متر) را منجر شد (جدول ۳).

وزن تر شاخساره

بر اساس نتایج آزمایش، بیشترین وزن تر شاخساره در قلمه‌های تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با مقدار ۰/۵۲ گرم و کمترین آن نیز در قلمه‌های شاهد با میانگین ۰/۲۱۵ گرم مشاهده شد، که البته قلمه‌های شاهد از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با قلمه‌های تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA نشان ندادند. قلمه‌های سایر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی دارای وزن تر شاخساره متوسطی بوده و اختلاف آماری معنی‌داری نیز بین آن‌ها از نظر وزن تر شاخساره مشاهده نشد (جدول ۳).

وزن خشک شاخساره

نتایج نشان داد، بیشترین وزن خشک شاخساره در قلمه‌های تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با میانگین ۰/۲۲ گرم مشاهده شد که افزایش ۱۳۵٪ نسبت به شاهد (۰/۰۹ گرم) را نشان داد. قلمه‌های تیمارشده با ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA نیز دارای وزن خشک شاخساره بیشتری در مقایسه با قلمه‌های شاهد بودند. ولی قلمه‌های تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های شاهد از نظر وزن خشک شاخساره نشان ندادند (جدول ۳).

تعداد برگ

تیمار IBA در هر سه غلظت ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر دارای تعداد برگ بیشتری در مقایسه با قلمه‌های شاهد بودند و اختلاف آماری معنی‌دار نیز نسبت به هم نشان ندادند. تیمار IBA ۵۰۰ میلی گرم در لیتر نسبت به شاهد افزایش ۷۶٪ در شاخص تعداد برگ نسبت به شاهد را نشان داد. تیمارهای SA در هر سه غلظت اعمال شده تفاوت آماری معنی‌دار با نمونه‌های شاهد از نظر تعداد برگ نشان ندادند (جدول ۳).

درصد قلمه‌های ریشه‌دار، پینه‌دار و پوسیده

بیشترین درصد ریشه‌زایی در تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA (٪۹۵) و کمترین درصد آن نیز در تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA (٪۶۰) و سپس قلمه‌های شاهد (٪۷۰) مشاهده شد. در واقع تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA نسبت به شاهد موجب

افزایش ۳۶٪ در ریشه‌زایی شد. سایر تیمارها شامل SA ۵۰۰ (۹۰٪) و ۱۰۰۰ (۸۵٪) میلی‌گرم در لیتر و IBA ۵۰۰ (۷۵٪) و ۱۰۰۰ (۸۵٪) میلی‌گرم در لیتر نیز دارای درصد ریشه‌زایی بیشتری از نمونه‌های شاهد بودند. البته به‌طور کلی تیمارهای SA در مقایسه با تیمارهای IBA ریشه‌زایی بهتری نشان دادند. کمترین درصد پینه‌زایی در تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر SA (۵٪) و بیشترین درصد آن نیز در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA (۲۰٪) و سپس قلمه‌های شاهد (۱۵٪) و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA (۱۵٪) مشاهده شد. سایر تیمارها دارای درصد پینه‌زایی متوسط ۱۰٪ بودند. هیچ‌گونه پوسیدگی در قلمه‌های تیمارهای SA ۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده نشد، در حالی که بیشترین درصد پوسیدگی (۲۵٪) در تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و سپس شاهد (۱۵٪) ارزیابی شد (شکل ۱).

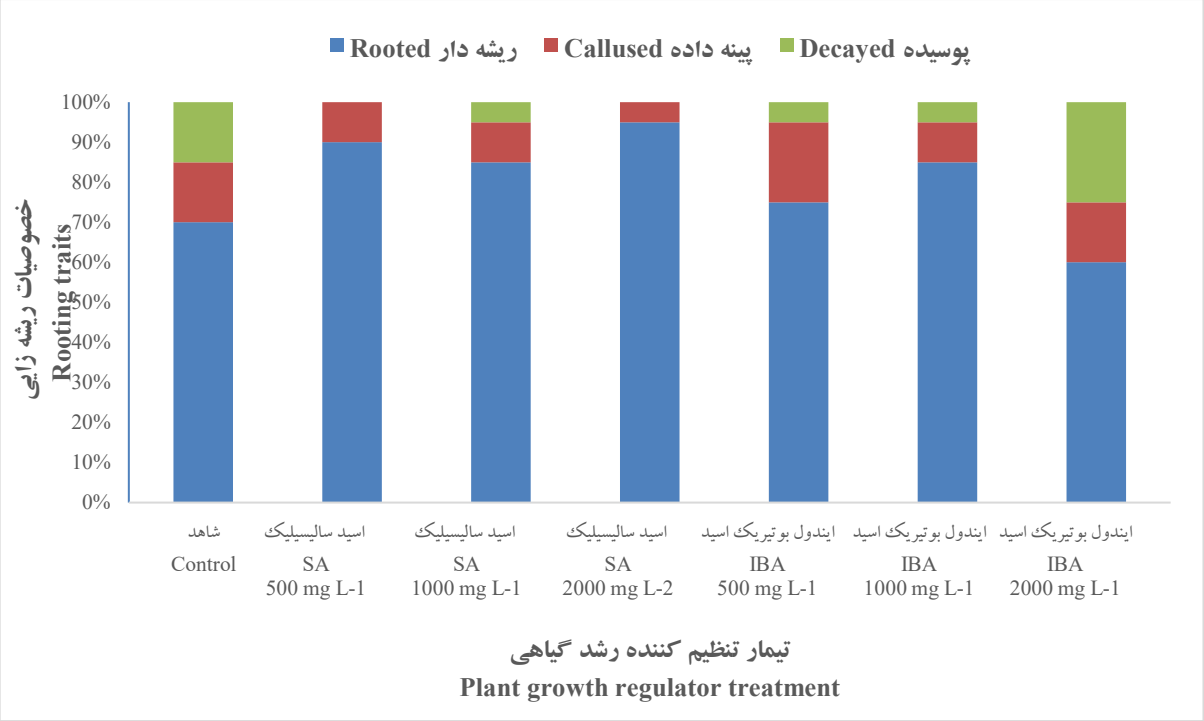
جدول ۳. تأثیر غلظت‌های مختلف تنظیم کننده‌های رشد گیاهی اسید سالیسیلیک و ایندول بوتیریک اسید بر ویژگی‌های شاخساره قلمه‌های چوب نرم نسترن زرد (*Rosa foetida* Herrm.).

Table 3. The effect of different concentrations of plant growth regulators, salicylic acid, and indole-3-butyric acid on the shoot characteristics of Persian yellow rose (*Rosa foetida* Herrm.) softwood cuttings.

تعداد برگ Number of leaves	وزن خشک شاخساره Shoots dry weight (g)	وزن تر شاخساره Shoots fresh weight (g)	طول شاخساره Shoot length (cm)	تعداد شاخساره Number of shoots	تیمار Treatment
2.75^{c}	0.09^{c}	0.21^{c}	4.55^{d}	1.33^{bc}	شاهد Control
3.08^{bc}	0.15^{a-c}	0.34^{bc}	4.78^{cd}	2^{a}	اسید سالیسیلیک (۵۰۰ mg L^{-1}) SA (500 mg L^{-1})
3.08^{bc}	0.16^{a-c}	0.38^{ab}	5.98^{bc}	1.67^{ab}	اسید سالیسیلیک (۱۰۰۰ mg L^{-1}) SA (1000 mg L^{-1})
2.92^{bc}	0.1^{bc}	0.23^{bc}	5.03^{cd}	1.67^{ab}	اسید سالیسیلیک (۲۰۰۰ mg L^{-1}) SA (2000 mg L^{-1})
4.83^{a}	0.17^{ab}	0.34^{bc}	7.12^{ab}	1^{c}	ایندول‌بوتیریک‌اسید (۵۰۰ mg L^{-1}) IBA (500 mg L^{-1})
4.5^{a}	0.13^{bc}	0.32^{bc}	5.48^{cd}	1^{c}	ایندول‌بوتیریک‌اسید (۱۰۰۰ mg L^{-1}) IBA (1000 mg L^{-1})
4.17^{ab}	0.22^{a}	0.52^{a}	8.27^{a}	1^{c}	ایندول‌بوتیریک‌اسید (۱۰۰۰ mg L^{-1}) IBA (2000 mg L^{-1})

میانگین‌ها با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری نسبت به یکدیگر در سطح ۵٪ آزمون LSD ندارند.

Means with the same letters are not significantly different at the 5% probability level of LSD test.



شکل ۱. تأثیر غلظت‌های مختلف تنظیم کننده‌های رشد گیاهی اسید سالیسیلیک و ایندول بوتیریک اسید بر درصدهای ریشه‌زایی، پینه‌زایی و پوسیدگی قلمه‌های چوب نرم نسترن زرد (*Rosa foetida Herrm.*).

Figure 1. The effect of different concentrations of salicylic acid and indole-3-butyric acid plant growth regulators on the percentages of rooting, decay, and callus formation of Persian yellow rose (*Rosa foetida Herrm.*) softwood cuttings.

شکل ۲. قلمه‌های نسترن زرد (*Rosa foetida* Herrm.) تحت تیمار تنظیم کننده‌های رشد گیاهی اسید سالیسیلیک و ایندول بوتیریک اسید سه ماه پس از کشت.

Figure 2. Persian yellow rose (*Rosa foetida* Herrm.) cuttings treated with salicylic acid and indole-3-butyric acid plant growth regulators three months after planting.

بحث

تنظیم کننده‌های رشد گیاهی می‌توانند در محل‌های هدف بر میزان رشد سلول‌ها در اندام‌های ریشه، ساقه، برگ، جوانه‌ها، گل‌ها و میوه‌ها تأثیر داشته باشند و می‌توان از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی در ازدیاد رویشی استفاده نمود (GhorbaniJavid *et al*., 2011). نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار قلمه‌های نسترن زرد با SA در افزایش درصد ریشه‌زایی و ممانعت از پوسیدگی قلمه‌ها بسیار مؤثر بود. این تیمار همچنین روی برخی صفات قلمه مانند تعداد شاخساره، طول ریشه اصلی و قطر ریشه اصلی نیز تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد، هر چند در سایر صفات تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد. از این رو شاید بتوان SA را به‌عنوان محرک ریشه‌زایی و حافظ سلامتی قلمه‌ها معرفی نمود که در نهایت سبب افزایش راندمان تولید نسترن زرد خواهد شد. ممانعت از پوسیدگی قلمه‌ها در تیمارهای SA به‌دلیل فعالیت ضدمیکروبی این تنظیم‌کننده رشد گیاهی می‌باشد. اثر ضدمیکروبی SA به دلیل تاثیر آن بر روی غشای سلولی میکروب‌هاست، که با برهمکنش با پروتئین‌های غشای سلولی منجر به از دست دادن کنترل شیمیایی و در نهایت مرگ سلولی آن‌ها می‌شود (Song *et al*., 2022). از سوی دیگر SA در کاهش اثرات مضر ناشی از تنش‌های غیر زنده محیطی و تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش دارد که سلامت گیاه را حفظ خواهد نمود (Chaharlang-Badil *et al*., 2022). در پژوهشی Khavarinejad و همکاران (2003) روی گیاه مینا چمنی[1] نشان دادند تیمار با SA به‌طور معنی‌داری شدت بیماری‌زایی در شرایط درون‌شیشه‌ای[2] را کاهش داد. اثر مثبت تیمار SA در افزایش درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها، به نقش آن به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد درونی با ساختار فنلی بازمی‌گردد (Thomas, 1989). SA با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان، تنظیم متابولیسم سلولی را هدف قرار می‌دهد: افزایش سرعت فعالیت‌های متابولیک، بهبود کارایی فتوسنتز، ارتقای تبادلات یونی و انتقال کربوهیدرات‌ها از جمله اثرات SA است، که همگی به رشد سریع‌تر اندام‌های رویشی منجر می‌شود (Dinarvandi *et al*., 2003). علاوه بر این، SA با مهار آنزیم‌هایی که اکسین درونی، ایندول استیک اسید[3] (IAA) را به فرم‌های غیر فعال تبدیل می‌کنند، سطح IAA آزاد را در پایه قلمه افزایش می‌دهد؛ این تجمع موضعی IAA، نقطه آغازی برای تقسیمات سلولی و توسعه ریشه‌های نابجا است. هم‌زمان، SA با القای تولید گونه‌های فعال اکسیژن[4] (ROS) سیگنال‌های ثانویه مؤثری ایجاد می‌کند که رشد اولیه ریشه را تقویت می‌کنند. در نهایت، SA توزیع و انتقال اکسین را از طریق تنظیم بیان ناقل‌های PIN به نفع ریشه‌زایی تنظیم می‌کند (Bagautdinova *et al*., 2022). بنابراین، ترکیب فنلی SA با مکانیزم‌های مختلف به طور قابل‌توجهی توانایی و درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها را ارتقا می‌دهد.

نتایج پژوهش حاضر همچنین نشان داد که تیمار IBA در غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در مقایسه با غلظت بالاتر ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تاثیری بهتری در افزایش درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها و کاهش درصد پوسیدگی آنها نشان داد، ولی غلظت بالاتر در بیشتر صفات رویشی ریشه یا شاخساره تاثیر بهتری داشت. در پژوهشی مشابه روی گیاه رز باغچه‌ای رقم هفت رنگ نشان دادند، که تیمار اکسین سبب بهبود صفات مربوط به ریشه‌زایی این گیاه گردید (Shirinabadi-Farahani *et al*., 2016). در پژوهشی دیگر Talebi و همکاران (2024) اثر IBA در غلظت‌های صفر، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر روی ریشه‌زایی قلمه رز بریدنی رقم Cherry brandy را بررسی و نشان دادند که تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بیشترین درصد

۱- *Bellis perennis* L. ۲- *In vitro* ۳- Indole-3-acetic acid ۴- Reactive Oxygen Species

ریشه‌زایی، وزن تر ریشه، طول ریشه و تعداد ریشه را داشت. بیشترین محتوای آب برگ و فلوئورسانس کلروفیل نیز در همین تیمار مشاهده شد. بر اساس این پژوهش، افزایش غلظت IBA به ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تأثیر معنی‌داری نسبت به غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نشان نداد. Rashoudi و همکاران (2014) در پژوهشی بر قلمه‌های گل کاغذی[1] گزارش کردند که بالاترین میزان ریشه‌زایی در اثر تنظیم کننده رشد گیاهی IBA با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. در پژوهشی دیگر نیز مشخص گردید کاربرد اکسین سبب افزایش تعداد ریشه‌های درختچه‌ی زینتی سه رنگ[2] شد (Jamshid-Nezhad *et al*., 2019). Moalemi و Chehrazi (2005) نیز نشان دادند کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی نفتالین استیک اسید (NAA) و IBA و ترکیبی از آن‌ها بر قلمه‌های برگدار و برگ گل کاغذی اثر گذار بود، منتهی برخلاف نتایج پژوهش حاضر علاوه بر خصوصیات ریشه، درصد ریشه‌زایی نیز تحت تاثیر تیمار اکسین افزایش یافت. IBA هنگامی که به صورت برون زا استفاده می‌شود اثرات متفاوتی بر رشد و نمو گیاه دارد، ولی این ترکیب عمدتاً برای القای ریشه‌های نابجا استفاده می‌شود. با استفاده از تکنیک‌های مولکولی، ژن‌های متعددی جدا شده‌اند که توسط IBA القا و در تشکیل ریشه‌های نابجا نقش دارند (Ludwig-Müller, 2000). تاثیر تنظیم کننده رشد گیاهی اکسین در تشکیل ریشه نابجا در قلمه‌ها ممکن است به‌دلیل تأثیر آن بر پروتئین اکسپانسین، مسئول شل شدن دیواره سلولی باشد (Noori & Muhammed, 2020). این پروتئین می‌تواند پیوندهای هیدروژنی بین میکروفیبریل‌های سلولز را مختل و شل شدن دیواره سلولی را تسهیل کند. دیواره‌های سلولی که به‌عنوان ساختارهای اسکلت بیرونی اطراف سلول عمل می‌کنند، در طول شکل‌گیری ریشه‌های فرعی دچار تغییرات زیادی از جمله: تخریب، شل شدن و کشیده شدن می‌شوند، که برای افزایش طولی و تقسیم سلولی ضروری بوده و پیش نیاز تشکیل ریشه فرعی می‌باشد (Wei *et al*., 2019). از سویی مطالعات بیانگر این است که استفاده از IBA خارجی بر غلظت IAA درونی مؤثر است. به‌طوری که محلول پاشی IBA سبب افزایش بیوسنتز IAA شده و احتمالاً IBA خارجی می‌تواند به‌طور مستقیم به IAA تبدیل شود (Epstein ., 1993 *et al*).

بهبود صفات قلمه سبب افزایش سرعت رشد نهال شده که منجر به کاهش مصرف میزان کود می‌گردد. گستردگی و حجم شعاعی و عرضی ریشه به گیاه برای جذب آب و مواد معدنی کمک می‌کند، و این امر موجب تسریع در انتقال گیاه از فاز رویشی به فاز زایشی می‌گردد (Safari-Mutlaq *et al*., 2021).در تولید قلمه‌ها در مقیاس تجاری نیز رشد ریشه‌ها به تعداد و طول کافی، عامل تعیین کننده در استقرار و تشکیل باغ است (Oliveira *et al*., 2018). از سوی دیگر ریشه‌دهی موفق نه تنها با درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها تعیین می‌گردد، بلکه از طریق تعداد ریشه تشکیل شده در هر قلمه نیز ارزیابی می‌شود (Khaleghi & Alavipour , 2019). از دیگر دلایل اهمیت آن می‌توان اینگونه بیان کرد تعداد ریشه‌ها با بقای قلمه‌ها پس از جدا سازی از محیط ریشه زایی مرتبط است بنابراین، باید در تکثیر از طریق قلمه زدن ارزیابی گردد (Khan *et al*., 2022). در پژوهش‌های دیگری که روی قلمه‌های گیاهان مختلف (فندق جنگلی، زیتون و رز بریدنی) صورت گرفته است، شاخص‌های رویشی قلمه از قبیل درصد ریشه‌زایی، درصد پینه‌زایی، تعداد ریشه، وزن تر ریشه، طول ریشه، تعداد شاخه و وزن شاخه اندازه‌گیری شده

۱- *Bougainvillea spectabilis*

۲- *Photinia* × *fraseria*

که بیان کننده اهمیت این شاخص‌ها در تولید نهال‌های با کیفیت مطلوب می‌باشد (Khaleghi & Talebi *et al.*, 2024; Alavipour, 2019; Rostamikia *et al.*, 2021).

نتیجه‌گیری

با توجه به بحران کم‌آبی توسعه کشت گیاهانی همانند نسترن زرد که هم به لحاظ زینتی و هم دارویی پتانسیل بالایی دارند، دارای اهمیت می‌باشد. منتهی لازمه توسعه کشت این قبیل گیاهان بهینه‌سازی افزایش آن‌ها می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد گیاه نسترن زرد با قلمه چوب نرم قابل افزایش می‌باشد، منتهی تیمارهای تنظیم کننده‌های رشد گیاهی اکسین و اسید سالیسیلیک در افزایش کارایی افزایش قلمه چوب نرم بسیار موثر بود، البته هر کدام از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی از جنبه‌های مختلف تاثیرگذار بودند. اکسین خصوصیات قلمه را بهبود بخشید و اسید سالیسیلیک نیز درصد ریشه‌زایی را افزایش داد، بنابراین به نظر می‌رسد استفاده تلفیقی از این دو تنظیم کننده رشد گیاهی بسیار مؤثرتر باشد که در پژوهش‌های آینده نیاز به بررسی دارد.

سپاس گزاری

نویسندگان بدین وسیله، مراتب قدردانی خود را از مسولان محترم مرکز فنی و حرفه‌ای زیبا دشت کرج به خصوص جناب آقای مهندس علی اکبری و همچنین از جناب آقای مهندس حسن طاهری جهت همکاری در راستای اجرای این پژوهش ابراز می‌دارند.

منابع

Ahmadi, N. (2011). Rooting and growth of cuttings from ethylene-low or ethylene-high sensitive miniature rose genotypes under mist condition. In International Symposium on Advanced Technologies and Management Towards Sustainable Greenhouse Ecosystems, Greensys, *952*, 893-898.

Amin, A.A., Rashad, M., El-Abagy, H.M.H. (2007). Physiological effect of indole-3-butyric acid and salicylic acid on growth, yield and chemical constituents of onion plants. *Journal of Applied Sciences Research, 3*(11), 1554-1563.

Bagautdinova, Z.Z., Omelyanchuk, N., Tyapkin, A.V., Kovrizhnykh, V.V., Lavrekha, V.V., Zemlyanskaya, E.V. (2022). Salicylic acid in root growth and development. *International Journal of Molecular Sciences, 23*(4), 2228.

Chaharlang-Badil, F., Azizi, K., Eisvand, H.R., Nasrollahi, A.H., Ismaili, A. (2022). Effect of biological and chemical fertilizers and salicylic acid spraying on yield and some physiological traits of wheat under drought stress. *Journal of Plant Productions, 45*(3), 397-408, (In Persian).

Dewayne, L.I., Yeager, T.H. (2003). Propagation of Landscape Plants. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, CIR579, 15p

Dinarvandi, M., Meskarbashee, M., Roshanfekr, H., Soltani-kazemi, J. (2023). The effect of salicylic acid on winter crop production of new potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) in different planting dates in Ahvaz. *Journal of Plant Productions, 45*(4), 561-573, (In Persian).

Epstein, E., Ludwig-Müller, J. (1993). Indole-3-butyric acid in plants: occurrence, synthesis, metabolism and transport. *Acta Physiologia Plantarum, 88*(2), 382-389.

GhorbaniJavid, M., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., Sanavy, S.A.M.M., Allahdadi, I. (2011). The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. *Australian Journal of Crop Science, 5*(6), 726-734.

Jamshid-Nezhad, E., Hatam-Zadeh, A., Tajvar, Y. (2019). Effect of auxin and putrescine on some morphological indices of Photinia ornamental shrub. 11th Congress of Iranian Horticultural Science, Urmia, Iran, (In Persian).

Karimi, H.R., Afzalifar, M.O.S.T.A.F.A. Mansouri, M. Z. (2012). The effect of IBA and salicylic acid on rooting and vegetative parameters of pomegranate cuttings. *International Journal of Agriculture: Research and Review, 2*, 1085-1091.

Karimzadeh, A., Tehranifar, A., Nemati, H., Youssefi, F. (2021). The effect of IBA, medium and diameter of cuttings on quantity of rooting of Damask rose. *Iranian Journal of Horticultural Science (IJHS), 51*(4), 889-898, (In Persian).

Khaleghi, E., Alavipour-Jallieh, S. (2019). Response of rooting and some biochemical traits of cutting of olive (*Olea europaea* L.) cv. Concervolia to indole butyric acid and puterscine. *Seedling and Seed Crops, 35*(2), 221-263, (In Persian).

Khan, M.A., Wang, Y., Muhammad, B., Uddin, S., Saeed, A., Khan, D., Kui, J.Z. (2022). Morpho-physiological and phytohormonal changes during the induction of adventitious root development stimulated by exogenous IBA application in Magnolia biondii Pamp. *Brazilian Journal of Biology, 84*, e255664.

Khavarinejad, R.A., Mehrabian, S., Asadi, A. (2003). The effect of salicylic acid on the concentration of triterpenoid saponins in daisy (*Bellis perenins* L.) plant infected by bacterial and fungi. *Journal of Science (Kharazmi University), 3*(1), 181-190, (In Persian).

Khosh-khui, M. (2018). Kester's plant propagation: principles and Hartmann practices, Ninth edition. (Translated in Persian).

Ludwig-Müller, J. (2000). Indole-3-butyric acid in plant growth and development. *Plant Growth Regulation, 32*, 219-230.

Majda, M., Robert, S. (2018). The role of auxin in cell wall expansion. *International Journal of Molecular Sciences, 19*(4), 951.

Moalemi, N., Chehrazi M. (2005). The effect of auxin hormone on the rooting of leafless paper flower (*Bougainvillea spectabilis*) cuttings in plastic tunnel. *Scientific Journal of Agriculture, 27*(2), 127-138, (In Persian).

Noori, I., Muhammed, A.A. (2020). Rooting of peach (*Prunus Persica* (L.) Batsch) hardwood cuttings as affected by IBA concentration and substrate pH. *Journal of Applied Horticulture, 22*(1), 33-37.

Oliveira, J.A.A., Bruckner, C.H., da Silva, D.F.P., dos Santos, C.E.M., de Albuquerque Filho, F.T.R., Amaro, H.T.R. (2018). Indolebutyric acid on rooting of peach hardwood cuttings. Seminar, Ciências Agrárias, *39*(5), 2273-2280.

Rashoudi, Z., Abotalebi, A., Chehrazi, M. (2014). Effect of cutting size and IBA concentrations on rooting of hard wood cuttings in *Bougainvillea spectabilis* Willd. *Journal of Plant Productions, 37*(3), 93-103, (In Persian).

Rostamikia, Y., Tabari-Kouchaksaraei, M., Asgharzadeh, A., Rahmani, A. (2021). Effects of IBA and Mycorrhizal fungi inoculation on rooting and growth of the semi-hardwood cuttings of *Corylus avellana* L. *Ecology of Iranian Forest, 9*(18), 34-42, (In Persian).

Safari-Mutlaq, M.R., Kaviani, K., Ansari, M.H. (2021). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi species on some growth, biochemical and element absorption traits in the rooting of cuttings of olive cultivars. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 34*(2), 481-493, (In Persian).

Samiei, L., Naderi, R., Khalighi, A., Bushehri, A.A., Mozaffarian, V., Esselink, D., Smulders, M.J.M. (2009). In search of genetic diversity in *Rosa foetida* Hermann in Iran. *Acta Horticulturae, 836*, 25–30.

Sateei, A., Habibi, M., Ebadi, M., Shikravi, S., Ahmadi Golsefidi, M. (2022). Evaluation of the effects of exogenous auxin and cytokinin hormones on growth, morphology, photosynthetic pigment content and the possibility of creating favorable responses in the ornamental plant Adenium obesum. *Journal of Plant Environmental Physiology, 500*(1), 1-7, (In Persian).

Shabani, F., Omidvar, S., Kaboudi, P.S., Pasha, H., Khafri, S., Najafzadehvarzi, H Bouzari, Z. (2024). The effect of *Rosa foetida* extract along with self-care education on primary dysmenorrhea: A prospective randomized clinical trial. *Clinical and Experimental Obstetrics and Gynecology, 51*(1), 16.

Shirinabadi-Farahani, M., Rezainejad, A.H., Selgi, M., Mousavifard, S. (2016). Investigating the effect of auxin hormone (IBA) on the rooting of *Rosa*, The Second Scientific Research Conference on Biology and Horticulture in Iran. Tehran, (In Persian).

Shoor, M., Behzadi, M., Guldani. (2012). Study of rooting, quantitative and anatomical traits on two coleus spices in high level carbon dioxide. *Horticultural Sciences, 26*(3), 277-285, (In Persian).

Song, X., Li, R., Zhang, Q., He, S., Wang, Y. (2022). Antibacterial effect and possible mechanism of salicylic acid microcapsules against Escherichia coli and Staphylococcus aureus. International *Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(19), 12761.

Qojagh Dardi, A., Mohammad Esmaili, M., Sattarian, A., Rahemi Karizaki, A. (2013). Studying the effect of waterlogging stress on root characteristics in Maritimus Jancus plant. National Conference on Natural Resources Management.Gonbad Kavous University, Golestan, (In Persian).

Talebi, M.R., Matloobi, M., Alizadeh, S., Amani, M. (2024). Effect of different levels of IBA and cutting positions on the rooting of greenhouse rose cv. “Cherry Brandy” (*Rosa hybrida* L.) cuttings. *Plant Productions, 46*(4), 599-610, (In Persian).

Thomas C., & Moore, T.C. (1989). Biochemistry and Physiology of Plant Hormones. Springer Science and Business Media.

Vahdati-Mashhadian, N., Beikmohammadi, A., Tehranifar, S., Nemati, H. (2013). The effect of different concentrations of auxin hormone on the rooting of *Colutea buhsei* Boiss. hardwood cuttings. 8th Congress of Horticultural Sciences of Iran. Bu-Ali Sina University. Hamedan, (In Persian).

Wei, K., Ruan, L., Wang, L., Cheng, H. (2019). Auxin-induced adventitious root formation in nodal cuttings of *Camellia sinensis*. *International Journal of Molecular Sciences, 20*(19), 4817.

Flower and Ornamental Plants (2025), 10(2): 269-284
Research article

Persian yellow rose (*Rosa foetida* Herrm.) propagation by softwood cuttings treated with indole-3-butyric acid and salicylic acid

Zeinab Abdoljabari, Orang Khademi*, Shahpour Khangholi

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran
o.khademi@shahed.ac.ir

Received: 2025/01/06, Revised: 2025/08/13, Accepted: 2025/08/17

Abstract

Persian yellow rose (*Rosa foetida* Herrm.) is native to Iran and is one of the wild species in the *Rosa* genus. Beyond its ornamental value, this plant possesses countless medicinal properties, yet it has attracted little attention despite its potential for cultivation due to both aesthetic and therapeutic benefits. In this study, propagation of Persian yellow rose via softwood cuttings was investigated using the plant growth regulators auxin (IBA) and salicylic acid (SA). Softwood cuttings, 15 cm long and approximately 0.5 cm thick, were collected in August 2023. All leaves except one were removed. Cuttings were treated with either indole-3-butyric acid (IBA) or SA at concentrations of 500, 1,000, and 2,000 mg L^{-1}, with distilled water as a control. They were then placed in a substrate of 70% sand and 30% perlite. After three months, once rooting had occurred and new shoots emerged, the cuttings were evaluated for root and shoot traits. Results showed significant differences among treatments (except for stem diameter). The highest rooting percentage (95%) was achieved using 2,000 mgL^{-1} SA (36% higher than the control). While the treatment with 2000 mg L^{-1} IBA showed 60% rooting, it exhibited 10% less rooting compared to the control and had a higher decay percentage. However, cuttings treated with 2,000 mg L^{-1} IBA showed the highest values in fresh and dry root weight, root volume, shoot length, fresh and dry shoot weight, and leaf number. Meanwhile, cuttings with 2,000 mgL^{-1} SA exhibited the greatest main-root length and diameter, though in most traits they did not differ significantly from the control. Overall, applying IBA and SA, especially at high concentration (2,000 mg L^{-1}), proved effective at enhancing rooting characteristics and rooting percentage, respectively, in Persian yellow rose cuttings. It appears that mixing both growth regulators may yield even more effective results, which future research should investigate.

Keywords: Plant growth regulator, *Rosa foetida* Herrm., Rooting, Softwood cuttings.