نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۷ شماره ۴، صفحه ۴۳۵-۴۲۵، (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2020.127805.1861
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0883.1398.27.413.78.4.32.41

تأثیر توأم ایندول‌بوتیریک‌اسید با اسیدآسکوربیک یا کیتوزان بر ریشه‌زایی قلمه‌های انجیلی (*Parrotia persica* (DC.) C. A. Mey.)

علیرضا خالقی [۱*] و کیارش معصومی [۲]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران. پست الکترونیک: a-khaleghi@araku.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸

چکیده

تکثیر غیرجنسی یکی از مهم‌ترین روش‌های حفظ گونه‌های درختی بومی و در معرض خطر است. پژوهش پیش‌رو به‌منظور شناسایی تیمار مناسب برای افزایش ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی انجیلی (*Parrotia persica* (DC.) C. A. Mey.) انجام شد. برای این منظور، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. قلمه‌های خشبی انجیلی در آذرماه از شاخه‌های یک‌ساله جنگل‌های چالوس تهیه شدند و به گلخانه گروه علوم باغبانی در دانشگاه اراک منتقل شدند. پس از تیمار یا عدم تیمار با اسیدآسکوربیک دو درصد و یا کیتوزان یک درصد، تیمار ایندول‌بوتیریک‌اسید (IBA) با غلظت‌های صفر، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اعمال شد. پس از گذشت پنج ماه، صفات درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه در هر قلمه، میانگین طول ریشه، قطر ریشه اصلی و حجم ریشه ارزیابی شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، با افزایش غلظت IBA، تمام صفات ریشه‌زایی افزایش یافت. همچنین، کاربرد توأم اسیدآسکوربیک دو درصد و IBA در بهبود صفات ریشه‌زایی مؤثرتر از کیتوزان یک درصد بود. کاربرد اسیدآسکوربیک دو درصد همراه با IBA باعث افزایش معنی‌دار درصد ریشه‌زایی، طول، قطر و حجم ریشه شد. بیشترین درصد ریشه‌زایی (۶۱/۵۴ درصد)، طول ریشه اصلی (۲۳/۵۴ سانتی‌متر)، قطر ریشه اصلی (۰/۷۶ میلی‌متر) و حجم ریشه (۳/۴۳ میلی‌متر مکعب) در تیمار ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA همراه با اسیدآسکوربیک دو درصد به‌دست آمد. بنابراین، استفاده از اسیدآسکوربیک تأثیر مثبتی بر بهبود ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی درخت انجیلی داشت.

واژه‌های کلیدی: اکسین، تکثیر غیرجنسی، قلمه خشبی، مواد کمک‌ریشه‌زا.

مقدمه

درخت انجیلی با نام علمی *Parrotia persica* (DC.) C. A. Mey. از خانواده Hamamelidaceae جزو گیاهان اندمیک جنگل‌های هیرکانی است که به‌طور طبیعی در جنگل‌های شمال ایران می‌روید (Sabeti, 2008). ازجمله ویژگی‌های منحصربه‌فرد این گونه گیاهی می‌توان به تنوع بی‌نظیر رنگ برگ پاییزه آن، شکوفه‌های زمستانی، سایه‌اندازی مناسب، تنه‌ای با نقش‌های زیبا، مقاومت زیاد آن در برابر آلودگی‌های شهری، آفات و بیماری‌ها و از همه مهم‌تر، انحصاری و بومی بودن این گونه گیاهی (Sabeti, 2008) اشاره کرد. باتوجه به این ویژگی‌ها می‌توان از آن به‌عنوان یک گونه زینتی در طراحی فضای سبز شهری،

پارک‌های جنگلی، حاشیه جاده‌ها و خیابان‌ها استفاده کرد. این گونه ارزشمند در نهالستان‌ها تکثیر نمی‌شود و تاکنون گزارش موفقی از تکثیر آن ارائه نشده است. از سوی دیگر، زادآوری این گونه به‌روش جنسی در جنگل کمتر وجود دارد و بیشتر به‌صورت غیرجنسی ازطریق پاجوش و ریشه‌جوش انجام می‌شود. با این‌حال، متوسط پاجوش به‌ازای هر پایه درخت مادری آن اندک است (Khosropour *et al.*, 2011). علاوه‌براین، قطع بی‌رویه، تخریب رویشگاه و عدم توجه کافی به این گونه، این گنجینه بوم‌شناختی را در معرض خطر شدید قرار داده است (Sefidi *et al.*, 2011)، بنابراین توجه به تکثیر و پرورش این گونه ارزشمندلازم و ضروری به‌نظر می‌رسد.

تکثیر با قلمه‌های چوب‌سخت از آسان‌ترین و کم‌هزینه‌ترین انواع روش‌های تکثیر غیرجنسی به‌شمار می‌رود (Hartmann *et al.*, 2002). همچنین، تکثیر رویشی یکی از مهم‌ترین روش‌های حفظ منابع ژنتیکی گیاهان است (Baul *et al.*, 2010). انجیلی، گونه‌ای سخت‌ریشه‌زا است و برای تسهیل و تسریع در ریشه‌زایی آن باید از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی استفاده شود (Hartmann *et al.*, 2002). امروزه از تنظیم‌کننده‌های رشد اکسینی به‌طور گسترده‌ای برای ریشه‌دار کردن قلمه‌های سخت‌ریشه‌زا استفاده می‌شود (Ercisli *et al.*, 2003). از بین تنظیم‌کننده‌های رشد اکسینی، ایندول‌بوتیریک‌اسید (IBA) به‌دلیل ثبات و اثربخشی بهتر، بیشترین کاربرد را در ریشه‌زایی قلمه‌ها دارد (Tworkoski & Takeda, 2007). از IBA برای ریشه‌زایی قلمه درختان جنگلی همچون *Tectona grandis* (Husen & Pal, 2006)، *Psidium guajava* (Abdullah *et al.*, 2006)، *Dalbergia melanoxylon* (Amri *et al.*, 2010)، *Santalum album* (Azad *et al.*, 2016) و *Sterculia foetida* (Azad *et al.*, 2018) استفاده شده است. تشکیل مریستم‌های ریشه نابجا به غلظت و نوع اکسین و نیز میزان حساسیت بافت گیاهی به این تنظیم‌کننده رشد گیاهی وابسته است (Hartmann *et al.*, 2002)، بنابراین تعیین غلظت مناسب هورمون در زمان تیمار قلمه‌ها اهمیت زیادی دارد، زیرا مصرف بیش از حد هورمون سبب به‌هم خوردن تعادل هورمونی گیاه و درنتیجه، عدم ریشه‌زایی خواهد شد (Amri *et al.*, 2010; Baul *et al.*, 2010).

استفاده از مواد کمک‌ریشه‌زا مانند پراکسیدهیدروژن، اسیدآسکوربیک، پوتریسین و کیتوزان به‌همراه IBA باعث افزایش ریشه‌دهی قلمه‌ها به‌ویژه در گونه‌های سخت‌ریشه‌زا می‌شود. Attarzadeh و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که کاربرد اسیدآسکوربیک دو درصد به‌همراه هورمون IBA باعث افزایش ریشه‌دهی ارقام سخت‌ریشه‌زای زیتون می‌شود. کاربرد نانوکیتوزان به‌همراه هورمون IBA باعث بهبود بسیاری از صفات ریشه‌زایی در قلمه‌های گل‌محمدی شد (Yaryani, 2018). کیتوزان منجر به جذب راحت‌تر و طولانی‌تر مواد شیمیایی و درنتیجه، افزایش جذب ترکیبات شیمیایی از طریق غشای سلولی می‌شود (Yaryani, 2018).

با توجه به اهمیت درخت انجیلی هم به‌عنوان یک گونه جنگلی اندمیک و هم از نظر اهمیت آن در طراحی فضای سبز شهری، حفظ و تکثیر این گونه ارزشمند ضروری است. در پژوهش پیش‌رو، کاربرد هم‌زمان کیتوزان و اسیدآسکوربیک به‌عنوان عوامل کمک‌ریشه‌زا با تنظیم‌کننده رشد IBA بر ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی انجیلی ارزیابی شد. نتایج این پژوهش، امکان تکثیر درخت ارزشمند انجیلی از طریق رویشی را بررسی می‌کند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر کاربرد توأم غلظت‌های مختلف IBA با دو ترکیب کمک‌ریشه‌زای اسیدآسکوربیک و کیتوزان بر ریشه‌زایی قلمه‌های انجیلی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار، ۳۰ قلمه در هر تیمار و ۴۵۰ قلمه در هر تکرار در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۷ اجرا شد. فاکتور اول، هورمون IBA (در پنج سطح شامل صفر، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و فاکتور دوم، اسیدآسکوربیک و یا کیتوزان (در سه سطح شامل صفر، دو درصد اسیدآسکوربیک و یک درصد کیتوزان) بود. پس

از خزان درختان، شاخه‌های یک‌ساله انجیلی در آذرماه سال ۱۳۹۶ از جنگل‌های چالوس جمع‌آوری شده و به گلخانه گروه علوم باغبانی در دانشگاه اراک منتقل شدند. مختصات جغرافیایی منطقه نمونه‌گیری ′۲۶ °۵۱ طول شرقی و ′۳۸ °۳۶ عرض شمالی بود. همچنین، ارتفاع منطقه ۸۸ متر از سطح دریا بود. چالوس از نظر تقسیمات اقلیمی جزو اقلیم معتدل و مرطوب محسوب می‌شود. بیشینه، کمینه و میانگین درجه حرارت سالانه این منطقه به‌ترتیب ۱۹/۶، ۱۲/۷ و ۱۶/۸ درجه سانتیگراد است. بیشینه درجه حرارت در این منطقه ممکن است به بیشتر از ۳۶ درجه سانتیگراد در تابستان و کمینه آن به کمتر از ۱- درجه سانتیگراد در زمستان برسد. میانگین بارندگی سالانه آن نیز حدود ۷۰۰ میلی‌متر گزارش شده است (Masoudian & Kaviani, 2008). از آنجایی‌که امکان تهیه همه قلمه‌های مورد نیاز این پژوهش از یک درخت انجیلی مقدور نبود، شاخه‌های مورد نظر از ۱۳ درخت تهیه شدند. برای کاهش اثر فنوتیپ و یا ژنوتیپ درختان مادری بر نتیجه آزمایش تلاش شد تا درختان مورد نظر در مجاورت هم و از نظر فنوتیپی (قطر و ارتفاع) مشابه هم باشند. همچنین، از آنجایی‌که بخش‌های پایین‌تر درختان، سن فیزیولوژیکی کمتر و درنتیجه، پتانسیل ریشه‌زایی بیشتری دارند (Hartmann *et al.*, 2002)، شاخه‌های مورد نیاز از تمام جهت‌ها و از بخش‌های پایین درختان تهیه شدند. قطر شاخه‌های انتخاب‌شده، ۹ تا ۱۰ میلی‌متر بود که قلمه‌هایی با طول حدود ۱۵ سانتی‌متر از آن‌ها تهیه شد. به‌منظور اعمال تیمارها، ابتدا سه سانتی‌متر انتهای قلمه‌ها با اسیدآسکوربیک دو درصد به‌مدت ۱۵ دقیقه و یا کیتوزان یک درصد به‌مدت شش ساعت تیمار شدند. پس از آن، تیمار قلمه‌ها با تنظیم‌کننده رشد IBA به‌مدت پنج ثانیه انجام شد و قلمه‌ها در بستر کشت حاوی پرلیت کشت شدند. ترکیب، غلظت و مدت اعمال تیمارها در جدول ۱ ارائه شده است. به‌منظور جلوگیری از شیوع بیماری‌های قارچی، ۲۴ ساعت پیش از کشت قلمه‌ها، بستر ریشه‌زایی با پرسیدین (پراستیک‌اسید، Peracetic acid) دو در هزار گندزدایی شد. همچنین، قلمه‌ها پیش از کاشت و در حین ریشه‌زایی، سه مرتبه با قارچ‌کش بنومیل با غلظت یک در هزار ضدعفونی شدند.

طی مراحل ریشه‌زایی، دمای روزانه و شبانه گلخانه به‌ترتیب ۲±۲۴ و ۳±۱۷ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی آن بین ۷۰ تا ۷۵ درصد حفظ شد. پس از گذشت پنج ماه، قلمه‌ها از بستر کشت خارج شده و صفات درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه در هر قلمه، میانگین طول ریشه، قطر ریشه اصلی و حجم ریشه برای آن‌ها ارزیابی شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطوح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱/۳) انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر IBA بر تمام صفات مورد ارزیابی در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود. اثر کاربرد اسیدآسکوربیک و یا کیتوزان فقط بر صفات میانگین طول ریشه و حجم ریشه در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود. هرچند اثر متقابل دو فاکتور مذکور بر صفت تعداد ریشه معنی‌دار نشد، اما این اثر بر صفات درصد ریشه‌زایی و قطر ریشه اصلی در سطح اطمینان ۹۵ درصد و بر صفات میانگین طول ریشه و حجم ریشه در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار شد.

جدول ۱- ترکیب، غلظت و مدت اعمال تیمارهای مورد استفاده در آزمایش

تیمار	ترکیب کمک‌ریشه‌زا	مدت تیمار	غلظت تنظیم‌کننده رشد (میلی‌گرم بر لیتر)	مدت تیمار
T۱	صفر	–	IBA۰	–
T۲	دو درصد اسیدآسکوربیک	۱۵ دقیقه	IBA۰	–
T۳	یک درصد کیتوزان	شش ساعت	IBA۰	–
T۴	صفر	–	IBA۲۰۰۰	پنج ثانیه
T۵	دو درصد اسیدآسکوربیک	۱۵ دقیقه	IBA۲۰۰۰	پنج ثانیه
T۶	یک درصد کیتوزان	شش ساعت	IBA۲۰۰۰	پنج ثانیه
T۷	صفر	–	IBA۴۰۰۰	پنج ثانیه
T۸	دو درصد اسیدآسکوربیک	۱۵ دقیقه	IBA۴۰۰۰	پنج ثانیه
T۹	یک درصد کیتوزان	شش ساعت	IBA۴۰۰۰	پنج ثانیه
T۱۰	صفر	–	IBA۶۰۰۰	پنج ثانیه
T۱۱	دو درصد اسیدآسکوربیک	۱۵ دقیقه	IBA۶۰۰۰	پنج ثانیه
T۱۲	یک درصد کیتوزان	شش ساعت	IBA۶۰۰۰	پنج ثانیه
T۱۳	صفر	–	IBA۸۰۰۰	پنج ثانیه
T۱۴	دو درصد اسیدآسکوربیک	۱۵ دقیقه	IBA۸۰۰۰	پنج ثانیه
T۱۵	یک درصد کیتوزان	شش ساعت	IBA۸۰۰۰	پنج ثانیه

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کاربرد تیمارهای ریشه‌زایی بر صفات ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی انجیلی

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصد ریشه‌زایی	تعداد ریشه	میانگین طول ریشه	قطر ریشه اصلی	حجم ریشه
IBA	۴	۱۶۴۸/۳ **	۴۰/۶ **	۱۳۶/۹ **	۰/۱۸۸ **	۳/۴۱ **
ASA/Chitosan	۲	۲۷۷/۴ ns	۲۰/۲ ns	۱۷۸/۵ **	۰/۰۶۶ ns	۲/۶۹ **
ASA/Chitosan×IBA	۸	۳۴۶/۵ *	۷/۸۷ ns	۹۸/۹۷ **	۰/۰۹۲ *	۱/۶۵ **
خطای آزمایش	۳۰	۱۵۶/۵	۸/۳۲	۲۵/۸۵	۰/۰۳۶	۰/۳۶۷
ضریب تغییرات (درصد)	–	۵۳/۸	۸۰/۶	۵۸/۷	۶۸	۶۰/۷

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ * معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ns غیرمعنی‌دار

درصد ریشه‌زایی

براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳)، بیشترین درصد ریشه‌زایی (۶۱/۵۴ درصد) قلمه‌های خشبی انجیلی در تیمار ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA به‌همراه اسیدآسکوربیک دو درصد به‌دست آمد. با افزایش غلظت هورمون IBA، درصد ریشه‌زایی نیز افزایش یافت، به‌طوری‌که کمترین درصد ریشه‌زایی در تیمار شاهد (تیمار بدون کاربرد تنظیم‌کننده رشد گیاهی) و بیشترین درصد ریشه‌زایی در تیمارهای ۶۰۰۰ و ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA مشاهده شد (جدول ۴ و شکل ۱). همچنین، نتایج نشان داد که در غلظت‌های زیاد هورمون IBA، استفاده از ترکیب کمک‌ریشه‌زای اسیدآسکوربیک دو درصد و یا کیتوزان یک درصد باعث افزایش درصد ریشه‌زایی می‌شود. ترکیب کمک‌ریشه‌زای اسیدآسکوربیک دو درصد در بهبود درصد ریشه‌زایی مؤثرتر از کیتوزان یک درصد بود، به‌طوری‌که تیمار ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA و کاربرد اسیدآسکوربیک دو درصد باعث افزایش به‌ترتیب ۸۴/۶ و ۱۱۸/۲ درصدی ریشه‌زایی نسبت به تیمار کیتوزان یک درصد و تیمار بدون کاربرد ترکیب کمک‌ریشه‌زا شد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کاربرد اسیدآسکوربیک و یا کیتوزان با IBA بر صفات ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی انجیلی

تیمار IBA (ppm)	تیمار اسیدآسکوربیک و یا کیتوزان	درصد ریشه‌زایی	تعداد ریشه	میانگین طول ریشه (cm)	قطر ریشه اصلی (mm)	حجم ریشه (mm^3)
صفر	صفر	۲/۵۶ d	۰/۰۳ d	۰/۱۳ c	۰/۰۱۳ d	۰/۰۲۶ e
صفر	دو درصد اسیدآسکوربیک	۷/۶۹ cd	۰/۲۵ cd	۴/۳۸ bc	۰/۰۹۷ cd	۰/۱۸ de
صفر	یک درصد کیتوزان	۵/۱۲ cd	۱/۱۵ bcd	۳/۷۹ bc	۰/۰۸۳ cd	۰/۲۳ de
۲۰۰۰	صفر	۲۳/۰۷ bcd	۲/۷۴ bcd	۱۱/۲۲ b	۰/۳۶ bcd	۱/۲۳۷ bcd
۲۰۰۰	دو درصد اسیدآسکوربیک	۷/۶۹ cd	۱/۶۷ bcd	۲/۸۱ bc	۰/۰۷ d	۰/۲۸۳ cde
۲۰۰۰	یک درصد کیتوزان	۲۳/۰۸ bcd	۳/۰۵ bcd	۹/۸۱ b	۰/۴۴ abc	۰/۶۶۷ cde
۴۰۰۰	صفر	۱۷/۹۴ bcd	۳/۸۵ bcd	۶/۱۷ bc	۰/۲۵ bcd	۱/۰۸ cde
۴۰۰۰	دو درصد اسیدآسکوربیک	۲۳/۰۷ bcd	۶/۵۶ ab	۱۱/۴۹ b	۰/۳۵ bcd	۱/۳۶ cb
۴۰۰۰	یک درصد کیتوزان	۲۳/۰۸ bcd	۳/۲۸ bcd	۷/۷۶ bc	۰/۲۱۷ bcd	۱/۱۵۷ bcd
۶۰۰۰	صفر	۳۳/۳۳ b	۳/۴۱ bcd	۷/۳۶ bc	۰/۲۸ bcd	۰/۵۹۳ cde
۶۰۰۰	دو درصد اسیدآسکوربیک	۴۱/۰۲ ab	۶/۲۳ ab	۲۰/۹۴ a	۰/۵۰۷ ab	۲/۱۷۷ b
۶۰۰۰	یک درصد کیتوزان	۱۷/۹۵ bcd	۳/۵۹ bcd	۴/۴۱ bc	۰/۱۲۳ cd	۰/۵۲۷ cde
۸۰۰۰	صفر	۲۸/۲ bc	۲/۸۷ bcd	۷/۴۳ bc	۰/۳۱۷ bcd	۰/۹۱ cde
۸۰۰۰	دو درصد اسیدآسکوربیک	۶۱/۵۴ a	۹/۳۱ a	۲۳/۵۴ a	۰/۷۶ a	۳/۴۳ a
۸۰۰۰	یک درصد کیتوزان	۳۳/۳۳ b	۵/۶۴ abc	۸/۶۱ bc	۰/۳۳۷ bcd	۱/۱ cde

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد با یکدیگر هستند.

شکل ۱- ریشه‌زایی قلمه خشبی انجیلی در تیمار ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA به‌همراه اسیدآسکوربیک دو درصد (قلمه سمت چپ) و عدم ریشه‌زایی در تیمار شاهد (قلمه سمت راست)

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر کاربرد IBA بر صفات ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی درخت انجیلی

تیمار IBA (ppm)	درصد ریشه‌زایی	تعداد ریشه	میانگین طول ریشه (cm)	قطر ریشه اصلی (mm)	حجم ریشه (mm^3)
صفر	۵/۱۳ ^{d}	۰/۴۸ ^{c}	۲/۷۷ ^{c}	۰/۰۶۴ ^{c}	۰/۱۴۶ ^{c}
۲۰۰۰	۱۷/۹۵ ^{c}	۲/۴۹ ^{bc}	۷/۹۵ ^{b}	۰/۲۹ ^{ab}	۰/۷۲۹ ^{b}
۴۰۰۰	۲۱/۳۶ ^{bc}	۴/۵۶ ^{ab}	۸/۴۷ ^{ab}	۰/۲۷ ^{b}	۱/۱۹۹ ^{b}
۶۰۰۰	۳۰/۷۷ ^{ab}	۴/۴۱ ^{ab}	۱۰/۹ ^{ab}	۰/۳ ^{ab}	۱/۰۹۹ ^{b}
۸۰۰۰	۴۱/۰۲ ^{a}	۵/۹۴ ^{a}	۱۳/۱۹ ^{a}	۰/۴۷ ^{a}	۱/۸۱ ^{a}

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

تعداد ریشه

نتایج بیانگر اثر مثبت و معنی‌دار تیمار هورمونی IBA بر تعداد ریشه است. کمترین تعداد ریشه با میانگین ۰/۴۸ عدد در هر قلمه مربوط به تیمار شاهد (صفر میلی‌گرم بر لیتر IBA) بود. با افزایش غلظت IBA، تعداد ریشه در هر قلمه نیز افزایش یافت. بیشترین تعداد ریشه در هر قلمه با میانگین ۵/۹۴ عدد مربوط به تیمار ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA بود، اما این مقدار، اختلاف معنی‌داری با تعداد ریشه در تیمارهای ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA نداشت (جدول ۴). کاربرد کیتوزان و یا اسیدآسکوربیک، اثر معنی‌داری بر افزایش تعداد ریشه هر قلمه نداشت. با این وجود، کاربرد دو ترکیب مذکور باعث بهبود تعداد ریشه در هر قلمه شد (جدول ۵).

طول ریشه

بیشترین میانگین طول ریشه در تیمار ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA به‌همراه اسیدآسکوربیک دو درصد و سپس در تیمار ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA به‌همراه اسیدآسکوربیک دو درصد به‌ترتیب با میانگین ۲۳/۵۴ و ۲۰/۹۴ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). براساس نتایج

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، کاربرد اسیدآسکوربیک باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه شد، در حالی‌که کاربرد کیتوزان، تفاوت معنی‌داری با تیمار بدون کاربرد ترکیب کمک‌ریشه‌زا نداشت. علاوه‌براین، اثر اسیدآسکوربیک در افزایش طول ریشه، زمانی قابل توجه است که در ترکیب با غلظت‌های زیاد IBA به‌کار رود. کاربرد اسیدآسکوربیک در غلظت‌های کم IBA، اثر معنی‌داری بر افزایش طول ریشه نسبت به تیمارهای حاوی کیتوزان و یا تیمارهای فاقد ترکیب کمک‌ریشه‌زا نداشت.

قطر ریشه اصلی

بیشترین قطر ریشه اصلی با میانگین‌های ۰/۷۶ و ۰/۵۰۷ میلی‌متر به‌ترتیب در تیمار ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA در ترکیب با اسیدآسکوربیک دو درصد و تیمار ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA به‌همراه دو درصد اسیدآسکوربیک مشاهده شد، درحالی‌که کمترین قطر ریشه مربوط به تیمار بدون کاربرد هورمون و ترکیب کمک‌ریشه‌زا (تیمار شاهد) بود. به‌طور کلی، نتایج حاکی از آن بود که افزایش غلظت هورمون IBA زمانی‌که همراه با اسیدآسکوربیک به‌کار می‌رود، باعث افزایش قطر ریشه می‌شود.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر کاربرد اسیدآسکوربیک و یا کیتوزان بر صفات ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی درخت انجیلی

تیمار اسیدآسکوربیک و یا کیتوزان	درصد ریشه‌زایی	تعداد ریشه	میانگین طول ریشه (cm)	قطر ریشه اصلی (mm)	حجم ریشه (mm^3)
صفر	۲۱/۰۲ a	۲/۵۸ a	۶/۴۶ b	۰/۲۴ a	۰/۷۷ b
دو درصد ASA	۲۸/۲ a	۴/۸ a	۱۲/۶۳ a	۰/۳۶ a	۱/۴۹ a
یک درصد Chitosan	۲۰/۵۱ a	۳/۳۴ a	۶/۸۸ b	۰/۲۴ a	۰/۷۴ b

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

حجم ریشه

همانند صفات درصد ریشه‌زایی، تعداد، طول و قطر ریشه، بیشترین حجم ریشه نیز در تیمار ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA به‌همراه اسیدآسکوربیک دو درصد و سپس در تیمار ۶۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA به‌همراه اسیدآسکوربیک دو درصد به‌ترتیب با میانگین‌های ۳/۴۳ و ۲/۱۷۷ میلی‌متر مکعب مشاهده شد. کمترین حجم ریشه نیز در تیمار شاهد (تیمار بدون کاربرد هورمون و ترکیب کمک‌ریشه‌زا) به‌دست آمد. ازسوی دیگر، حجم ریشه در بسیاری از تیمارهای حاوی کیتوزان، تفاوت معنی‌داری با تیمارهای فاقد ترکیب کمک‌ریشه‌زا نداشت. به‌عبارت دیگر، از بین دو ترکیب کمک‌ریشه‌زای استفاده‌شده، اسیدآسکوربیک دو درصد در افزایش حجم ریشه بسیار مؤثرتر از کیتوزان یک درصد بود.

بحث

انجیلی از گونه‌های اندمیک و باارزش جنگل‌های هیرکانی است که زادآوری آن با روش جنسی به‌ندرت در سطح جنگل دیده می‌شود (Khosropour *et al*., 2011)، بنابراین تکثیر غیرجنسی می‌تواند در تولید انبوه این گونه کارآمد باشد. در پژوهش پیش‌رو، اثر غلظت‌های مختلف IBA نشان داد که با افزایش غلظت این تنظیم‌کننده رشد، درصد ریشه‌زایی نیز افزایش می‌یافت. بیشترین درصد ریشه‌زایی در غلظت ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA مشاهده شد، در حالی‌که کمترین درصد ریشه‌زایی مربوط به تیمار بدون کاربرد تنظیم‌کننده رشد گیاهی (تیمار شاهد) بود. این نتیجه حاکی از سخت‌ریشه‌زا بودن قلمه‌های خشبی انجیلی است. در بسیاری از گونه‌های سخت‌ریشه‌زا، کاربرد غلظت‌های زیاد اکسین توصیه شده است. به‌عبارتی، به‌کارگیری اکسین به‌صورت طبیعی یا مصنوعی، لازمه‌ای بر

شروع رشد ریشه نابجا روی ساقه است (Hartmann *et al*., 2002). اکسین از طریق القا و تحریک تقسیم سلولی و تمایز ریشه‌ها سبب افزایش ریشه‌زایی می‌شود (Hartmann *et al*., 2002). در راستای نتایج پژوهش پیش‌رو، بیشترین و کمترین درصد ریشه‌زایی در قلمه‌های خشبی *Sterculia foetida* به‌ترتیب در تیمار با ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر IBA و تیمار شاهد گزارش شد (Azad *et al*., 2018).

یافته‌های پژوهش پیش‌رو نشان داد که افزایش غلظت IBA از ۲۰۰۰ تا ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر منجر به افزایش تدریجی درصد ریشه‌زایی، تعداد، قطر و طول ریشه شد. گزارش شده است که در *Sterculia foetida* (Azad *et al*., 2018)، *Khaya anthotheca* (Opuni-Frimpong *et al*., 2008)، *Khaya ivorensis* (Opuni-Frimpong *et al*., 2008) و *Santalum album* (Azad *et al*., 2016) افزایش غلظت IBA تا ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش ریشه‌زایی قلمه‌ها شد، اما مغایر با این نتایج، در قلمه‌های *Melia azadirach* (Kamaluddin, 1999)، *Psidium guajava* (Abdullah *et al*., 2006) و *Litsea monopetala* (Baul *et al*., 2011) بیشترین ریشه‌زایی در تیمار با غلظت‌های کم IBA مشاهده شد. این نتایج ممکن است به این دلیل باشد که محتوای اکسین درونی در گونه‌های مختلف متفاوت است، بنابراین قلمه گونه‌های مختلف برای ریشه‌زایی مطلوب به غلظت‌های متفاوتی از IBA نیاز دارند. علاوه‌براین، محتوای اکسین درونی هر گونه ممکن است بسته به زمان قلمه‌گیری متفاوت باشد (Abdullah *et al*., 2006). در راستای نتایج پژوهش پیش‌رو نیز در گونه‌های درختی بسیاری همچون *Sterculia foetida* (Azad *et al*., 2018)، *Khaya ivorensis* (Opuni-Frimpong *et al*., 2008) و *Swietenia macrophylla* (Azad & Matin, 2015) گزارش شده است که کاربرد IBA بر طول و تعداد ریشه در هر قلمه مؤثر است، در حالی‌که IBA در برخی گونه‌ها ازجمله *Holarrhena pubescens* (Baul *et al*., 2010) اثر معنی‌داری بر تعداد و طول ریشه در هر قلمه نداشت. مقدار کم اکسین درونی قلمه‌های متعلق به گونه‌های سخت‌ریشه‌زا ممکن است توانایی ریشه‌زایی، تعداد و طول ریشه را کاهش دهد (Azad *et al*., 2018)، بنابراین برای ریشه‌زایی موفق این گونه‌ها، کاربرد غلظت‌های زیاد IBA توصیه شده است (Hartmann *et al*., 2002).

براساس نتایج پژوهش پیش‌رو، در کنار کاربرد IBA استفاده از اسیدآسکوربیک دو درصد باعث بهبود معنی‌دار صفات ریشه‌زایی ازجمله درصد ریشه‌زایی، طول، قطر و حجم ریشه شد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که کاربرد اسیدآسکوربیک دو درصد در بهبود صفات ریشه‌زایی مؤثرتر از کیتوزان یک درصد است. استفاده از مواد کمک‌ریشه‌زا باعث افزایش تحریک ریشه‌زایی در قلمه‌های سخت‌ریشه‌زا می‌شود. قلمه گیاهان علاوه‌بر اکسین درونی، کوفاکتورهای ریشه‌زایی دارد که به‌صورت سینرژیک با اکسین باعث بهبود ریشه‌زایی می‌شوند. ازجمله کوفاکتورها، ترکیبات فنولی هستند که از شکسته شدن اکسین طبیعی توسط آنزیم اکسیداز جلوگیری می‌کنند (Hartmann *et al*., 2002). اسیدآسکوربیک به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان، مانع از اکسیده شدن ترکیبات فنولی می‌شود و درنتیجه، موجب تسهیل در ریشه‌زایی قلمه‌های سخت‌ریشه‌زا می‌شود. گزارش شده است که وجود اسیدآسکوربیک در زمان ریشه‌زایی مانع اکسیده شدن ترکیبات فنولی و همچنین مانع شکسته شدن اکسین‌ها می‌شود که این امر، بهبود ریشه‌زایی قلمه‌های لیموشیرین (Aboutalebi & Tafazoli, 2006) و ارقام سخت‌ریشه‌زای زیتون (Attarzadeh *et al*., 2016) را در پی داشت. براساس نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو، هرچند که کیتوزان به‌اندازه اسیدآسکوربیک بر ریشه‌زایی قلمه‌های انجیلی مؤثر نبود، اما تا حدودی باعث بهبود برخی صفات ازجمله تعداد ریشه در هر قلمه شد. تاکنون پژوهش‌های زیادی درمورد اثر کیتوزان بر درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها انجام نشده است. کیتوزان می‌تواند از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های مؤثر در اکسیداسیون و ایجاد اثر سینرژیکی سبب بهبود جذب و انتقال IBA شود که درنهایت، بر ریشه‌زایی اثر می‌گذارد (Yaryani, 2018). از سوی دیگر، کیتوزان در

غلظت مناسب در ترکیب با هورمون سبب هیدراته شدن بافت قلمه‌ها و حفظ رطوبت آن‌ها شده و از این طریق، بهبود صفات ریشه‌زایی را در پی دارد (Khot *et al.*, 2012).

درمجموع، نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که قلمه‌های خشبی انجیلی، سخت‌ریشه‌زا بودند، بنابراین به‌منظور ریشه‌زایی مطلوب، استفاده از IBA با غلظت‌های زیاد ضروری است. همچنین، استفاده از ترکیب کمک‌ریشه‌زا به‌ویژه اسیدآسکوربیک به‌همراه IBA تأثیر مثبتی بر افزایش ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی انجیلی دارد. تیمار قلمه‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه با اسیدآسکوربیک دو درصد و سپس، تیمار با هورمون IBA با غلظت ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برای ریشه‌زایی موفق قلمه‌های خشبی انجیلی توصیه می‌شود. همچنین، از آنجایی‌که بیشینه ریشه‌زایی در بیشترین غلظت IBA به‌دست آمد، توصیه می‌شود اثر کاربرد غلظت‌های بیشتر این هورمون به‌همراه غلظت‌های دیگر کمک‌کننده‌های ریشه‌زایی به‌ویژه اسیدآسکوربیک بررسی شود.

منابع مورد استفاده

- Abdullah, A.T.M., Hossain, M.A. and Bhuiyan, M.K., 2006. Clonal propagation of guava (*Psidium guajava* Linn.) by stem cutting from mature stockplants. Journal of Forestry Research, 17(4): 301-304.
- Aboutalebi, A. and Tafazoli, E., 2006. Effect of cutting time and auxin on rooting of sweet lime (*Citrus limetta* L.). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 13(5): 29-37 (In Persian).
- Amri, E., Lyaruu, H.V.M., Nyomora, A.S. and Kanyeka, Z.L., 2010. Vegetative propagation of African Blackwood (*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.): Effects of age of donor plant, IBA treatment and cutting position on rooting ability of stem cuttings. New Forests, 39(2): 183-194.
- Attarzadeh, M., Aboutalebi, A. and Attarzadeh, M., 2016. Effect of different hormonal treatments and rooting-cofactors on rooting of olive cultivars (Fishomi and Shiraz). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 7(1): 49-58 (In Persian).
- Azad, M.S., Alam, M.J., Mollick, A.S. and Islam Khan, M.N., 2018. Rooting of cuttings of the wild Indian almond tree (*Sterculia foetida*) enhanced by the application of indole-3-butyric acid (IBA) under leafy and non-leafy conditions. Rhizosphere, 5: 8-15.
- Azad, M.S., Alam, M.J., Mollick, A.S. and Matin, M.A., 2016. Responses of IBA on rooting, biomass production and survival of branch cuttings of *Santalum album* L., a wild threatened tropical medicinal tree species. Journal of Science, Technology and Environment Informatics, 2(3): 195-206.
- Azad, M.S. and Matin, M.A., 2015. Effect of indole-3-butyric acid on clonal propagation of *Swietenia macrophylla* through branch cutting. Journal of Botany, Article ID: 249308, 7p.
- Baul, T.K., Hossain, M.M., Mezbahuddin, M. and Mohiuddin, M., 2011. Vegetative propagation of *Litsea monopetala*, a wild tropical medicinal plant: Effects of indole-3-butyric acid (IBA) on stem cuttings. Journal of Forestry Research, 22(3): 409-416.
- Baul, T.K., Mezbahuddin, M., Hossain, M.M. and Mohiuddin, M., 2010. Vegetative propagation of *Holarrhena pubescens*, a wild tropical medicinal plant: effect of indole-3-butyric acid (IBA) on stem cuttings. Forestry Studies in China, 12(4): 228-235.
- Ercisli, S., Esitken, A., Cangi, R. and Sahin, F., 2003. Adventitious root formation of kiwifruit in relation to sampling date, IBA and *Agrobacterium rubi* inoculation. Plant Growth Regulation, 41(2): 133-137.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T. and Geneve, R.L., 2002. Plant Propagation: Principles and Practices, Seventh Edition. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 880p.
- Husen, A. and Pal, M., 2006. Variation in shoot anatomy and rooting behaviour of stem cuttings in relation to age of donor plants in teak (*Tectona grandis* Linn. f.). New Forests, 31(1): 57-73.
- Kamaluddin, M. 1999. Clonal forestry- Plus Tree Plantation Technology. Gono Unnon Library, Dhanmondi, Dhaka, Chittagong.
- Khosropour, S., Heydari, M., Etemad, V. and Marvi Mohajer, M.R., 2011. Effect of physiography on asexual reproduction of Iron wood (Case study: Kheiroud forest). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(1): 154-162 (In Persian).
- Khot, L.L., Sankaran, S., Maja, J.M. Ehsani, R. and Schuster, E.W., 2012. Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: A review. Crop Protection, 35: 64-70.
- Masoudian, S.A. and Kaviani, M.R., 2008. Climatology of Iran. University of Isfahan, 182p.
- Opuni-Frimpong, E., Karnosky, D.F., Storer, A.J. and Cobbinah, J.R., 2008. Key roles of leaves, stockplant age, and auxin concentration in vegetative

propagation of two African mahoganies: *Khaya anthotheca* Welw. and *Khaya ivorensis* A. Chev. New Forests, 36: 115-123.
- Sabeti, H., 2008. Forest, Trees and Shrubs of Iran. 5th edition, Yazd University, Yazd, 886p (In Persian).
- Sefidi, K., Marvie Mohadjer, M.R., Etemad, V. and Copenheaver, C.A., 2011. Stand characteristics and distribution of a relict population of Persian ironwood (*Parrotia persica* C.A. Meyer) in northern Iran. Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 206(5): 418-422.
- Tworkoski, T. and Takeda, F., 2007. Rooting response of shoot cuttings from three peach growth habits. Scientia Horticulturae, 115(1): 98-100.
- Yaryani, Z., 2018. The application of nanochitosan and Indole-3-Butyric Acid on stems rooting of Damask rose (*Rose damascena* Mill). M.Sc. thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, 144p (In Persian).

Effect of Ascorbic acid or Chitosan application with Indole-3-Butyric Acid on rooting of *Parrotia persica* (DC.) C. A. Mey. cuttings

A. Khaleghi [1*] and K. Masoumi [2]

1*- Corresponding author, Assistant Prof., Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran. E-mail: a-khaleghi@araku.ac.ir
2- M.Sc. Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran

Received: 19.09.2019 Accepted: 18.01.2020

Abstract

Vegetative propagation is one of the important conservation means of native and threatened tree species. The aim of this study was to find a suitable treatment for increasing the rooting of *Parrotia persica* (DC.) C. A. Mey. hardwood cuttings. For this purpose, the factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications. The hardwood cuttings were taken from one-year-old shoots in December. After treatment with or without 2% Ascorbic acid or 1% Chitosan, cuttings were treated with different concentrations of IBA (0, 2000, 4000, 6000 or 8000 mg/L). The traits of rooting percentage, number of roots per cuttings, average root length, root diameter, and root volume were evaluated after five months. Results showed that all rooting traits increased with increasing IBA concentration. Further, the application of 2% Ascorbic acid with IBA was more effective than Chitosan on improving rooting traits. Application of 2% Ascorbic acid in combination with IBA significantly increased rooting percentage, root length, root diameter, and root volume. The highest rooting percent (61.54%), root length (23.54 cm), main root diameter (0.76 mm) and root volume (3.43 mm3) were observed in 8000 mg/L IBA in combination with 2% Ascorbic acid. Therefore, the application of Ascorbic acid had a positive effect on the rooting of *Parrotia persica* hardwood cuttings.

Keywords: Auxin, hardwood cutting, rooting-cofactors, vegetative propagation.