تأثیر نوع بستر ریشه‌زایی، نوع قلمه و تیمار اکسین (IBA) در تکثیر سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica* var. glabra)

عزیزاله خندان میرکوهی[1]*، علیرضا مشرفی عراقی[1]، لقمان حق دوست[1]، فاطمه رشید رستمی[1] و سپیده صحرایی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۱۰)

چکیده

در سرو نقره‌ای یا سرو سیمین (*Cupressus arizonica*) ریشه‌زایی قلمه‌ها به آسانی امکان‌پذیر نیست. بنابراین، به منظور بهینه‌سازی ریشه‌زایی قلمه‌های این گیاه، آزمایشی به‌صورت چندعاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و چهار قلمه در هر تکرار، انجام گرفت. در این تحقیق، چهار نوع قلمه ۱۵ سانتی‌متری (انتهایی یا زیرانتهایی) از نصف فوقانی و یا تحتانی یک درخت ۱۵ ساله تحت نام فوقانی انتهایی، فوقانی زیرانتهایی، تحتانی انتهایی و تحتانی زیرانتهایی گرفته شد و چهار نوع بستر ریشه‌زایی (پیت خالص، پیت+ پرلیت، خاک‌برگ پوسیده و ماسه بادی) و چهار غلظت اکسین از نوع ایندول بوتیریک اسید (غلظت‌های ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) استفاده گردید. قلمه‌ها بعد از شش ماه برداشت شدند و درصد ریشه‌زایی، درصد کالوس‌زایی و طول و تعداد ریشه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمارهای به‌کار گرفته شده تأثیر معنی‌داری (P≤۰/۰۱) بر درصد ریشه‌زایی و کالوس‌زایی، طول ریشه و تعداد ریشه داشت. بیشتر قلمه‌ها در بستر کشت خاک‌برگ پوسیده از بین رفتند. کمترین درصد ریشه‌زایی، طول ریشه و تعداد ریشه در قلمه تحتانی زیرانتهایی و سپس فوقانی زیرانتهایی، در بستر کشت ماسه بادی حاصل شد. بیشترین درصد ریشه‌زایی، طول ریشه و تعداد ریشه در قلمه تحتانی انتهایی، بستر ریشه‌زایی پیت+ پرلیت و هورمون اکسین با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: قلمه تحتانی، قلمه انتهایی، تکثیر غیر جنسی، طول ریشه

مقدمه

سرو سیمین یا سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) درختی همیشه سبز از خانواده Cupressaceae می‌باشد که تا ارتفاع ۱۲ متر و پهنه گسترش ۴/۵ متر رشد می‌کند (۱۵). زیستگاه اصلی این گیاه ایالت آریزونا در آمریکا می‌باشد و تا ارتفاع ۱۲۰۰ تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا پراکنش دارد (۱۸). این گونه گیاهی در نیم قرن اخیر وارد ایران شده و به جهت سازگار بودن، به سهولت در اکثر نقاط کشور، به‌ویژه در مناطق معتدل سرد و معتدل مرطوب، کشت و کار شده است. این درخت مقاوم به خیلی از شرایط نامساعد، از جمله خاک‌های سنگین، خشک و آهکی و نیز آفات و بیماری‌ها می‌باشد (۱۱، ۱۲ و ۱۵). این جنس از سروها به طور عمده در فضاهای سبز، برای کنترل فرسایش و به عنوان بادشکن (۲۱) مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین، اثرهای بیولوژیک کشنده روغن ضروری حاصل از برگ این گیاه در کنترل لارو مگس مالاریا به اثبات رسیده است (۱۶). بنابراین، با توجه به رشد متراکم و رضایت‌بخش سالانه، جنبه‌های زینتی و فرم‌پذیری مطلوب، چوب صنعتی، تولید صمغ و متابولیت‌های ثانویه، به عنوان یک گونه گیاهی زینتی، جنگلی، صنعتی و دارویی، ازدیاد این گیاه و به‌ویژه کلون‌سازی آن از اهمیت زیادی برخوردار است.

این گیاه به‌طور سنتی به روش جنسی و با کشت بذر تکثیر می‌شود. هرچند که روش تکثیر جنسی این گیاه به ثبت

۱. گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: khandan.mirkohi@ut.ac.ir

رسیده است (۱۱). به دلایلی از قبیل زمان‌بر بودن اصلاح گونه‌های انتخاب شده شبه والد با روش کشت بذر (۷)، هم‌شکل نبودن گیاهان حاصل از کشت بذر، سخت بودن شناسایی و جمع‌آوری بذرهای رسیده و نیز کم بودن درصد جوانه‌زنی بذرهای این گیاه (۱)، تکثیر غیر جنسی، از جمله کاربرد پیوند، فنون ریزازدیادی و ریشه‌زایی قلمه به منظور تولید یکنواخت و دستیابی به گیاهان هم‌شکل، نسبت به تکثیر جنسی ترجیح داده می‌شود (۴). این مورد به ویژه برای تکثیر گیاهان هم‌شکل از منابع ژنتیک محدود و کلون‌های مقاوم به بیماری قارچی سرطان سرو (Cypress cortical cancer) که شیوع زیادی نیز یافته، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (۸). از آنجایی که استفاده از روش پیوند و ریزازدیادی وابسته به فنون ویژه و نیروی انسانی ماهر می‌باشد و از طرف دیگر زمان و هزینه زیادی نیز می‌طلبد، دارای اقبال از طرف تولیدکنندگان نیست؛ هر چند که سالانه هزاران نهال پیوندی از انواع سروها در سراسر دنیا تولید می‌شود و شیوه‌نامه ریزازدیادی این گیاهان نیز تدوین گردیده است (۸). بیش از ۷۰٪ ازدیاد گیاهان زینتی به روش غیرجنسی مربوط به ریشه‌زایی از قلمه‌های این گیاهان می باشد (۶).

گیاهان مختلف از نظر ریشه‌زایی قلمه‌های آنها از سهل ریشه‌زا تا سخت ریشه‌زا متغیر هستند. سرو سیمین از جمله گیاهان سخت ریشه‌زا محسوب می‌شود که ریشه‌زایی قلمه‌های آن به آسانی امکان‌پذیر نیست و تابع شرایط ویژه‌ای است. در خصوص تکثیر این گیاه به وسیله ریشه‌زایی قلمه، تحقیقات اندکی صورت گرفته است. در تنها گزارش موجود، ریشه‌زایی قلمه‌های این گیاه در بستر کشت مخلوطی از پیت و پرلیت به نسبت حجمی مساوی، مورد بررسی قرار گرفته است (۱۷). نتایج این بررسی نشان داده است که بیشترین درصد ریشه‌زایی در قلمه‌های چوب سخت و سپس به ترتیب در قلمه‌های چوب نیمه سخت و چوب نرم می‌باشد و قلمه‌های انتهایی درصد ریشه‌زایی بیشتری نسبت به قلمه‌های تحتانی دارند. ولی افزایش غلظت اکسین از ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تا ۱۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تأثیر معنی‌داری در افزایش درصد ریشه‌زایی نداشته است.

درصد ریشه‌زایی، علاوه بر اینکه در جنس‌ها و گونه‌های متفاوت متغیر است، حتی در بین ارقام و واریته‌های مختلف و نیز در گیاهان مادری موجود در مناطق مختلف با شرایط آب و هوایی متغیر نیز متفاوت است. با این حال، کنترل عوامل بیرونی آسان‌ترین روش برای افزایش درصد ریشه‌زایی در مقایسه با عوامل درونی می‌باشد (۹ و ۱۴). از طرف دیگر، چون گیاهان مادری سرو سیمین رقم گلابرا (Glabra) به تعداد محدود در بعضی از مناطق از جمله به عنوان تک درخت‌هایی در باغ‌های گیاه‌شناسی وجود دارند، بنابراین بهینه‌سازی شرایط و محیط ریشه‌زایی برای تک گیاهان مادری موجود از این گیاه ضروری می‌باشد. در این تحقیق، شرایط و نیازمندی‌های ضروری برای ریشه‌زایی مطلوب از انواع قلمه‌های سرو سیمین رقم گلابرا از گیاه مادری موجود در باغ گیاه‌شناسی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران که به عنوان یک منبع ژنتیکی منحصر به فرد شناخته می‌شود، از جمله تأثیر نوع قلمه، نوع بستر ریشه‌زایی و غلظت محرک ریشه‌زایی نوع اکسین، مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

برای ارزیابی قابلیت ریشه‌زایی قلمه‌های سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica* var. glabra) و تأثیر نوع قلمه، از تیمار با اکسین از نوع ایندول بوتیریک اسید (IBA) و بسترهای ریشه‌زایی مختلف استفاده شد. برای این منظور، از دو بخش نصف فوقانی و نصف تحتانی یک درخت ۱۵ ساله موجود در باغ گیاه‌شناسی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (در آذرماه ۱۳۹۰) قلمه‌های چوب نیمه سخت به طول ۳۰ سانتی‌متر تهیه شد. هر یک از این قلمه‌ها به دو بخش ۱۵ سانتی‌متری انتهایی و زیرانتهایی تقسیم شدند. بنابراین، چهار نوع قلمه حاصل شد (فوقانی انتهایی، فوقانی زیرانتهایی، تحتانی انتهایی و تحتانی زیرانتهایی). برگ‌های پنج سانتی‌متر بخش پایینی هر قلمه در یک محیط خنک و مرطوب حذف و سپس به منظور پیشگیری از آلودگی‌های قارچی، با قارچ‌کش بنومیل (غلظت ۱/۵ در هزار) تیمار شدند. با فاصله زمانی ۲۰ دقیقه از

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بسترهای کشت مورد استفاده

نوع بستر کشت	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	ماده آلی (٪)
پیت خالص	۰/۱۵	۴/۵	۰/۷۵	۹۷
پرلیت	۰/۱۲	۷/۵	۰/۱۳	–
پیت+پرلیت	۰/۱۳	۶/۵	۰/۴۵	–
ماسه بادی	۱/۵	۷/۶	۱/۳	۰/۴
خاک‌برگ پوسیده	۰/۳	۷/۲	۰/۹	۵۷

تیمار با قارچ‌کش، قلمه‌ها با هورمون ریشه‌زایی اکسین از نوع IBA در غلظت‌های ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شدند. چون اکسین در الکل اتانول حل شد، بنابراین محلول الکلی فاقد اکسین (تیمار صفر میلی‌گرم اکسین در لیتر) به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. دو سانتی‌متر انتهای قلمه‌ها، حتی قلمه‌های شاهد، به مدت سه ثانیه در محلول تهیه شده تیمار مربوطه قرار گرفت. پس از تیمار با اکسین، قلمه‌ها ۱۰ دقیقه در معرض هوای آزاد قرار گرفتند. سپس، بلافاصله به بسترهای کشت متفاوت جهت ریشه‌زایی انتقال یافتند.

از چهار نوع بستر ریشه‌زایی مختلف (پیت خالص، پیت و پرلیت (به نسبت حجمی مساوی)، خاک‌برگ پوسیده و ماسه بادی) استفاده گردید. پیت با میزان رطوبت متوسط حدود ۳۷٪ حجمی، پرلیت و خاک‌برگ پوسیده با استفاده از الک دو میلی‌متری غربال گردیدند (جدول ۱).

بسترهای ریشه‌زایی نیز قبل از استفاده با قارچ‌کش بنومیل تیمار شدند. طرح به صورت چندعاملی (۴ نوع قلمه، ۵ سطح تیمار با اکسین با احتساب شاهد و ۴ نوع بستر ریشه‌زایی) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار و ۴ قلمه در هر تکرار (در مجموع با ۱۲۸۰ قلمه) انجام پذیرفت. ریشه‌زایی قلمه‌ها در خزانه و زیر پوشش پلاستیک شفاف و در معرض نور طبیعی مورد ارزیابی قرار گرفت. دمای بستر کشت حدود ۲۰ درجه سلسیوس (پاگرمایی با لوله‌های آب گرم) و متوسط دمای داخل خزانه در روز برابر با ۲± ۲۵ و در شب برابر با ۲± ۱۷ درجه سلسیوس بود. رطوبت نسبی محیط در محدوده ۷۰-۷۵ درصد متغیر بود. محیط آزمایش هر ۲۰ روز یکبار با قارچ‌کش بنومیل ضدعفونی شد.

قلمه‌ها بعد از شش ماه برداشت و میزان ریشه‌زایی (درصد)، انشعابات ریشه (تعداد)، طول ریشه (سانتی‌متر) و کالوس‌زایی (درصد) مورد ارزیابی قرار گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها نیز در سطح ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر نوع قلمه و بستر کشت با سطوح مختلف تنظیم‌کننده رشد اکسین بر درصد ریشه‌زایی، کالوس‌زایی، طول ریشه و تعداد ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲).

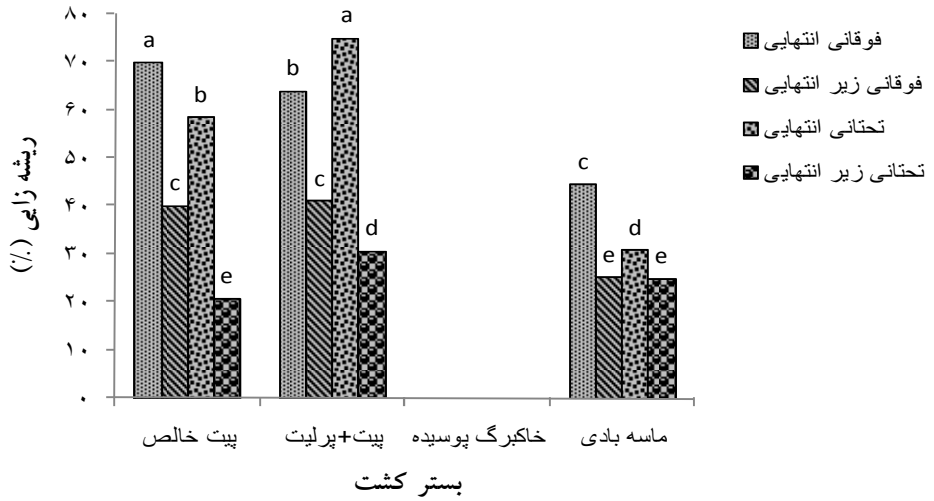
نتایج مندرج در جدول ۲ نشان می‌دهد که برهمکنش نوع قلمه، بستر کشت و غلظت اکسین نیز به غیر از صفت تعداد ریشه بر درصد ریشه‌زایی و کالوس‌زایی در سطح ۱٪ و صفت طول ریشه در سطح ۵٪ معنی‌دار است. کمترین مقدار ریشه‌زایی با حدود ۲۵-۲۰ درصد در قلمه‌های تحتانی زیرانتهایی و بیشترین ریشه‌زایی به میزان ۷۰٪ و ۷۵٪ به ترتیب در قلمه‌های فوقانی انتهایی و تحتانی انتهایی در بستر کشت پیت خالص و پیت+ پرلیت حاصل شد (شکل ۱).

نتایج برهمکنش نوع قلمه، بستر کشت و غلظت اکسین نشان داد که بیشترین میزان ریشه‌زایی (۸۱-۸۶ درصد) در بستر کشت پیت+ پرلیت به همراه غلظت اکسین ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در قلمه‌های تحتانی انتهایی و کمترین ریشه‌زایی در قلمه‌های تحتانی زیرانتهایی (۲۳-۱۷ درصد، به غیر از بستر کشت

جدول ۲. تجزیه واریانس خصوصیات ریشه‌زایی قلمه سرو سیمین

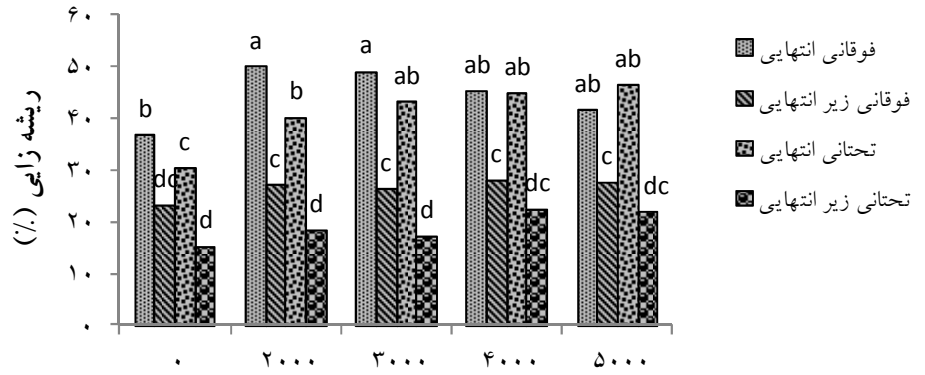
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (صفات)			
		درصد ریشه	درصد کالوس	طول ریشه	تعداد ریشه
تکرار	۳	۴۴/۹۵*	۲۰/۵۳*	۵۰۷۳/۵۱**	۰/۰۷۸ns
نوع قلمه	۳	۴۴۷۹۳/۹۱**	۱۳۴۸۶/۴۵**	۴۶۷۵۰۹۸/۵۱**	۳۶۶/۴۶**
بستر کشت	۳	۱۱۶۵۳/۲۴*	۳۱۸۷/۸۵**	۳۱۴۴۸۸/۶۸**	۱۹/۸۰**
غلظت اکسین	۴	۸۲۲/۸۳**	۴۹/۶۶**	۴۹۲۲۰/۳۲*	۳۳/۲۵**
نوع قلمه× بستر کشت	۹	۲۵۷۱/۵۶**	۱۲۲۱/۶۳**	۵۷۴۸۰/۷۹**	۵/۳۵**
نوع قلمه×غلظت اکسین	۱۲	۱۶۶/۷۹**	۳۰/۷۳*	۷۶۹۱/۹۵**	۴/۴۹**
بسترکشت×غلظت اکسین	۱۲	۱۷۰/۰۴**	۱۲۴/۸۷**	۱۲۹۳/۹۹**	۰/۲۴ns
نوع قلمه×بستر کشت×غلظت اکسین	۳۶	۷۵/۸۲**	۷۸/۰۹**	۲۰۴۱/۷۳*	۰/۲۴ns
خطا	۱۳۹	۱۵/۱۹	۵/۲۴	۶۱۹/۵۵	۰/۲۶
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۸۸	۱۰/۸۴	۷/۶۹	۱۶/۸۲

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار



شکل ۱. تأثیر نوع بستر کشت در ریشه‌زایی انواع قلمه‌های سرو سیمین. حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

خاک‌برگ پوسیده که کلیه قلمه‌ها در آن از بین رفتند) در سایر بستر کشت‌های کشت و بدون توجه به میزان اکسین حاصل شد. ثابت شده است که قلمه‌های نونهال از قابلیت ریشه‌زایی زیادی برخوردارند (۹) و قلمه‌های بخش پایین درخت از سن بیولوژیک کمی برخوردار بوده و نونهال محسوب می‌شوند. برای موفقیت در ریشه‌زایی، سن بیولوژیک و نه سن تقویمی مواد رویشی، عاملی مهم می‌باشد. از طرف دیگر، میزان تمایزیابی یاخته‌ها در قلمه‌های انتهایی کمتر است و بیشتر یاخته‌ها در حالت مریستمیک هستند. بنابراین، این نتیجه که بیشترین ریشه‌زایی در قلمه‌های تحتانی انتهایی حاصل شده است تطابق علمی پیدا می‌کند. در تحقیق استابس و همکاران (۱۷) نیز ریشه‌زایی بیشتر در قلمه‌های چوب سخت انتهایی سرو سیمین، در مقایسه با قلمه‌های چوب سخت زیرانتهایی، گزارش شده است. چگونگی ارتباط نونهالی با ریشه‌دهی ممکن



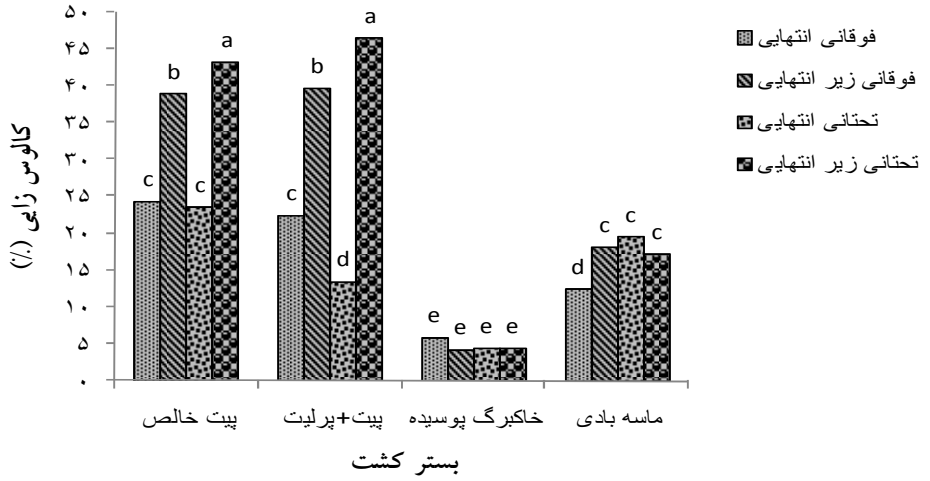
شکل ۲. تأثیر غلظت اکسین بر درصد ریشه‌زایی انواع مختلف قلمه‌های سرو سیمین. حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

است چنین توجیه شود که با مسن شدن گیاه، تولید بازدارنده‌های ریشه‌زایی افزایش می‌یابد. میان کاهش در میزان ریشه‌زایی در بافت‌های پایین قلمه، رابطه‌ای کمی و مستقیم وجود دارد (۲۰). کاهش در پتانسیل ریشه‌دهی، همراه با سالمند شدن گیاهان، ممکن است در نتیجه کم شدن مقدار مواد فنولیک باشد. فنول‌ها به‌عنوان همفرسازهای اکسین و یا همساز با اکسین عمل می‌کنند.

در بسیاری از گیاهان چوبی، قلمه‌های چوب سخت بدین‌سان تهیه می‌شوند که از یک شاخه چند سانتی‌متری، چهار تا هشت قلمه گرفته می‌شود، به‌طوری که از نظر ترکیب شیمیایی، تفاوت‌های مشخصی بین پایین تا بالای این گونه شاخساره‌ها وجود دارد (۲). در ریشه‌زایی قلمه‌هایی که از بخش‌های مختلف شاخساره گرفته شده‌اند، اغلب تغییراتی مشاهده شده است. در بیشتر موارد، بیشترین ریشه‌زایی در قلمه‌هایی دیده شده که از بخش‌های پایین شاخساره‌ها گرفته شده است. قلمه‌هایی که از شاخساره‌های پایینی سه رقم یک نوع زغال اخته آبی رنگ گرفته شد، از نظر ریشه‌دهی بسیار موفقیت‌آمیزتر از قلمه‌های انتهایی بودند (۱۹).

کاربرد اکسین در سطح ۳۰۰۰-۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر میزان ریشه‌زایی در قلمه تحتانی انتهایی و فوقانی انتهایی را به طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۲). کاربرد سطوح بیشتر اکسین تغییر معنی‌داری در ریشه‌زایی این نوع قلمه‌ها نداشت. قلمه‌های فوقانی انتهایی در مقایسه با قلمه‌های تحتانی انتهایی بیشتر به کاربرد اکسین واکنش مثبت نشان دادند. همچنین، در کل، کاربرد اکسین هیچ تأثیر معنی‌داری بر ریشه‌زایی قلمه‌های فوقانی زیرانتهایی و تحتانی زیرانتهایی نداشت (شکل ۲).

تأثیر اکسین بر انواع قلمه‌های سرو سیمین گزارش شده است (۱۷). کاربرد اکسین خارجی می‌تواند سطح اکسین داخلی را به دو روش تنظیم عمل آنزیم IAA - اکسیداز و انتقال محافظت‌کننده‌های اکسین کنترل نماید. تیمار کردن با مواد ریشه‌زا، به‌ویژه اسید ایندول بوتریک با غلظت‌های نسبتاً زیاد، به‌طور معمول در افزایش سرعت ریشه‌دهی، درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده و دستیابی به سیستم ریشه قوی‌تر، مفید می‌باشد (۲). ریشه‌زایی بیشتر در قلمه‌های انتهایی که دارای جوانه انتهایی هستند در مقایسه با قلمه‌های زیرانتهایی فاقد جوانه ممکن است به دلیل غلظت زیاد محرک‌های ریشه‌زایی درونی تولید شده در جوانه انتهایی و طی آن پیش‌تشکیل تعدادی از آغازنده‌های ریشه تحت تأثیر این مواد (۹) و نیز تأثیر کنترل-کننده اکسین خارجی بر اکسین داخلی (۶) باشد. به نظر می‌رسد وجود جوانه انتهایی در گونه‌های همیشه سبز سخت ریشه‌زا، مثل سرو سیمین، از نظر کمک به تعادل هورمونی نیز مهم است و احتمالاً در این نوع قلمه‌ها، تعدادی از آغازنده‌های ریشه از پیش تشکیل شده است. از طرف دیگر، میزان تمایزیابی یاخته‌ها در قلمه‌های انتهایی کمتر است و بیشتر یاخته‌ها در حالت

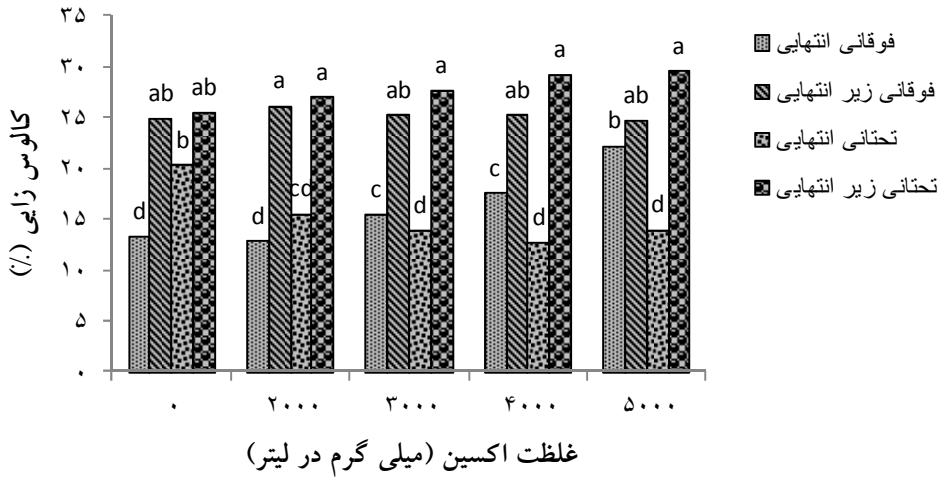


شکل ۳. تأثیر نوع بستر کشت در کالوس‌زایی انواع قلمه‌های سرو سیمین. حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

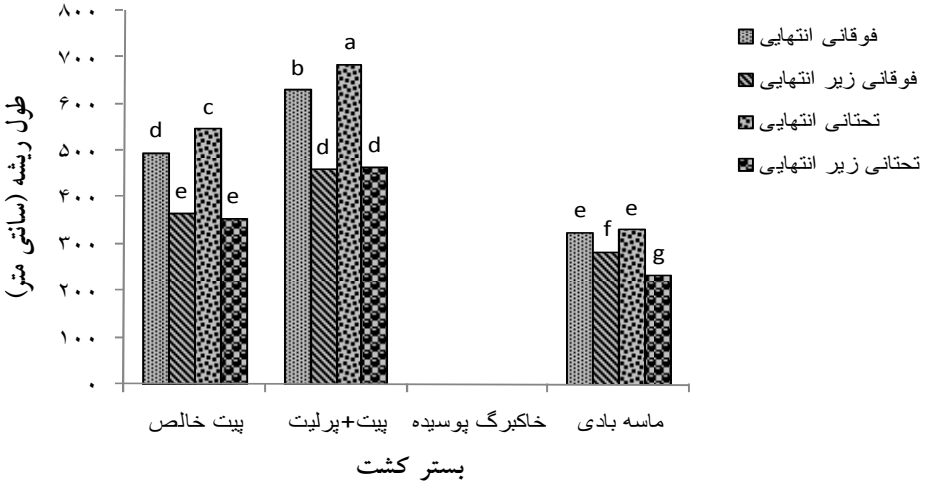
مریستمیک می‌باشند. عدم تأثیر کاربرد اکسین در ریشه‌زایی قلمه‌های فوقانی و تحتانی زیرانتهایی (بخش پایین شاخساره) ممکن است به عدم وجود آغازنده‌های ریشه در این نوع قلمه‌ها و سایر محرک‌های ریشه‌زایی، به غیر از اکسین، مربوط باشد. قلمه چوب نرم انتهایی در گیاهان خزان‌دار آسان ریشه‌زا، مثل آلبالو و گیلاس، به دلیل دارا بودن غلظت بیشتری از مواد آسان‌کننده ریشه‌زایی درون‌زا که در جوانه انتهایی به وجود می‌آیند، ریشه‌زایی بهتری دارند (۱۰).

همچنین، برهمکنش تیمارها نشان داد که بیشترین درصد کالوس‌زایی و تشکیل آغازنده‌های ریشه در قلمه تحتانی زیرانتهایی (در حدود ۴۵٪) در بستر کشت پیت+ پرلیت با میزان اکسین ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین آن (در حدود ۵٪) در بستر کشت خاک‌برگ پوسیده، بدون توجه به نوع قلمه و میزان اکسین، به‌دست آمد. این نتیجه تأیید می‌کند که وجود آغازنده‌های ریشه از پیش تشکیل شده عامل مهمی در ریشه‌زایی قلمه‌های سرو سیمین می‌باشد. نتایج نشان داد که بیشترین کالوس‌زایی در قلمه‌های تحتانی زیرانتهایی و فوقانی زیرانتهایی (به ترتیب ۳۰٪ و ۲۵٪) حاصل شد و غلظت اکسین بر کالوس‌زایی این قلمه‌ها تأثیر نداشت (شکل ۴).

غلظت اکسین بر کالوس‌زایی قلمه‌های فوقانی انتهایی اثر افزایشی و بر کالوس‌زایی قلمه‌های تحتانی انتهایی اثر کاهشی داشت. این نتایج نشانگر وجود رابطه عکس بین ریشه‌زایی و کالوس‌زایی در تحقیق حاضر است و به بیان دیگر، تشکیل کالوس به معنی تشکیل ریشه نابجا نبود. به‌خوبی مشخص شده که هرچند تشکیل ریشه به آغازش آن مربوط است، ولی آغازش ریشه به معنی خروج حتمی ریشه نابجا نمی‌باشد (۵ و ۱۳). طبق گزارش هسینگ (۱۳)، زمانی که قلمه از وجود جوانه انتهایی و به تبع آن اکسین درونی محروم است، تعداد سلول در پیش‌آغازنده‌های ریشه کاهش می‌یابد و هر چقدر پیش-آغازنده ریشه مسن‌تر بوده و دارای تعداد سلول بیشتری باشد اثر اکسین درونی نیز کم اهمیت می‌شود. این موضوع بیانگر ریشه‌زایی بیشتر در قلمه‌های نونهال دارای جوانه انتهایی است. بنابراین، نتایج تحقیق حاضر نیز که در آن ریشه‌زایی بیشتری در قلمه تحتانی انتهایی مشاهده گردید با این نظر مطابقت دارد. در ساقه‌های چوبی که یکساله یا بیشتر هستند، گرفتن قلمه از پایین شاخساره ممکن است مفید باشد، زیرا کربوهیدرات‌ها در پایین شاخساره انباشته شده و احتمالاً، تعدادی از آغازنده‌های ریشه، تحت تأثیر مواد آسان‌کننده ریشه‌زایی ساخته شده توسط جوانه‌ها و برگ‌ها، تشکیل شده است (۲). بنابراین، به نظر می‌رسد ریشه‌زایی بهتر در قلمه‌های تحتانی انتهایی از این نظر که هم ذخیره کربوهیدرات کافی در آنها موجود است و هم آغازنده‌های ریشه تشکیل شده تحت تأثیر اکسین داخلی ناشی از



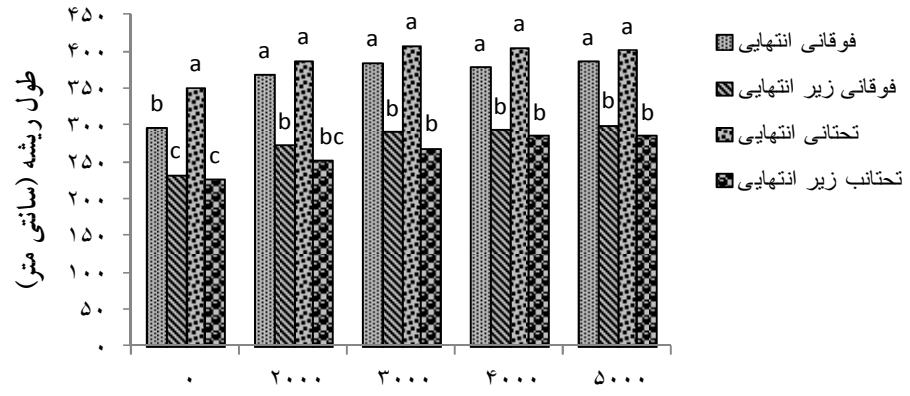
شکل ۴. تأثیر غلظت اکسین بر درصد کالوس‌زایی انواع مختلف قلمه‌های سرو سیمین. حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.



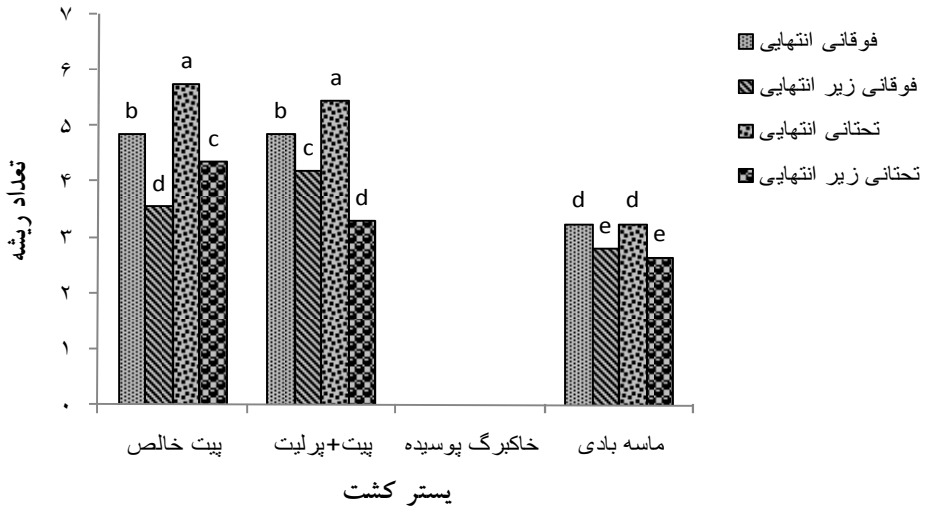
شکل ۵. تأثیر نوع بستر کشت بر طول ریشه تشکیل شده در انواع مختلف قلمه‌های سرو سیمین. حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

جوانه انتهایی جوان‌تر هستند، قابل توجیه باشد. در گونه‌های آسان ریشه‌زا، مثل آلبالو و گیلاس، شرایط فیزیولوژیک متفاوت‌تر از همیشه سبزهای سخت ریشه‌زا، مثل سرو سیمین، می‌باشد. در این گیاهان، از قلمه چوب نرم استفاده می‌شود که در آنها ذخیره کربوهیدرات‌ها و آغازنده‌های ریشه از پیش تشکیل شده وجود ندارد و از مواد آسان‌کننده ریشه‌زایی درون‌زا که در جوانه انتهایی به وجود می‌آیند، غلظت زیادتری دارند (۱۰) بدون توجه به اینکه قلمه از کدام قسمت شاخه گرفته شده است، ریشه‌زایی رضایت‌بخشی انجام می‌گیرد (۳).

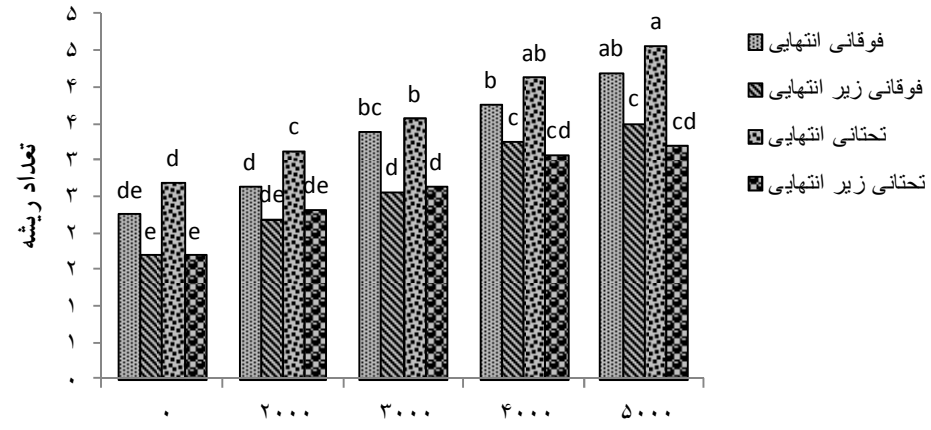
طول ریشه در قلمه تحتانی انتهایی در بستر کشت پیت+ پرلیت، بدون تأثیر غلظت اکسین (شکل‌های ۵ و ۶) و تعداد ریشه در همین نوع قلمه در بسترهای کشت حاوی پیت و غلظت اکسین ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشتر بود (شکل‌های ۷ و ۸). به نظر می‌رسد که وجود تعادل مناسب از نظر تهویه در اطراف ریشه در بسترهای کشت دارای پیت در انگیزش و رشد ریشه از قلمه، به‌ویژه قلمه‌های سخت ریشه‌زا، مؤثر بوده باشد. حفظ سطح مناسبی از تهویه در محیط ریشه‌زایی، همزمان با کاهش هدررفت آب از قلمه‌ها، از وظایف سیستم‌های تکثیر می‌باشد (۹ و ۱۴).



شکل ٦. تأثیر غلظت اکسین بر طول ریشه در انواع مختلف قلمه‌های سرو سیمین. حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.



شکل ۷. تأثیر نوع بستر کشت بر تعداد ریشه تشکیل شده در انواع مختلف قلمه‌های سرو سیمین. حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.



شکل ۸. تأثیر غلظت اکسین بر تعداد ریشه در انواع مختلف قلمه‌های سرو سیمین. حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

اگرچه غلظت اکسین خارجی تأثیری بر طول ریشه، به‌ویژه در قلمه‌های فوقانی انتهایی و تحتانی انتهایی که از ریشه‌زایی زیادی برخوردار بودند، نداشت (شکل ۶) ولی تأثیر معنی‌داری بر تعداد ریشه در این قلمه‌ها نشان داد (شکل ۸). بیشترین تعداد ریشه با حدود ۵ عدد در قلمه تحتانی انتهایی و غلظت اکسین ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد. تعداد ریشه می‌تواند با تعداد پیش‌آغازنده‌های ریشه و تعادل اکسین داخلی و خارجی باشد.

درصد ریشه‌زایی علاوه بر اینکه در جنس‌ها و گونه‌های متفاوت متغیر است، حتی در بین ارقام و واریته‌های مختلف و نیز در گیاهان مادری موجود در مناطق مختلف با شرایط آب و هوایی متغیر نیز متفاوت است. با این حال، کنترل عوامل بیرونی آسان‌ترین روش برای افزایش درصد ریشه‌زایی در مقایسه با عوامل درونی می‌باشد. سرو سیمین از جمله گیاهان سخت ریشه‌زا محسوب می‌شود که ریشه‌زایی قلمه‌های آن به آسانی امکان‌پذیر نیست و تابع شرایط ویژه‌ای است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، بیشترین درصد ریشه‌زایی و کالوس‌زایی و طول و تعداد ریشه در قلمه تحتانی انتهایی مشاهده شد. در بین بسترهای مورد استفاده، بستری که بیشترین فعالیت ریشه‌دهی در آن دیده شد، بستر پیت+ پرلیت بود. از سطوح مختلف غلظت‌های استفاده شده هورمون اکسین، غلظت ۵۰۰۰-۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر صفات اندازه‌گیری شده مطلوب‌ترین اثر را داشت. برهمکنش تیمارها نشان داد که بیشترین درصد کالوس‌زایی و تشکیل آغازنده‌های ریشه در قلمه تحتانی زیرانتهایی با حدود ۴۵٪ در بستر پیت+ پرلیت و غلظت اکسین ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد.

منابع مورد استفاده

۱. احمدلو، ف.، م. طبری، ا. رحمانی و ح. یوسف زاده. ۱۳۸۸. اثر ترکیبات خاک بر رشد و راندمان نهال سرو نقره‌ای و زربین در نهالستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۳(۴۸): ۴۳۷-۴۴۸.

۲. خوشخوی، م. ۱۳۸۴. ازدیاد نباتات (گیاه‌افزایی). انتشارات دانشگاه شیراز.

3. Blakely, L.M., S. J. Rodaway, L.B. Hollen and S.G. Crocker. 1992. Control and kinetics of branch root formation in cultured root segments of *Hoplopappus ravennii*. Plant Physiol. 50: 35-49.

4. Capuana, M. and M. Lambardi. 1995. Cutting propagation of common cypress (*Cupressus sempervirens* L.). New Forests 9: 111-122.

5. Davies, F.T., T.D. Davis and D.E. Kester. 1994. Commercial importance of adventitious rooting to horticulture. PP. 53-59. *In:* Davis, T.D. and B.E. Haassig (Eds.), Biology of Adventitious Root Formation, Plenum Press, New York.

6. Davies, F.T. and H.T. Hartmann. 1988. The physiological basis of adventitious root formation. Acta Hort. 227: 113-120.

7. Felker, P. 2008. A light-intensity controlled, mist system with water and power backup for rooting cuttings of agroforestry species. Agroforest Syst. 72: 23-26.

8. Giovanelli, A. and A. De Carlo. 2007. Micropropagation of Mediterranian cypress (*Cupressus sempervirens* L.). PP. 93-105. *In:* Jain, S.M. and H. Haggman (Eds.), Protocols for Micropropagation of Woody Trees and Fruits, Springer, Dordrecht, The Netherlands.

9. Hartmann, H.T., D.E. Kester and E.T. Davies. 1990. Plant Propagation: Principles and Practices. 5th Ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 199-219.

10. Hartmann, H.T. and R.M. Brooks. 1996. Propagation of Stockton Morrelo cherry rootstock by softwood cutting s under mist sprays. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71: 127-134.

11. Harrington, J.T. and L.S. Rosner. 2002. Propagation protocol for production of container *Cupressus arizonica* Greene ssp. arizonica Greene plants (164 ml container). New Mexico State University-Mora Research Center, Mora, New Mexico, *In:* Native Plant Network, URL: http://www.nativeplantnet work.org (accessed Jan. 22, 2015). Moscow (ID): University of Idaho, College of Natural Resources, Forest Reseach Nursery.

12. Harrington, J.T., M.W. Loveall and R.E. Kirksey. 2004. Establishment and early growth of dryland plantings of Arizona cypress in New Mexico, USA. Agroforest Syst. 63: 183-192.

13. Haissig, B.E. 1972. Meristematic activity during adventitious root primordium development: Influences of endogenous

auxin and applied gibberellic acid. Plant Physiol. 49(6): 886-892.
14. Jinks, R.L. 1995. The effects of propagation environment on the rooting of leafy cuttings of ash (*Fraxinus excelsior* L.), sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). New Forests 10: 183-195.
15. Kameswara Rao, C. 2004. Flora. Global Book Publishing Pty Ltd., Willoughby, Australia, 444 p.
16. Sedaghat, M.M., A. Sanei Dehkordi, M. Khanavil, M.R. Abai, F. Mohtarami and H. Vatandoost. 2011. Chemical composition and larvicidal activity of essential oil of *Cupressus arizonica* E.L. Greene against malaria vector *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae). Pharmacognosy Res. 3: 135-139.
17. Stubbs, H.L., F.A. Blazich, T.G. Ranney and S.L. Warren. 1997. Propagation of 'Carolina Sapphire' Smooth Arizona cypress by stem cuttings: Effects of growth stage, type of cutting and IBA treatment. J. Environ. Hort. 15: 61-64.
18. Tidestrom, I. and T. Kittel. 1941. A Flora of Arizona and New Mexico. The Catholic University of America Press, Washington, DC, USA, 897 p.
19. Orourke, F.L. 1944. Wood type and original position on shoot with reference to rooting in hardwood cuttings of blueberry. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 4: 5195-5197.
20. Paton, D.M., R.R. Willing, W. Nichols and L.D. Pryor. 2000. Rooting of stem cuttings of eucalyptus: A rooting inhibitor in adult tissue. Austral. J. Bot. 18: 175-183.
21. Young, J.A. and C.G. Young. 1992. Seeds of Woody Plants in North America. Dioscorides Press, Portland, Oregon, USA, 407 p.