

اثر غلظت‌های مختلف اکسین، زمان قلمه‌گیری و شرایط محیطی بر ریشه‌زایی

قلمه‌های چوب نیمه سخت شیشه‌شور^۱

EFFECTS OF DIFFERENT CONCENTRATIONS OF AUXINS, TIME OF CUTTING AND ENVIRONMENTAL CONDITIONS ON ROOTING OF THE SEMI-HARDWOOD CUTTINGS OF *CALLISTEMON VIMINALIS SOL*

محمد زرین‌بال، نوراله معلمی و محمد حسین دانشور^۲

چکیده

تأثیر زمان برداشت قلمه از پایه مادری، شرایط محیطی و تیمارهای مختلف اکسین بر ریشه‌زایی قلمه‌های چوب نیمه سخت شیشه‌شور^۳ در سال ۱۳۸۰ در دانشگاه اهواز مورد بررسی قرار گرفت. قلمه‌های چوب نیمه سخت و برگدار شیشه‌شور به ترتیب در هفته اول آبان ماه و هفته اول بهمن ماه از پایه‌های مادری تهیه شدند. میانگین کمترین و بیشترین دمای هوا در آبان‌ماه به ترتیب ۸ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در بهمن ماه به ترتیب ۱۳ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد بوده است. این قلمه‌ها با ایندول بوتیریک اسید^۴ و نفتالن استیک اسید^۵ با غلظت‌های ۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شدند. سپس قلمه‌ها در بستر کشت حاوی ماسه و در شرایط مه‌افشان و تونل پلاستیک قرار داده شدند. برای اجرای این پژوهش از طرح تجزیه مرکب در زمان و مکان در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار استفاده گردید. قلمه‌های شیشه‌شور برداشت شده در بهمن ماه که با IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده بودند، درصد ریشه‌زایی بیشتری (۵۹٪) داشتند که در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید. بیشترین تعداد ریشه در قلمه‌هایی که با IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و یا NAA با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده بودند به دست آمد. طول بزرگترین ریشه، میانگین طول ریشه و وزن خشک ریشه قلمه‌های شیشه‌شور در سطح ۱٪ و طول رشد جدید شاخساره در سطح ۵٪ در قلمه‌هایی که با IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده بودند، بیشتر بود. برداشت قلمه‌ها از پایه مادری در بهمن ماه و تیمار آن‌ها با اکسین، ریشه‌زایی و طول رشد جدید قلمه‌ها را به طور معنی‌داری افزایش داد. درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها، تعداد برگ و طول رشد جدید قلمه‌های شیشه‌شور که با اکسین تیمار شده بودند، در شرایط مه‌افشان نسبت به تونل پلاستیک به طور معنی‌داری بیشتر بود ولی میانگین طول ریشه در قلمه‌هایی که با اکسین تیمار شده و در زیر تونل پلاستیک قرار داده شده بودند، به طور معنی‌داری بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: ایندول بوتیریک اسید، ریشه‌زایی، شیشه‌شور، مه‌افشان، نفتالن استیک اسید.

مقدمه

شیشه‌شور گیاهی است از تیره مورد^۶ که به شکل‌های درختچه‌ای یا درختی رشد می‌کند و شاخه‌های مجنون و گل‌های زیبایی دارد (۲۱، ۲۳). مقاومت شیشه‌شور در برابر خشکی، گرما، باد و از همه مهمتر زیبایی

تاریخ پذیرش: ۸۴/۵/۲۴

۱- تاریخ دریافت: ۸۳/۲/۲۱

۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، جمهوری اسلامی ایران.

۳- *Callistemon viminalis Sol.* -۴ Indolebutyric acid (IBA) -۵ Naphthaleneacetic acid -۶ Myrtaceae

آن در زمان گلدهی موجب شده که از این گیاه در سطح گسترده‌ای در فضای سبز و حاشیه خیابان‌ها استفاده شود (۲۱، ۲۳). همچنین برخی از روغن‌های فرار^۱ موجود در عصاره برگ شیشه‌شور در پزشکی، صنعت و ساخت لوازم آرایشی کاربرد دارند (۳، ۸). در افزایش رویشی، ویژگی‌های مطلوب پایه مادری مانند رنگ گل، شکل برگ، اندازه گیاه، مقاومت به تنش‌های محیطی و مقاومت به آفات و بیماری‌های گیاهی را می‌توان به آسانی به نسل بعد انتقال داد و از تفرق ویژگی‌ها که در افزایش جنسی به وجود می‌آید دوری نمود (۷). از آن جایی که قلمه‌ها از قسمت‌های بالغ پایه مادری تهیه می‌شوند پس از ریشه‌دار شدن و استقرار در جایگاه اصلی، زودتر به مرحله گلدهی می‌رسند که این مطلب در مورد درختان و درختچه‌های زینتی دارای اهمیت بوده و در فضای سبز شهری مورد توجه است. در مورد افزایش شیشه‌شور از راه ریشه‌دار کردن قلمه، پژوهش‌های جامعی صورت نگرفته است (۲۳). استفاده از قلمه‌های چوب سخت و چوب نیمه سخت و یا علفی، تهیه قلمه در زمان مناسبی از دوره رشد سالانه گیاه مادری، مناسب بودن دما و رطوبت محیط ریشه‌زایی قلمه، استفاده از بستر کاشت مطلوب، انجام برخی از تیمارها پیش یا پس از تهیه قلمه، کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و یافتن غلظت بهینه این مواد از عوامل مهمی هستند که برای افزایش ریشه‌زایی قلمه بایستی به دقت مورد توجه قرار گیرند (۷). یکی از مهمترین موارد استفاده از اکسین‌ها، کاربرد آن‌ها در زودتر تشکیل شدن ریشه‌های نابجا در قلمه‌های ساقه است (۷). کاربرد IBA با غلظت ۲۵۰۰ تا ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای ریشه‌زایی قلمه‌های چوب نیمه سخت سیب، آلو و زیتون نتایج چشمگیری در پی داشته است (۷). در افزایش درختچه‌های چوبی زینتی مانند رز و ختمی چینی استفاده از IBA به میزان ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نتایج مثبتی داشته است (۱، ۲). در افزایش رویشی شیشه‌شور برای ریشه‌دار کردن قلمه‌ها از IBA استفاده شده است (۱۴، ۱۸، ۲۰). سینگ^۲ (۱۸) گزارش داد که در تیمار قلمه‌های چوب نیمه سخت شیشه‌شور با افزایش میزان IBA از ۱۰۰۰ تا ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، درصد ریشه‌زایی و تعداد ریشه در هر قلمه افزایش یافت. نفتالن استیک اسید نسبت به اکسین طبیعی، بسیار قوی و پایدار بوده و به نسبت ارزان قیمت است. این ماده بیشتر در غلظت‌های کمتر به کار می‌رود (۷). کاربرد NAA به میزان ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در قلمه‌های چوب نیمه سخت گونه‌ها و ارقام سخت ریشه‌زای مرکبات، فندق و خرمالو نتایج خوبی به دنبال داشته است (۱۵، ۲۲). در افزایش درختچه‌های چوبی زینتی مانند رز و ختمی چینی کاربرد NAA با غلظت ۳۰۰۰-۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به طور کامل مفید بوده است (۴، ۹). در افزایش رویشی شیشه‌شور از راه قلمه نیز از NAA استفاده شده است (۲۰). سینگ (۱۹) نشان داد که در افزایش رویشی شیشه‌شور تیمار قلمه‌های چوب نیمه سخت برداشت شده در ماه فوریه (بهمن ماه) با NAA با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ریشه‌زایی آن‌ها را به طور معنی‌داری افزایش داد. زمان قلمه‌گیری در طول سال نقش مهمی در ریشه‌زایی قلمه‌ها دارد (۷). گونه‌های همیشه سبز پهن برگ و باریک برگ در طول سال یک یا چند جست رشد^۳ دارند که با توجه به زمان پیدایش آن‌ها می‌توان قلمه گرفت. میزان ریبونوکلیئیک اسید^۴ شاخساره به عنوان شاخصی از فعالیت جوانه و تفاوت‌های فصلی ریشه‌زایی به شمار می‌رود و در دوره حداکثر ریشه‌زایی قلمه‌ها میزان RNA شاخساره و فعالیت لایه زاینده آوندی در بالاترین میزان خود قرار دارد (۷). وجود برگ روی قلمه برای ریشه‌زایی آن مفید است. برگ‌های جوان محل ساخت اکسین، ترکیب‌های فنلی همساز با اکسین از جمله ارتودی‌هیدروکسی‌فنل^۵ و نیز کربوهیدرات‌ها است که در آسان نمودن ریشه‌زایی قلمه مهم می‌باشد. با وجود این که برگ برای ریشه‌زایی قلمه مفید است، از دست دادن آب از برگ‌ها ممکن است میزان آب قلمه‌ها را به اندازه‌ای

کاهش دهد که پیش از تشکیل ریشه، قلمه‌ها خشک شوند. به همین منظور از سیستم مه افشان نوبتی در ریشه‌زایی قلمه‌ها در سطح گسترده‌ای استفاده می‌شود. در این روش لایه‌ای از آب روی قلمه‌ها و بستر کاشت قرار می‌گیرد که با کاهش دمای برگ و افزایش رطوبت نسبی محیط، از دست دادن آب قلمه‌ها به طور چشمگیری کاهش می‌یابد (۱۱). استفاده از مه افشان در ریشه‌زایی قلمه‌های خطمی چینی، رز، هلو، آلو، سیب و برخی از درختچه‌های زینتی گرمسیری نتایج مثبتی داشته است (۷، ۱۱، ۱۲، ۱۳). هدف از این پژوهش یافتن زمان مناسب برداشت قلمه شیشه‌شور از پایه مادری، گزینش تیمار مناسب اکسین و تعیین شرایط محیطی مناسب در طول دوره ریشه‌زایی قلمه‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۰ در دانشگاه شهید چمران اهواز واقع در حاشیه غربی رود کارون انجام شد. ارتفاع این محل از سطح دریا ۲۰ متر، خاک آن لومی شنی، بارندگی سالیانه ۲۳۳/۵ میلی متر و میانگین کمترین و بیشترین دمای سالانه به ترتیب ۸/۶ و ۳۶/۸ درجه سانتیگراد می‌باشد. برای اجرای این پژوهش از طرح تجزیه مرکب در زمان و مکان در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار استفاده گردید. زمان قلمه‌گیری در طول سال در ۲ سطح شامل آبان و بهمن ماه، محیط ریشه‌زایی قلمه‌ها در ۲ سطح شامل مه افشان و تونل پلاستیک و تیمارهای مختلف اکسین در ۷ سطح شامل محلول‌های ۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اکسین‌های IBA و NAA بودند. برای هر تکرار ۱۵ قلمه شیشه‌شور به کار رفت. سیستم مه افشان نوبتی در آزمایشگاه گیاه افزایشی نصب شد. این سیستم در هر ۴ دقیقه ۲۰ ثانیه مه‌افشانی می‌کرد به طوری که رطوبت نسبی در حدود ۹۵٪ قرار داشت. دمای هوا در زیر مه‌افشان ۱۷ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد بود. برای منبع نوری آن با نگهداری طول روز، از لامپ‌های فلورسنت و جیوه ای استفاده گردید. تونل پلاستیک نیز روی یک شاسی سرد واقع در مزرعه پژوهشی گروه باغبانی ایجاد شد و برای کاهش شدت نور درون تونل پلاستیک، سایه‌بانی در ارتفاع ۱/۵ متری بالای آن نصب گردید. در زیر تونل پلاستیک در طول دوره اول ریشه‌دار شدن قلمه‌ها دمای هوا ۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۲۰ تا ۴۰٪ و در طول دوره دوم این آزمایش دمای هوا ۱۳ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۲۲ تا ۵۵٪ اندازه‌گیری شد. بستر کاشت قلمه‌ها در هر دو محیط ریشه‌زایی از ماسه شسته شده تشکیل شده بود. برای برداشت قلمه از پایه‌های مادری درختچه‌های شیشه‌شور واقع در محوطه فضای سبز دانشکده کشاورزی استفاده شد. از این پایه‌ها، قلمه‌های چوب نیمه سخت و برگدار به طول ۱۵ سانتی‌متر و قطر ۳ تا ۴ میلی متر برداشت شدند. برگ‌های دو سوم پایینی قلمه‌ها برداشته شده با تیغ در ته قلمه‌ها شکاف دهی انجام شد. سپس قلمه‌ها با محلول قارچکش بنومیل با غلظت ۲ در هزار به مدت ۲۰ دقیقه گندزدایی و سپس با آب مقطر شستشو داده شدند. محلول‌های IBA و NAA با غلظت‌های ۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به طور جداگانه تهیه شده (الکل اتیلیک ۵۰٪ به عنوان حلال استفاده شد) و در بشر ۱۰۰ میلی لیتر ریخته شدند. سپس قلمه‌های آماده شده به مدت ۱۰ ثانیه با اکسین تیمار شدند به طوری که ۲/۵ سانتی‌متر از قسمت پایینی آن‌ها و به ویژه محل شکاف داده شده درون محلول قرار گرفت. پس از تیمار با اکسین، قلمه‌ها به بستر ریشه‌زایی انتقال داده شدند. بستر کاشت هر روز آبیاری می‌شد و هر ۱۵ روز یک بار با قارچکش بنومیل با غلظت ۱/۵ در هزار محلول‌پاشی گردید تا از گسترش بیماری‌های قارچی جلوگیری شود. همچنین در طول دوره ریشه‌دار شدن قلمه‌ها، هوادهی محیط ریشه‌زایی به ویژه برای سیستم مه‌افشانی همه روزه انجام گرفت. پس از ۷۰ روز، تمامی قلمه‌ها با بیلچه دستی به آرامی از بستر کاشت بیرون آورده شده و درصد ریشه‌زایی در هر تیمار، تعداد ریشه در هر قلمه، تعداد برگ در هر قلمه شامل برگ‌های پیشین و برگ‌های تازه تشکیل شده

شمارش شدند. طول بزرگترین ریشه، میانگین طول ریشه، قطر ریشه و طول رشد جدید شاخساره در هر قلمه با کولیس با دقت ۰/۱ میلی متر اندازه‌گیری شد. سپس ریشه‌ها و برگ‌های هر قلمه با تیغ از آن جدا و درون آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. پس از آن وزن خشک ریشه و وزن خشک برگ با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار MSTATC تجزیه آماری شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون جدید چند دامنه‌ای دانکن^۱ انجام شد. نمودارها توسط نرم‌افزار EXCEL رسم گردید.

نتایج

درصد ریشه‌زایی

نتایج به دست آمده از این آزمایش نشان داد که برهمکنش زمان قلمه‌گیری و تیمارهای مختلف اکسین بر درصد ریشه‌زایی قلمه‌های شیشه‌شور در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که برداشت قلمه‌ها در بهمن‌ماه و کاربرد IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها را افزایش داد به طوری که میانگین درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها به ۵۹٪ رسید (شکل ۱). همچنین برهمکنش محیط ریشه‌زایی قلمه و تیمارهای مختلف اکسین بر درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها در سطح ۵٪ معنی‌دار شد، به طوری که قلمه‌هایی که با IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و یا با NAA با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده و در شرایط مه افشان قرار داده شدند درصد ریشه‌زایی بیشتری داشتند (شکل ۲).

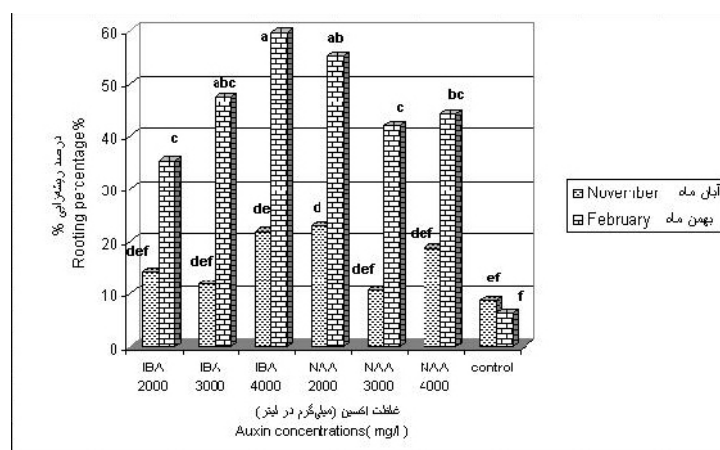


Fig.1. The interaction of cutting harvesting date (November, February) and different concentrations of IBA and NAA on rooting percentage of *Callistemon*. The means with the same letters are not significantly different at 1% level of probability using DNMRT.

شکل ۱- برهمکنش زمان قلمه‌گیری از پایه مادری (آبان، بهمن) و غلظت‌های مختلف IBA و NAA بر درصد ریشه‌زایی قلمه‌های شیشه‌شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند از نظر آزمون جدید چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

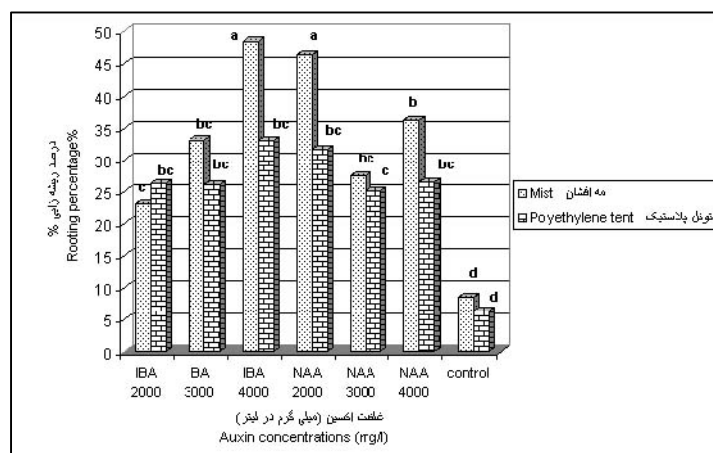


Fig. 2. The interaction of rooting environments (mist, polyethylene tent) and different concentrations of IBA and NAA on rooting percentage of *Callistemon* cuttings. Means with same letters are not significantly different at 5% level of probability using DNMRT.

شکل ۲- برهمکنش محیط ریشه‌زایی قلمه (مه‌افشان، تونل پلاستیک) و غلظت‌های مختلف IBA و NAA بر درصد ریشه‌زایی قلمه‌های شیشه‌شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند از نظر آزمون جدید چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

تعداد ریشه

اثر تیمارهای مختلف اکسین بر تعداد ریشه‌های تشکیل شده در قلمه‌های شیشه‌شور در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد در قلمه‌هایی که با IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و یا NAA با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده بودند تعداد ریشه بیشتر بود (جدول ۴).

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های مورد بررسی در دو زمان برداشت قلمه در قلمه‌های شیشه‌شور.

Table 1. Comparison of means of investigated traits in two cutting harvesting dates on *Callistemon*.

| میانگین طول ریشه (میلی‌متر) Root length mean (mm) | تیمار Treatment |
|--|---|
| 20.28b [†] | قلمه‌گیری در آبان‌ماه Harvesting cutting in November |
| 26.75a | قلمه‌گیری در بهمن‌ماه Harvesting cutting in February |

[†] Means are significantly different at 5% level of probability (using F test).

[†] میانگین‌ها دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند (بر اساس آزمون F).

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های مورد بررسی در دو محیط ریشه‌زایی قلمه در قلمه‌های شیشه‌شور.
Table 2. Comparison of means of investigated traits in two cutting environments on *Callistemon*.

| وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g) | طول بزرگترین ریشه (میلی‌متر) Longest root length (mm) | تیمار Treatment |
|--|---|-----------------------------------|
| 0.030b | 21.40b [†] | مه‌افشان mist |
| 0.039a | 40.94a | تونل پلاستیک Polyethylene tent |

[†] Different letters in each column show significant at 1% level of probability (using F test).

[‡] حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ می‌باشند. (بر اساس آزمون F).

طول بزرگترین ریشه

اثر محیط ریشه‌زایی قلمه‌ها در ویژگی طول بزرگترین ریشه معنی‌دار شد. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها نشان داد طول بزرگترین ریشه قلمه‌هایی که در زیر تونل پلاستیک قرار داشتند بیشتر از مه‌افشان بود (جدول ۲). اثر تیمارهای مختلف اکسین بر طول بزرگترین ریشه معنی‌دار شد به طوری که طول بزرگترین ریشه قلمه‌های شیشه‌شور که با IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده بودند بیشتر بود (جدول ۴).

میانگین طول ریشه

برهمکنش محیط ریشه‌زایی قلمه و تیمارهای مختلف اکسین بر ویژگی میانگین طول ریشه در سطح ۵٪ معنی‌دار گردید. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها نشان داد قلمه‌هایی که با IBA با غلظت‌های ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و یا NAA با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده و در زیر تونل پلاستیک قرار داده شده بودند میانگین طول ریشه بیشتری داشتند (شکل ۳). همچنین میانگین طول ریشه قلمه‌های برداشت شده در بهمن ماه نسبت به آبان ماه به طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۱).

جدول ۳- برهمکنش زمان برداشت قلمه و محیط ریشه‌زایی در قلمه‌های شیشه‌شور.

Table 3. Interaction between of cutting harvesting dates and rooting environments on *Callistemon* cuttings.

| طول رشد جدید (میلی‌متر) Flush length (mm) | وزن خشک برگ (گرم) Leaf weight (g) | تعداد برگ Number of leaves | قطر ریشه (میلی‌متر) Root diameter (mm) | تیمار Treatment |
|--|--|----------------------------------|---|--|
| 0 | 0.040b | 2.957c | 0.726b | قلمه‌گیری در آبان‌ماه * مه‌افشان Mist * November |
| 0 | 0.104ab | 8.862b | 1.160a [†] | قلمه‌گیری در آبان‌ماه * تونل پلاستیک Polyethylene tent * November |
| 17.77a | 0.145a | 31.10a | 1.133a | قلمه‌گیری در بهمن‌ماه * مه‌افشان mist * February |
| 8.07b | 0.089ab | 9.814b | 1.165a | قلمه‌گیری در بهمن‌ماه * تونل پلاستیک Polyethylene tent * February |

[†] Different letters in each column show significant differences at 1% level of probability using DNMRT.

[‡] حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ با آزمون جدید دانکن می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر تیمارهای مختلف اکسین در قلمه‌های شیشه‌شور.

Table 4. Comparison of means of different auxin treatments on *Callistemon* cuttings.

| وزن خشک برگ (گرم) Leaf dry weight (g) | وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g) | قطر ریشه (میلی‌متر) Root diameter (mm) | طول بزرگترین ریشه (میلی‌متر) Longest root length (mm) | تعداد ریشه Number of roots | تیمار Treatment |
|--|---|---|--|----------------------------------|-----------------------------|
| 0.085b [†] | 0.032b ^{††} | 0.995a ^{††} | 30.55bc ^{††} | 6.40b ^{††} | IBA 2000 mg l ⁻¹ |
| 0.083b | 0.035b | 1.074a | 36.98ab | 7.31ab | IBA 3000 mg l ⁻¹ |
| 0.141a | 0.052a | 1.285a | 44.72a | 13.02a | IBA 4000 mg l ⁻¹ |
| 0.102b | 0.037ab | 1.192a | 38.42ab | 12.72a | NAA 2000 mg l ⁻¹ |
| 0.080b | 0.030b | 1.033a | 26.59c | 7.63ab | NAA 3000 mg l ⁻¹ |
| 0.079b | 0.033b | 1.086a | 26.11c | 6.35b | NAA 4000 mg l ⁻¹ |
| 0.090b | 0.030b | 0.658b | 14.85d | 3.06b | Control شاهد |

[†] Different letters in each column show significant differences at [†], 5% and ^{††}, 1% level of probability using DNMRT.

[‡] حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و یا ۱٪ با آزمون جدید دانکن می‌باشد.

قطر ریشه

اثر تیمارهای مختلف اکسین بر قطر ریشه معنی‌دار شد. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها نشان داد قطر ریشه به جز از شاهد در تمامی تیمارها در بالاترین سطح قرار داشت (جدول ۴). برهمکنش زمان قلمه‌گیری و

محیط ریشه‌زایی نیز بر قطر ریشه‌های تشکیل شده معنی‌دار شد. قلمه‌هایی که در آبان ماه برداشت شده و در زیر تونل پلاستیک ریشه‌دار شدند و همچنین تمامی قلمه‌های برداشت شده در بهمن ماه که در هر دو محیط ریشه‌زایی قرار گرفتند، قطر ریشه بیشتری داشتند (جدول ۳).

وزن خشک ریشه

اثر تیمارهای مختلف اکسین بر وزن خشک ریشه‌های تشکیل شده در قلمه‌های شیشه‌شور معنی‌دار شد. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها نشان داد وزن خشک ریشه قلمه‌هایی که با IBA به غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده بودند بیشتر بود (جدول ۴). همچنین وزن خشک ریشه قلمه‌هایی که در زیر تونل پلاستیک ریشه‌دار شدند نسبت به مه افشان افزایش نشان داد (جدول ۲).

تعداد برگ

برهمکنش محیط ریشه‌زایی و تیمارهای مختلف اکسین بر ویژگی تعداد برگ معنی‌دار شد. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها نشان داد قلمه‌هایی که با IBA به غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده و در شرایط مه‌افشان ریشه‌دار شدند تعداد برگ بیشتری داشتند (شکل ۴). همچنین تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارهای اکسین به جز تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، در زیر مه افشان تعداد برگ بیشتری داشت (شکل ۴). برهمکنش زمان قلمه‌گیری و محیط ریشه‌زایی نیز بر تعداد برگ قلمه‌های شیشه‌شور معنی‌دار گردید به طوری که تعداد برگ قلمه‌هایی که در بهمن ماه برداشت شده و در شرایط مه‌افشان ریشه‌دار شدند بیشتر بود (جدول ۳).

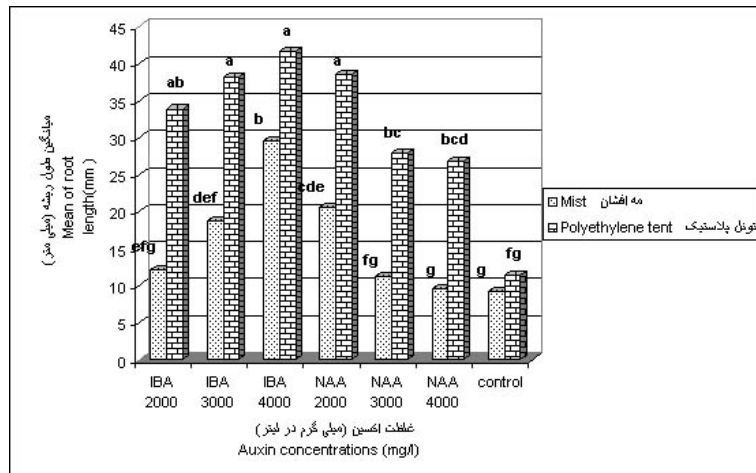


Fig. 3. Interaction between rooting environments (mist, polyethylene tent) and different concentrations of IBA and NAA on the mean root length of *Callistemon* cuttings. Means with the same letters are not significantly different at 5% level of probability using DNMRT.

شکل ۳- برهمکنش محیط ریشه‌زایی قلمه (مه‌افشان، تونل پلاستیک) و غلظت‌های مختلف IBA و NAA بر میانگین طول ریشه در قلمه‌های شیشه‌شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند از نظر آزمون چند دامنه‌ای جدید دانکن در سطح ۵٪ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

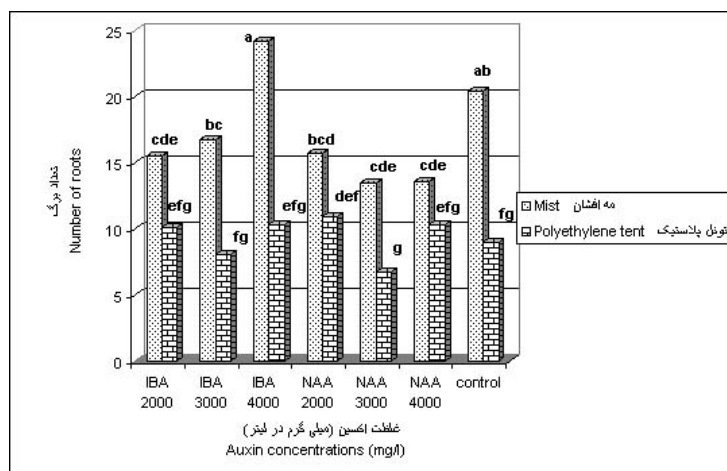


Fig. 4. Interaction between rooting environments (mist, polyethylene tent) and different concentrations of IBA and NAA on number of leaves of *Callistemon* cuttings. Means with same letters are not significantly different at 1% level of probability using DNMRD.

شکل ۴- برهمکنش محیط ریشه‌زایی قلمه (مه افشان، تونل پلاستیک) و غلظت‌های مختلف IBA و NAA بر تعداد برگ‌های تشکیل شده در قلمه‌های شیشه شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند از نظر آزمون چند دامنه‌ای جدید دانکن در سطح ۱٪ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

وزن خشک برگ

اثر تیمارهای مختلف اکسین بر وزن خشک برگ قلمه‌های شیشه‌شور در سطح ۵٪ معنی‌دار گردید. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها نشان داد وزن خشک برگ قلمه‌هایی که با IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده بودند بیشتر بود (جدول ۴). همچنین برهمکنش زمان قلمه‌گیری و محیط ریشه‌زایی بر وزن خشک برگ قلمه‌ها در سطح ۱٪ معنی‌دار شد به طوری که وزن خشک برگ قلمه‌هایی که در بهمن ماه برداشت شده و در زیر مه افشان ریشه‌دار شدند بیشتر بود (جدول ۳).

طول رشد جدید شاخساره

برهمکنش زمان قلمه‌گیری و تیمارهای مختلف اکسین بر طول رشد جدید شاخساره در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها نشان داد قلمه‌هایی که در بهمن ماه برداشت شده و با IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شدند طول رشد جدید شاخساره بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشتند (شکل ۵). همچنین برهمکنش محیط ریشه‌زایی و زمان قلمه‌گیری نیز معنی‌دار شد. در قلمه‌هایی که در بهمن ماه برداشت شده و در شرایط مه افشان ریشه‌دار شدند طول رشد جدید شاخساره بیشتر بود (جدول ۳).

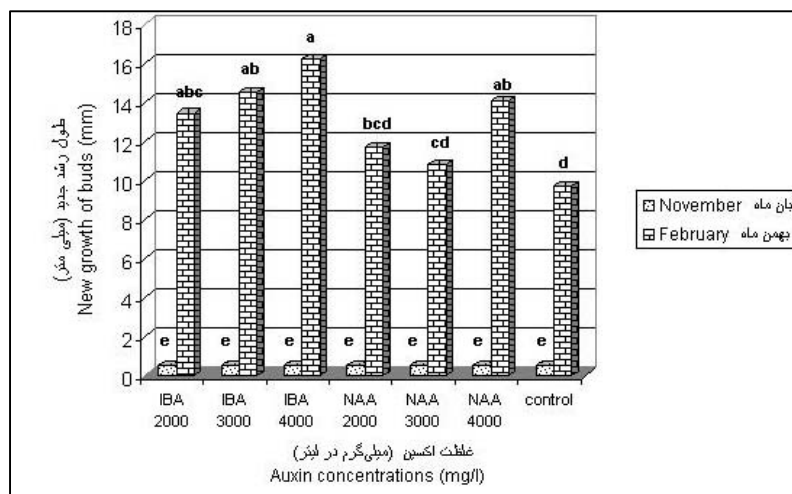


Fig. 5. Interaction between date of cutting harvesting (November, February) and different concentrations of IBA and NAA on flush growth of *Callistemon*. Means with same letters are not significantly different at 5% level of probability using DNMRT.

شکل ۵- برهمکنش زمان قلمه گیری از پایه مادری (آبان، بهمن) و غلظت‌های مختلف IBA و NAA بر طول رشد جدید شاخساره در قلمه‌های شیشه‌شور. میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند از نظر آزمون چند دامنه‌ای جدید دانکن در سطح ۵٪ با یکدیگر تفاوت معنی داری ندارند.

بحث

زمان قلمه‌گیری در فرایند ریشه‌زایی قلمه‌ها دارای اهمیت است. گونه‌های همیشه سبز در طول سال یک یا چند جست رشد دارند و برای برداشت قلمه بایستی شرایط فیزیولوژیکی پایه مادری مورد توجه قرار گیرد. در این پژوهش، قلمه‌گیری از پایه مادری در بهمن ماه نسبت به آبان ماه در آسانی ریشه‌زایی به طور کامل موثر بود. نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج به دست آمده از پژوهش سینگ و همکاران (۱۹) همخوانی دارد. آن‌ها گزارش کردند که در افزایش رویشی شیشه‌شور، تیمار قلمه‌های علفی برداشت شده در ماه جولای (تیرماه) با IBA به غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و تیمار قلمه‌های چوب نیمه سخت برداشت شده در ماه فوریه (بهمن ماه) با IBA به غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ریشه‌زایی را به طور معنی‌داری افزایش داد. کلاین و همکاران^۱ (۱۰) گزارش کردند قلمه‌های برگدار دو رقم مورد^۲ که در ماه دسامبر (آذرماه) تا فوریه (بهمن ماه) برداشت شده بودند، ۷۰٪ ریشه‌زایی داشتند در حالی که تنها ۲۰٪ قلمه‌های برداشت شده از ماه می (اردیبهشت ماه) تا اگوست (مردادماه) ریشه تولید نمودند. آن‌ها عقیده داشتند میزان تنظیم‌کننده‌های رشد درون‌زاد، همفرسازهای اکسین، کربوهیدرات‌ها و همچنین زمان بیشترین فعالیت جوانه انتهایی و یا نمو جوانه زایشی در طول فصل رشد در گونه‌های مختلف متفاوت است. با توجه به اهمیت این عوامل در توانایی ریشه‌زایی قلمه، قلمه‌گیری از پایه مادری در زمان مناسبی از فصل رشد بایستی انجام گیرد. در این پژوهش پس از کشت قلمه‌های شیشه‌شور در آبان ماه، میانگین دمای هوا در طی دوره ریشه‌دار شدن قلمه‌ها پایین‌تر از زمانی بود که قلمه‌ها در بهمن ماه کشت

می‌شوند. به نظر می‌رسد پایین بودن دمای هوا می‌تواند به عنوان یکی از عوامل مؤثر در کاهش ریشه‌زایی قلمه‌های برداشت شده در آبان ماه به شمار آید در حالی که در بهمن ماه با افزایش دمای هوا، ریشه‌زایی قلمه‌ها نیز افزایش یافته است. کارپنتر و همکاران^۱ (۴) نشان دادند با افزایش دمای هوا از ۱۸ به ۲۶ درجه سانتی‌گراد و از ۲۶ به ۳۴ درجه سانتی‌گراد، درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده خطمی چینی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. کوریر و همکاران^۲ (۵) گزارش کردند که در گیاه رنگین زرد^۳ تغییرهای فصلی پتانسیل ریشه‌زایی قلمه‌ها با میزان ترکیب های فنلی پایه مادری در ارتباط است. آن‌ها نشان دادند که میزان ۳- هیدروکسی ماندلیک اسید^۴ که به عنوان بازدارنده ریشه‌زایی شناخته شده در ماه اکتبر (مهرماه) بیشتر بوده و در ماه فوریه (بهمن ماه) کاهش یافت. در مقابل، میزان لوتولین ۷- اوگلوکوزید^۵ که تحریک کننده ریشه‌زایی است در ماه اکتبر (مهرماه) کمتر بوده و در فوریه (بهمن ماه) افزایش یافت که به باعث افزایش ریشه‌زایی قلمه‌های برداشت شده در ماه فوریه (بهمن ماه) شد. در این پژوهش به روشنی دیده شد که قلمه‌گیری در بهمن ماه یعنی در دوره رشد فعال درختچه‌های شیشه‌شور و درست پیش از آغاز گلدهی آن‌ها به افزایش معنی‌داری در ریشه‌زایی قلمه‌ها شد. به دلیل این که در بهمن ماه دمای هوا رو به افزایش بوده و پایه‌های مادری شیشه‌شور در حال رشد فعال بودند، در قلمه‌های برداشت شده از آن‌ها نیز ریشه‌زایی، شکفتن جوانه‌ها و نمو برگ‌ها نسبت به آبان ماه بیشتر بود. وجود برگ‌های جوان روی قلمه در ساخت اکسین درون‌زاد، همفرسازهای اکسین و ساخت کربوهیدرات‌ها و در نتیجه بر آسانی ریشه‌زایی قلمه بسیار مهم است.

همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که استفاده از مه افشان، ریشه‌زایی قلمه‌های شیشه‌شور را افزایش داده است. این نتایج با گزارش‌های موس و همکاران^۶ (۱۱) همسو می‌باشد. آن‌ها گزارش کردند که استفاده از مه افشان ریشه‌زایی قلمه‌های برگ‌دار رز و انگور را به طور معنی‌داری افزایش داد. آن‌ها نشان دادند که در صورت وجود سیستم مه‌افشان از بسترهای ریشه‌زایی مختلفی برای قلمه‌ها می‌توان استفاده نمود که این برتری برای گونه‌ها و ارقام سخت ریشه‌زا مهم می‌باشد. همچنین نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش موج و همکاران^۷ (۱۲) از نظر درصد ریشه‌زایی همخوانی داشته ولی از نظر طول ریشه متفاوت است. آن‌ها گزارش کردند قلمه‌های خطمی چینی و گل کاغذی که در فضای آزاد در بستر ریشه‌زایی قرار داده شدند، ریشه‌زایی ضعیفی داشتند در حالی که ریشه‌زایی قلمه‌های قرار گرفته در زیر تونل پلاستیک افزایش یافت و در پایان در قلمه‌هایی که در زیر مه افشان قرار داده شدند، ریشه‌زایی به بیشترین میزان رسید. آن‌ها نشان دادند در فضای آزاد پتانسیل آب قلمه‌ها به شدت کاهش یافت و استفاده از مه افشان با افزایش رطوبت نسبی و کاهش تبخیر و تعرق، پتانسیل آب قلمه‌ها را به طور چشمگیری افزایش داد. تأمین آب کافی در قلمه و ایجاد شادابی یاخته‌ها لازمه تقسیم یاخته‌ای است که در فرآیند ریشه‌زایی قلمه صورت می‌گیرد. پایداری برگ‌های قلمه با انجام فتوسنتز و تولید کربوهیدرات، اکسین و ترکیب‌های فنلی می‌تواند فرآیند ریشه‌زایی قلمه‌ها را آسان‌تر کند (۷). در قلمه‌های برگ‌دار ایجاد توازن بین از دست دادن آب از قلمه از راه برگ‌ها و جذب آب از راه آوندها با افزایش رطوبت نسبی محیط ریشه‌زایی در شرایط مه افشان توانایی ریشه‌زایی قلمه را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، وجود رطوبت کافی در شرایط مه افشان و تأمین آب کافی برای قلمه‌ها، ریشه‌های در حال نمو را از رشد و توسعه بیشتر برای دستیابی به رطوبت عمق بستر کاشت بی‌نیاز می‌کند و در نتیجه قلمه‌های قرار گرفته در زیر

مه‌افشان تعداد ریشه بیشتر ولی کوتاه‌تری دارند در حالی که در زیر تونل پلاستیک رطوبت نسبی کمتر بوده و ریشه‌های در حال نمو برای دستیابی به رطوبت عمق بستر ریشه‌زایی به رشد و نمو بیشتر ادامه داده و بلندتر می‌شوند که این در واقع سازگاری فیزیولوژیکی گیاه با شرایط اکولوژیک برای ادامه زندگی می‌تواند قلمداد شود. شیشه‌شور از گونه‌های سخت‌ریشه‌زا به شمار می‌رود و پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد اکسین برای ریشه‌زایی قلمه‌های چوب نیمه سخت شیشه‌شور به طور کامل ضروری است. در این پژوهش هر دو اکسین IBA و NAA در بهبود ریشه‌زایی قلمه‌ها مفید بوده‌اند. بدون توجه به زمان قلمه‌گیری از پایه مادری و نیز محیط ریشه‌زایی قلمه، کاربرد IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و یا NAA با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین شاخص‌های مربوط به ریشه‌زایی قلمه را به خود اختصاص دادند. این نتایج با نتایج به دست آمده از پژوهش سینگ (۱۸) در این زمینه برابری دارد. او نشان داد که در قلمه‌های چوب نیمه سخت شیشه‌شور با افزایش میزان IBA از ۱۰۰۰ تا ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، درصد ریشه‌زایی و تعداد ریشه در هر قلمه افزایش یافت. سینگ در گزارش دیگری (۱۹) نشان داد که در افزایش رویشی شیشه‌شور، تیمار قلمه‌های چوب نیمه سخت برداشت شده در ماه فوریه (بهمن ماه) با NAA به غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ریشه‌زایی آن‌ها را به طور معنی‌داری افزایش داد. شوارتز و همکاران^۱ (۱۶) گزارش کردند تیمار ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA در قلمه‌های آکاسیا که در ماه فوریه (بهمن ماه) برداشت شده و در بستر ریشه‌زایی قرار داده شدند نسبت به همین تیمار در ماه اگوست (مردادماه) درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه و طول ریشه قلمه‌ها را افزایش داد. باهاتاچارجی و بالاکریشنا^۲ (۲) گزارش کردند که تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بیشتر از تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA در ریشه‌زایی قلمه‌های ختمی چینی موثر بود. آن‌ها نشان دادند که میزان بالای اکسین‌های قوی مانند NAA می‌تواند بر ریشه‌زایی قلمه‌ها اثر بازدارندگی داشته باشد. شارما و همکاران^۳ (۱۷) گزارش کردند که تیمار قلمه‌های جامبو^۴ با آمیخته‌ای از NAA با غلظت ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اتفن با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ریشه‌زایی قلمه‌ها را در شرایط مه‌افشان به طور معنی‌داری افزایش داد. آن‌ها نشان دادند که ترکیب اکسین-اتفن بیشتر از اکسین به تنهایی می‌تواند بر ریشه‌زایی قلمه‌ها موثر باشد. گوپتا^۵ (۶) نشان داد که برای ریشه‌زایی قلمه‌های ختمی چینی در زیر مه‌افشان، تیمار IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها را نتیجه داد. به روشنی پذیرفته شده است که کاربرد اکسین‌های طبیعی یا مصنوعی لازمه آغاز ریشه‌های نابجا در قلمه‌های ساقه است و تقسیم اولین یاخته‌های آغازنده ریشه^۶ به وجود اکسین بستگی دارد (۷). اکسین به همراه ریزوکالین در آغازش و تمایزیابی ریشه نقش مهمی دارد. اکسین باعث جا به جایی و انتقال ریزوکالین‌های متحرک به ناحیه ریشه‌زایی و فعال شدن آن‌ها در این نواحی می‌گردد (۷). ریشه‌زایی قلمه فرآیند پیچیده‌ای است و همان گونه که بیان گردید مجموعه‌ای از عوامل درونی و محیطی در موفقیت یا عدم موفقیت آن نقش اساسی دارند. نتایج این پژوهش به روشنی نشان داد که قلمه‌گیری از پایه مادری در بهمن ماه، تیمار آن‌ها با IBA به غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و یا NAA به غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و استفاده از سیستم مه‌افشان در افزایش ریشه‌زایی قلمه‌های چوب نیمه سخت شیشه‌شور به طور کامل مفید است.

REFERENCES

1. Al-Sagri, F. and P.G. Alderson. 1996. Effect of IBA, cutting type and rooting media on rooting of *Rosa centifolia*. J. Hort. Sci. 71:729-737.
2. Bhattacharjee, S.K. and M. Balakrishna. 1986. Standardization of propagation of *Hibiscus rosa sinensis* L. from stem cuttings. South Indian Hort. 34:158-166.
3. Brophy, J. and J. Doran. 1996. Essential oils of tropical *Asteromyrtus*, *Callistemon* and *Melaleuca* species in search of interesting oils with commercial potentials. ACIAR Monograph 40:1-143.
4. Carpenter, W.J. and J.A. Cornell. 1992. Auxin application duration and concentration govern rooting of *Hibiscus* stem cuttings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117:68-74.
5. Curir, P., S. Sulis, P. Bianchini, A. Marchesini, L. Guglieri and M. Dolci. 1992. Rooting herbaceous cuttings of *Genista monosperma* Lam. Seasonal fluctuations in phenols affecting rooting ability. J. Hort. Sci. 67:301-306.
6. Gupta, V.N. 1989. Effect of intermittent mist and auxins on the rooting potential of *Hibiscus rosa sinensis* L. cv. Snow Flake by semi-hardwood cuttings. South Indian Hort. 37:250-251.
7. Hartmann, H.T., D.E. Kester, F.T. Davies and R.L. Geneve. 1997. Plant Propagation, Principles and Practices. Sixth edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A.
8. Ji, X., Q. Pu, H. Garraffo, and L. Pannell. 1991. The essential oil of the leaves of *Callistemon rigidus*. J. essential Oil Res. 3:465-466.
9. Jules, J. 1987. Plant growth regulators in *Rosa* plants. Hor. Rev. van nostrand, Reinhold Com. New York, U.S.A.
10. Klein, J.D., S.H. Cohen and Y. Hebbe. 2000. Seasonal variation in rooting ability of myrtle (*Myrtus communis* L.) cuttings. Sci. Hort. 83:71-76.
11. Moss, G.I. and R. Dalgleish. 1985. High humidity propagation. Acta Hort. 166:67-73.
12. Mudge, K.W., V.N. Mwaja, F.M. Itulya and J. Ochieng. 1995. Comparison of four moisture management systems for cutting propagation of *Bougainvillea*, *Hibiscus* and Kei apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120:336-373.
13. Newton, A.C. and A.C. Jones. 1993. The water status of leafy cuttings of four tropical tree species in mist and non-mist propagation systems. J. Hort. Sci. 68:653-663.
14. Rajput, C., G. Singh, R. Singh and S. Achal. 1979. Effect of certain plant growth regulators on the rooting of stem cuttings in bottle brush (*Callistemon lanceolatus* Sweet). Indian Agr. 23:161-164.
15. Sabbah, S.M., J.W. Grosser, J.L. Chandler and E.S. Louzada. 1991. The effect of growth regulators on the rooting of stem cuttings of citrus, related genera and intergeneric somatic hybrids. Proc. Flo. Stat. Hort. Soc. 104:188-191.
16. Schwarz, J.L., P.L. Glocke and M. Sedgley. 1999. Adventitious root formation in *Acacia baileyana* F.Muell. J. Hort. Sci. Biotechnol. 74:561-565.
17. Sharma, J., A. Bandyopadhyay and S.K. Sen. 1989. Effect of auxinic and non-auxinic chemicals on rooting of rose apple (*Syzygium jambos* Alston) stem cuttings. South Indian Hort. 37:108-111.
18. Singh, S. 1992. Influence of auxins and planting time on carbohydrate and nitrogen fractions in semi-hardwood cuttings of *Callistemon lanceolatus* at root emergence-II. Adv. Hort. Forestry 2:165-171.
19. Singh, S. 1993. Performance of mist rooted cuttings of *Callistemon lanceolatus* on survival and plant growth. Adv. Hort. Forestry 3:201-206.
20. Singh, S. and V. Motial. 1982. Regeneration response of *Callistemon lanceolatus* cuttings to auxins and time of planting under intermittent mist. Bangladesh J. Sci. Indust. Res. 17:15-25.
21. Stead, T.Y. and G. Butler. 1983. Your Australian garden, No: 5. *Callistemons* and other Bottle brushes. D.G. Stead Memorial Wildlife Research Foundation, Melbourne, Australia.

22. Stilinovic, S. and M. Grbic. 1989. The use of plant hormone "Biokor" for propagation of some woody ornamentals by cuttings. Acta Hort. 251:393-398.
23. Wrigley, J. and M. Fagg. 1993. Bottle brushes, Paperbarks and Tea Trees. Angus and Robertson, Australia.