تأثیر چند نوع بستر ریشه‌زایی بر ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی درختچهٔ زینتی شیشه‌شور مجنون (*Callistemon viminalis*) در شرایط گلخانه

صدیقه شکری[1*]، حسین زارعی[1] و مهدی علیزاده[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۲۳)

چکیده

با توجه به تأثیر بستر ریشه‌زایی بر ریشه‌زایی قلمه گیاهان مختلف، پژوهشی با هدف بررسی تأثیر بسترهای ریشه‌زایی ماسه، ماسه+ کوکوپیت، ماسه+ پرلایت، کوکوپیت+ پرلایت و ماسه+ کوکوپیت+ پرلایت بر ریشه‌زایی قلمه‌های درختچهٔ شیشه‌شور مجنون، در دههٔ آخر مرداد سال ۱۳۸۹ طرح‌ریزی شد. پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. قلمه‌ها پس از اعمال زخم‌زنی در قسمت ته آنها، تحت شرایط سیستم مه‌افشان کشت شدند. پس از ۴۵ روز، فاکتورهای درصد ریشه‌زایی، درصد زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار پس از انتقال به گلدان، تعداد ریشه، بلندترین طول ریشه، میانگین طول ریشه، تعداد شاخه‌های جدید و وزن خشک ریشه در قلمه‌های خارج شده از بستر بررسی شد. نتایج نشان داد که اثر بسترهای ریشه‌زایی بر طول بلندترین ریشه، میانگین طول ریشه، درصد زنده‌مانی قلمه‌های ریشه-دار شده و تعداد شاخه‌های جدید معنی‌دار بود. از لحاظ آماری، بیشترین میانگین طول ریشه در بستر ماسه+ کوکوپیت و بلندترین طول ریشه در بسترهای ماسه، ماسه+ کوکوپیت و کوکوپیت+پرلایت حاصل شد. بالاترین درصد زنده‌مانی قلمه‌ها پس از انتقال به گلدان از قلمه‌های ریشه‌دار شده در بسترهای ماسه+ کوکوپیت، ماسه+پرلایت و ماسه+ کوکوپیت+ پرلایت به‌دست آمد. با توجه به مشاهدات و نتایج به‌دست آمده می‌توان بستر ماسه+ کوکوپیت را در بین بسترهای مورد مطالعه، بستر مناسبی به‌منظور ریشه‌زایی قلمه‌های گیاه شیشه‌شور مجنون تحت شرایط سیستم مه‌افشان معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: بستر کشت، ویژگی‌های ریشه، زنده‌مانی، سیستم مه‌افشان

مقدمه

درختچهٔ زینتی شیشه‌شور مجنون (*Callistemon viminalis*) از خانواده مورد (Myrtaceae) و گیاهی همیشه‌سبز است. این گیاه یک درختچهٔ زینتی شناخته شده در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است و دارای برگ‌های نیزه‌ای، شاخه‌های آویزان و بلند و گل‌هایی به رنگ قرمز سنبله‌ای می‌باشد (۶). شیشه‌شور از گونه‌های بسیار مقاوم نسبت به انواع خاک‌ها و شرایط محیطی می‌باشد که بر توجیه استفاده از این گیاه در فضای سبز شهری ایران می‌افزاید. رایج‌ترین روش تکثیر، استفاده از بذر و قلمه گیاه است (۵ و ۲۱). با توجه به جوانه‌زنی راحت بذرهای شیشه‌شور و سخت ریشه‌زا بودن قلمه‌های این گیاه، تکثیر از طریق بذر، روش معمول تکثیر این گیاه به شمار می‌رود. دانهال‌های حاصل از بذر دارای تفرق صفات بوده و معمولاً از لحاظ زینتی ارزش چندانی ندارند. از طرفی، گذراندن دورهٔ نونهالی و زمان رسیدن به سن گل‌دهی این گیاه به‌منظور استفاده در فضای سبز شهری نیز

۱. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: agri_sh@yahoo.com

طولانی خواهد بود (۵). بنابراین، شناخت شرایط مناسب برای ریشه‌زایی قلمه‌های گیاه شیشه‌شور، به‌منظور به حداکثر رساندن ریشه‌زایی قلمه‌ها، و درصد بالای زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار شده در این گیاه مورد توجه قرار گرفته است. تفاوت در توانایی ریشه‌زایی قلمه‌ها ناشی از فاکتورهای آناتومی، فیزیولوژیک، بیوشیمی و محیطی زیادی است و عوامل محیطی و درونی مختلفی در این امر دخالت دارند (۲۰ و ۲۷). بررسی اثر بسترهای ریشه‌زایی قلمه‌ها، با توجه به نقش مهمی که در توسعه و رشد ریشه‌های ظاهر شده در هر قلمه دارند، و نیز تأثیر شکل و فرم ریشه بر زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار شدهٔ گیاه، امری قابل توجه است (۲۰ و ۲۷). محیط کشت مناسب باعث استقرار قلمه‌ها شده، دست‌یابی به رطوبت کافی و نفوذپذیری هوا را میسر می‌سازد و بر وجود مواد مختلف و واکنش آنها در ریشه‌زایی قلمه‌ها تأثیر زیادی دارد (۷ و ۱۶). رطوبت در محیط کشت باید به اندازه‌ای باشد که نیاز به آبیاری را کاهش دهد؛ چرا که حفظ رطوبت کافی در محیط موجب افزایش ریشه‌زایی در قلمه‌ها می‌شود (۲ و ۳۰).

بستر کشت اثر زیادی بر توانایی ریشه‌زایی قلمه ساقه بسیاری از گیاهان زینتی دارد. به گونه‌ای که اثر مخلوط پیت و پرلایت در ریشه‌زایی قلمه‌های میخک ژاپنی (*Pitosporum tobira* (Thunb.) Ait.) (۳۷) و زیتون (۳۸) طی تحقیقاتی گزارش شده است. اثر بسترهای ریشه‌زایی قلمه‌ها در طیف‌های مختلفی از ترکیب خاک با ماسه شسته، خاک‌برگ و کمپوست محلی برای ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی مورد (*Myrtus communes*) و زرشک زینتی (*Berberis thunbergii*) نیز مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت (۲۶). ماسه از محیط‌های کشت معمول بوده و اکثر پرورش‌دهندگان در ریشه‌زایی قلمه‌ها از آن استفاده می‌کنند. ماسه، از لحاظ وزنی، سنگین‌ترین بستر برای ریشه‌زایی قلمه‌هاست و میزان هوادهی را در بستر کشت به میزان زیادی افزایش می‌دهد، فاقد مواد غذایی بوده و معمولاً واکنش خنثی دارد. هم‌چنین، قادر به جلوگیری از تغییر اسیدیته و ظرفیت تبادل کاتیونی بستر نیست (۲ و ۴).

کوکوپیت، از دیگر بسترهای مورد استفاده در ازدیاد گیاهان، یک ترکیب حاصل از فرآیندسازی پوستهٔ میوهٔ نارگیل می‌باشد که از نظر فیزیکی ماده‌ای اسفنجی و شبیه به پیت‌ماس بوده، از نسبت مساوی لیگنین و سلولز تشکیل شده و در سال‌های اخیر نیز به میزان زیادی در صنعت باغبانی در اروپا، آمریکا، استرالیا و کانادا مورد استفاده قرار گرفته است (۲۸ و ۳۴). کوکوپیت فاقد بذر علف هرز بوده و قابلیت جذب و نگهداری آب در آن عالی است. دارای اسیدیته قابل قبول بین ۵/۵ تا ۶/۵ بوده، به خنثی نمودن اسیدیته خاک‌های قلیایی کمک کرده، موجب جذب مناسب مواد غذایی می‌شود و نسبت هوا به آب در آن کم است که این موضوع در انتشار اکسیژن در اطراف ریشه اثرگذار خواهد بود. ترکیب آن با مواد دیگر، نظیر پرلایت و یا پوستهٔ برنج، می‌تواند در افزایش تهویهٔ کوکوپیت به‌عنوان بستر ریشه‌زایی اثرگذار باشد (۱۰، ۱۶ و ۳۴).

پرلایت، از دیگر بسترهای ریشه‌زایی، ماده‌ای سیلیکاتی با منشأ آتشفشانی است که از حرارت دادن ذرات گدازهٔ آتشفشان حاصل می‌شود. دارای سوراخ‌های ریز سطحی زیادی بوده و طبیعت متخلخلی دارد. در نتیجه توانایی بالایی در نگهداری آب خواهد داشت. قابلیت زه‌کشی خوبی دارد و سبب افزایش هوادهی در بستر و در نتیجه تعادل مناسب بین تهویه و رطوبت خواهد شد. مانند ماسه، دارای اسیدیته خنثی بوده و فاقد عناصر غذایی و خاصیت تبادل کاتیونی است. اضافه کردن آن به سایر بسترها سبب افزایش تهویه و اکسیژن‌رسانی می‌شود (۲، ۴، ۱۲ و ۱۶).

اسمیت و هال (۳۶) در پژوهشی، اثر پرلایت را به‌عنوان یک بستر مناسب برای گیاهان زینتی مورد بررسی و آزمایش قرار دادند و دریافتند که استفاده از پرلایت در مخلوط با بسترهای سنتی حاوی پیت، به‌دلیل هوادهی بهتر، می‌تواند به‌طور مؤثری در رشد و توسعهٔ گیاه نقش خوبی ایفا کند. در بررسی اثر هفت ترکیب مختلف از ماسه، خاک‌اره، سیلت و رس بر رشد دانهال‌های گیاه شیشه‌شور (*Callistemon lanceolatus* [*C. citrinus*])، اثر معنی‌دار بسترهای مورد پژوهش بر رشد دانهال و وزن،

ضخامت، طول و حجم ریشهٔ توسعه یافته نشان داده شد و بستر مخلوط ماسه+ سیلت+ خاکاره بهترین نتیجه را به دنبال داشت (۱۴). با توجه به نتایج کار پژوهشگران مختلف در خصوص تأثیر بستر کشت بر ریشه‌زایی قلمه‌های گیاهان متعدد، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر چند بستر کشت بر ریشه‌زایی قلمه‌های گیاه زینتی شیشه‌شور مجنون (*C. viminalis*) بوده است. ضمن اینکه تاکنون آزمایشی با این هدف روی درختچهٔ شیشه‌شور مجنون صورت نگرفته و اطلاعات قابل دسترس در خصوص تأثیر بسترهای کشت بر ریشه‌زایی قلمه‌های این گیاه و در نتیجه تکثیر تجاری آن محدود است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی وضعیت ریشه‌زایی قلمهٔ ساقه درختچهٔ زینتی شیشه‌شور مجنون (*C. viminalis*) در بسترهای مختلف ریشه‌زایی، این پژوهش در واحد پژوهشی گلخانهٔ مه‌افشان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در دهه آخر مرداد سال ۱۳۸۹ طرح‌ریزی و انجام شد. قلمه‌ها در پنج تیمار مختلف بستر ریشه‌زایی کاشته شدند. تیمارهای آزمایشی شامل بستر ماسه، ماسه+ پرلایت، ماسه+ کوکوپیت، کوکوپیت+ پرلایت و ماسه+ کوکوپیت+ پرلایت بودند. ماسه، کوکوپیت و پرلایت به‌عنوان ماده اولیهٔ بسترهای ریشه‌زایی تهیه شدند. کوکوپیت سریلانکا، به‌صورت بلوک‌های فشردهٔ ۵ کیلویی در ابعاد خریداری و پس از خیساندن در آب مورد استفاده قرار گرفت. هم‌چنین، ماسه شسته پس از دو بار الک کردن، استفاده شد. پرلایت نیز با دانه‌بندی متوسط تهیه شد. پرلایت و ماسه، پس از شستشو به‌منظور حذف گرد و خاک اضافی، مورد استفاده قرار گرفتند. پس از آن، تیمارهای آزمایشی با نسبت‌های حجمی یکسان آماده و در سکوی کاشت توزیع گردیدند.

قلمه‌ها از درختان بالغ و از شاخه‌هایی که در سال جاری رشد کرده بودند، از موقعیت‌های یکسان درخت انتخاب و تهیه شدند. قلمه‌ها با استفاده از یک قیچی تیز و در صبح، حتی‌الامکان قبل از ظهر، تهیه و در پارچه نم‌دار نگهداری شدند تا از شادابی مطلوبی برخوردار باشند (۴ و ۲۵). درختان مادری از لحاظ تغذیه و شرایط نگهداری در وضعیت مطلوبی قرار داشتند. طول قلمه‌های تهیه شده حدود ۱۵-۲۰ سانتی‌متر بود و برگ‌های یک سوم پایین قلمه‌ها قبل از کاشت حذف گردید.

گلخانه مورد نظر مجهز به سیستم مه‌افشان و در نتیجه رطوبت نسبی بالایی بود. وضعیت پاشش سیستم مه‌پاش در طول آزمایش‌ها به‌گونه‌ای بود که در هر ۴۰ دقیقه به‌مدت یک دقیقه آبپاشی انجام می‌شد. استفاده از سیستم مه‌افشان علاوه بر تأمین رطوبت نسبی محیط، رطوبت مداوم در بستر را نیز فراهم کرد. شدت نور و رطوبت نسبی در طول دورهٔ آزمایش به‌ترتیب حدود ۱۱۰۰۰-۱۴۰۰۰ لوکس و ۶۰-۸۰ درصد و دمای گلخانه در طول شبانه‌روز نیز در محدودهٔ بین ۲۸-۳۵ درجه سلسیوس بود. پس از تهیه بستر کاشت، قلمه‌ها به‌طور کاملاً تصادفی در بسترهای آماده شده کاشته شدند. هر تیمار دارای سه تکرار و هر تکرار شامل ۱۰ قلمه بود و در مجموع ۱۵۰ قلمه برای این تیمار آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت. قلمه‌ها قبل از کاشت در آب مقطر قرار داده و سپس کشت شدند. از هیچ تنظیم‌کننده رشدی در این تیمار آزمایشی استفاده نشد. تیمار زخم‌زنی به‌صورت یک برش عمودی به‌طول حدود یک سانتی‌متر و در قسمت انتهای قلمه‌ها ایجاد شد (۴). به‌منظور جلوگیری از ایجاد هر گونه صدمه و یا فشار فیزیکی به قلمه‌ها در حین کاشت، ابتدا با استفاده از یک میله چند سوراخ در بستر ایجاد و سپس قلمه‌ها مستقر شدند (۲۵). پس از کاشت قلمه‌ها در بسترهای کشت، به‌منظور ضدعفونی بستر و قلمه‌ها، محلول‌پاشی با قارچ‌کش بنومیل (دو در هزار) انجام گرفت. این عمل حتی پس از کاشت قلمه‌ها نیز هر ۲۰ روز یکبار تکرار شد.

پس از گذشت ۴۵ روز، قلمه‌ها از بسترهای ریشه‌زایی خارج شدند. پارامترهای مورد اندازه‌گیری شامل درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها، طول بلندترین ریشه، میانگین طول ریشه،

جدول ۱. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تأثیر بسترهای مختلف ریشه‌زایی بر ویژگی‌های مورد مطالعه در قلمه‌های شیشه‌شور مجنون (*C. viminalis*)

		میانگین مربعات						
منبع تغییرات	درجه آزادی	درصد ریشه‌زایی	تعداد ریشه	طول بلندترین ریشه	میانگین طول ریشه	تعداد شاخه جدید	وزن خشک ریشه	درصد زنده مانی پس از انتقال
تیمار	۴	۰/۱۴۴۳۴ ns	۰/۰۴۷۰۷ ns	۰/۳۱۰۳۲**	۰/۱۵۱۹۴ **	۰/۱۵۵۰۴ *	۰/۰۰۰۰۵ ns	۰/۰۳۸۵۱*
خطا	۱۰	۰/۰۵۹۹۹	۰/۰۲۶۵۷	۰/۰۴۸۸۵	۰/۰۲۲۸۱	۰/۰۳۱۴۵	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۷۷۶

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

تعداد ریشه در هر قلمه، تعداد شاخ‌های جدید رشد یافته در هر قلمه، وزن خشک ریشه و هم‌چنین درصد زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار شده پس از انتقال به گلدان بود. به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک ریشه، در هر واحد آزمایشی، تعدادی از قلمه‌های ریشه‌دار شده به‌طور تصادفی انتخاب و ریشه‌های تشکیل شده به‌طور کامل از قلمه‌ها جدا و در پاکت‌های کاغذی مجزایی قرار داده شدند. این پاک‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در خشک کن قرار گرفتند. سپس با استفاده از ترازوی حساس، وزن خشک ریشه ثبت گردید.

ترکیب خاکی مورد استفاده به‌منظور انتقال قلمه‌های ریشه‌دار شده شامل یک قسمت خاک باغچه و دو قسمت کوکوپیت بود. پس از کاشت قلمه‌های ریشه‌دار شده در گلدان نیز محلول‌پاشی با بنومیل صورت گرفت.

در اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی بسترهای ریشه‌زایی مورد استفاده،اندازه‌گیری پ- هاش بسترها به‌روش عصاره اشباع صورت گرفت (۱۱). فسفر قابل جذب به‌روش اولسن و سامرز (۲۹)، پتاسیم قابل جذب با استفاده از استات آمونیوم (۱۳) عصاره‌گیری شد و میزان فسفر و پتاسیم قابل جذب به‌ترتیب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و فلیم‌فتومتر تعیین شد. درصد نیتروژن کل خاک نیز به‌روش تقطیر کجلدال اندازه‌گیری گردید (۱۹).

محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵% و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر بسترهای ریشه‌زایی بر میانگین طول ریشه و طول بلندترین ریشه در سطح ۱% و بر تعداد شاخه‌های جدید رشد یافته و درصد زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار شده پس از انتقال به گلدان در سطح ۵% معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر تیمارهای آزمایشی بر دیگر پارامترهای مورد بررسی از جمله درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه و میزان ماده خشک ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۱).

تأثیر بسترهای ریشه‌زایی بر برخی ویژگی‌های قلمه‌های شیشه‌شور مجنون از جمله درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه، طول بلندترین ریشه، میانگین طول ریشه، تعداد شاخه‌های جدید و میزان ماده خشک ریشه در جدول ۲ نشان داده شده است.

درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها

اثر بستر بر ریشه‌زایی قلمه‌های شیشه‌شور معنی‌دار نبود (جدول ۲). اثر غیرمعنی‌دار بسترهای ریشه‌زایی بر ریشه‌زایی قلمه‌های رودودندرون (*Rhododendron* sp.)، فوتینیای نوک قرمز (*Photinia x* ÔfraseriÕ)، قلمه‌های مورد (*Myrtus communes*) و زرشک زینتی (*Berberis thunbergii*) گزارش شده (۱۷ و ۲۶) که با نتیجه پژوهش حاضر مطابقت دارد. با این حال، اثر نوع بستر بر ریشه‌زایی قلمه‌های نوعی رازیانه (*Illicium parviflorum*) (۱۷)،

جدول ۲. تأثیر بسترهای مختلف ریشه‌زایی بر برخی ویژگی‌های قلمه‌های ریشه‌دار شده گیاه شیشه‌شور مجنون (*C. viminalis*)

تیمار	درصد ریشه‌زایی	تعداد ریشه	طول بلندترین ریشه	میانگین طول ریشه	تعداد شاخه جدید	وزن خشک ریشه
ماسه	۹۱/۶۷^{a}	۳/۲۶^{a}	۳/۸۰^{a}	۲/۷۸^{ab}	۱/۱۷^{bc}	۰/۷۴^{a}
ماسه+ پرلایت	۸۰^{a}	۳/۲۵^{a}	۳/۲۶^{b}	۲/۵۷^{bc}	۱/۳۸^{ab}	۰/۷۵^{a}
ماسه+ کوکوپیت	۹۸/۳۳^{a}	۳/۴۳^{a}	۳/۸۷^{a}	۲/۹۸^{a}	۱/۵۷^{a}	۰/۷۴^{a}
کوکوپیت+ پرلایت	۹۹/۱۷^{a}	۳/۳۴^{a}	۳/۹۷^{a}	۲/۶۸^{b}	۱/۰۵^{bc}	۰/۷۴^{a}
ماسه+ کوکوپیت+ پرلایت	۹۱/۶۷^{a}	۳/۰۹^{a}	۳/۳۶^{b}	۲/۳۸^{c}	۱/۰۳^{c}	۰/۷۴^{a}

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵% فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

انگور (۲) و دوگلاس فایر (۲۰) معنی‌دار بود.

طول ریشه

نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیشترین میانگین طول ریشه در بستر ماسه+ کوکوپیت به‌دست آمد. بلندترین طول ریشه در بسترهای ماسه+ کوکوپیت، ماسه و کوکوپیت+ پرلایت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته و بیشترین مقدار را نشان دادند (جدول ۲). بسترهای ریشه‌زایی بیشتر از آن‌که در القای ریشه نقش داشته باشند در توسعهٔ ریشه‌های ظاهر شده نقش دارند. هم‌چنین، بستر می‌تواند بر نوع و ظاهر ریشهٔ ظاهر شده اثرگذار باشد (۲۴).

لایه آب درون و اطراف پایین قلمه می‌تواند عبور آزاد اکسیژن برای نمو سرآغازه‌های ریشه در حال نمو را مسدود کند. بنابراین، بسیار مشکل است تا ارتباط ریشه‌زایی را با ویژگی‌های فیزیکی مانند حجم هوا و رطوبت محیط ریشه‌زایی مربوط دانست. با این‌حال، در حضور سیستم مه‌افشان، باید تهویه و قابلیت دسترسی به آب کافی در بستر همواره مد نظر قرار گیرد (۷). چرا که اتساع غشای پروتوپلاسمی و تورم سلول‌های زنده گیاهی برای رشد و القای ریشه لازم و ضروری است و آب این تورم را حفظ می‌کند (۳۰). اگرچه آب برای ریشه‌زایی قلمه بسیار مهم است، اما بستر ریشه‌زایی نباید غرقاب باشد و همواره باید تهویه کافی در بستر فراهم شود. مطالعه ویژگی‌های فیزیکی بسترهای مختلف نشان داد که نسبت بین آب و هوا در بسترهای ریشه‌زایی دارای اهمیت ویژه‌ای است (۱۷). بستر با هوادهی بهتر ریشه‌زایی بهتر، پوسیدگی کمتر و نهایتاً زنده‌مانی بیشتری را به‌دنبال خواهد داشت. بسترهایی که قابلیت بالای نگهداری آب دارند معمولاً هوادهی نامطلوبی دارند (۱۵، ۲۲، ۳۰ و ۳۹).

طول ریشه به مقدار مواد معدنی موجود و هم‌چنین خلل و فرج بستر بستگی دارد. وجود اکسیژن و تهویهٔ کافی ممکن است به خودی خود در القای ریشه حساسیت کمتری نشان دهد، اما در طول روند رشد ریشه که به زودی رخ می‌دهد نیاز به اکسیژن و تهویه امری ضروری خواهد بود (۲۲ و ۳۰). وجود مواد آلی و بالا بودن ظرفیت کاتیونی باعث افزایش جذب و نگهداری عناصر غذایی و آب شده و موجب ایجاد شرایط مناسب برای رشد ریشه در قلمه می‌شود. اما استفاده از کوکوپیت به‌عنوان یک ماده آلی به تنهایی به‌دلیل فشرده شدن و کاهش تهویه، مفید نیست (۱۰، ۱۸ و ۲۸). بنابراین، ترکیب این بستر با بستر پایهٔ دیگری نظیر ماسه یا پرلایت می‌تواند در بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی آن نقش به‌سزایی را ایفا کند، تا ضمن تأمین اکسیژن کافی برای قلمه‌ها، رطوبت مورد نیازشان را نیز فراهم کند و سبب افزایش کارایی این بستر شود (جدول ۲). در تأیید این مطلب، در بررسی تأثیر تهویه بر قلمه‌های رز، ادریسی، آزاله و بنت‌قنسول نیز نشان داده شد که

بسترهایی با تهویه کم، تشکیل و رشد ریشه را تحت تأثیر قرار داد و قلمه‌ها ریشه‌زایی کمی داشتند و ریشه‌زایی با انتشار مناسب اکسیژن در بستر افزایش یافت (۲۲).

از طرفی، بقا و درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده تا حد قابل توجهی به‌میزان آبی که در بستر ریشه‌زایی قلمه‌ها قرار دارد وابسته است و حضور کافی آب در بستر ریشه‌زایی بسیار مهم است (۳۰، ۳۱ و ۳۲). بسترهایی که آب خیلی زیاد یا خیلی کم در خود نگه می‌دارند نتایج نامناسب و ضعیف‌تری را به‌دنبال خواهند داشت (۲۰). در واقع می‌توان تعادل بین میزان آب و اکسیژن موجود در بستر را عامل تأثیرگذار و مهم بر میزان ریشه‌زایی و حیات قلمه‌ها تلقی کرد (۱۸ و ۳۹). مطالعه تأثیر بستر کوکوپیت بر رشد و توسعهٔ ریشهٔ کلوسیا (*Celosia cristata*) نشان داد که بستر کوکوپیت به‌تنهایی تخلخل بهتری نسبت به بستر کوکوپیت+ پرلایت با نسبت ۷۰ به ۳۰ دارد (۱۶). این در حالیست که در تأیید نتیجه به‌دست آمده در پژوهش، اضافه کردن پرلایت به پیت با نسبت ۷۰ به ۳۰، در خصوص قلمه‌های مورد (*Myrtus communis*) نسبت به پیت خالص در افزایش تهویه و ریشه‌زایی نقش مؤثری داشته است (۲۳).

کمترین طول ریشه در بستر ماسه+ پرلایت حاصل شد. بستر ماسه نیز به تنهایی به‌علت ظرفیت تبادل کاتیونی کم، بستر مناسبی نیست. ماسه و پرلایت به تنهایی یا در ترکیب با یکدیگر به‌دلیل داشتن نمک‌های مختلف، شوری بستر را افزایش می‌دهند که خود موجب نامناسب شدن بستر و افزایش نیاز به آبشویی خواهد شد (۳). پرلایت در بستر ریشه‌زایی گرچه سبب تهویه خواهد شد، اما به‌دلیل نداشتن موادغذایی و ضعیف بودن قابلیت نگهداری رطوبت و همچنین بالا بودن میزان نمک‌های مختلف در ترکیب با ماسه، کمترین طول ریشه را به‌دنبال داشت (۲، ۳ و ۷).

درصد نیتروژن کل و غلظت فسفر، آهن و منگنز موجود در بستر تا حد زیادی روی طول ریشه در قلمه‌های اکالیپتوس اثر معنی‌دار نشان داد (۹ و ۳۵). اسیدیته، درصد نیتروژن کل و فسفر و پتاسیم قابل جذب در هر کدام از بسترهای ریشه‌زایی در جدول ۳ نشان داده شده است. درصد نیتروژن کل موجود در بستر ماسه+ کوکوپیت نسبت به سایر بسترها بیشتر بود و به‌دنبال این موضوع بلندترین طول ریشه نیز در بستر ماسه+ کوکوپیت مشاهده شد. "این در حالیست که وابستگی منفی میزان بالای نی‌تروژن با ریشه‌زایی قبلاً مطرح شده بود که با نتیجه پژوهش حاضر مغای‌رت دارد (۷) و مشاهده شد که در بستر کوکوپیت+ماسه با میزان بالاتر نیتروژن کل نسبت به سایر بسترهای مورد بررسی، بلندترین طول ریشه نیز بدست آمد. از طرفی وجود میزانی نیتروژن برای سنتز پروتئین و اسید نوکلئیک در مرحله آغازیدن ریشه کاملاً لازم و ضروری است و سطح کمتر از آن آغازیدن ری‌شه را دچار مشکل می‌کند (۷ و ۲۳).به‌نظر می‌رسد احتمالاً میزان نیتروژن موجود در بستر ماسه+ کوکوپیت همان مقدار نیتروژنی باشد که برای آغازیدن ریشه لازم است و سطح کمتر از آن، هم کاهش ریشه‌زایی و هم کاهش طول ریشه را به‌دنبال داشته است (۱۰). می‌توان برتری بستر حاوی کوکوپیت را به بافت و تخلخل کوکوپیت نیز نسبت داد. در بستر ماسه+ کوکوپیت، به‌دلیل ترکیب یک ماده معدنی و آلی در کنار هم به‌عنوان بستر ریشه‌زایی، ضمن فراهم آوردن تهویه مناسب، مواد آلی و غذایی مختلف نیز در اختیار ریشه‌ها قرار گرفت (جدول ۳).

تعداد ریشه

براساس نتایج جدول ۲، مشاهده گردید که بیشترین تعداد ریشه در بستر ماسه+ کوکوپیت به‌وجود آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر بسترها نداشت. اثر بسترهای ریشه‌زایی بر تعداد ریشهٔ تشکیل شده در هر قلمه در مورد ژینکو (*Ginkgo biloba* L.)، مورد (*Myrtus communes*) و زرشک زینتی (*Berberis thunbergii*) نیز غیرمعنی‌دار گزارش شده است (۱ و ۲۶). شوامباخ و همکاران (۳۵) عنوان داشتند که تعداد ریشهٔ تشکیل شده در هر قلمه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مواد معدنی موجود در محیط کشت قرار دارد؛ در حالی‌که درصد ریشه‌زایی تا حد زیادی به

جدول ۳. اسیدیته، نیتروژن کل، فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب بسترهای ریشه‌زایی مورد مطالعه

بسترهای ریشه‌زایی	اسیدیته کل (pH)	فسفر قابل‌جذب (mg/L)	پتاسیم قابل‌جذب (mg/L)	نیتروژن کل (%)
ماسه	۷/۴۳	۲/۸	۲۷/۵	۰/۰۱۹
ماسه+ پرلایت	۷/۶۳	۵	۲۸	۰/۱۰۸
ماسه+ کوکوپیت	۷/۵	۴/۲	۲۴	۰/۱۷۹
پرلایت+ کوکوپیت	۷	۳/۸	۴۶/۸	۰/۱۴۳
ماسه+ پرلایت+ کوکوپیت	۷/۶۲	۴/۵	۲۸	۰/۰۷۲

فراهم بودن اکسین بستگی دارد.

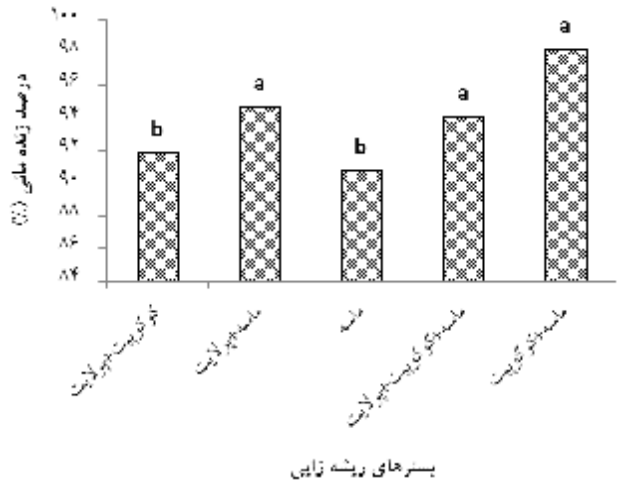
تعداد شاخه

با توجه به جدول ۲ مشاهده شد که بیشترین تعداد شاخه‌هایی که در طول ریشه‌زایی قلمه‌ها رشد کردند در بستر ماسه+ کوکوپیت بود که تفاوت معنی‌داری با بستر ماسه+ پرلایت نشان نداد. هم‌چنین، کمترین تعداد شاخه رشد یافته در قلمه‌ها نیز در بستر ماسه+ پرلایت+ کوکوپیت حاصل شد. ضمن آن‌که، بسترهای ماسه و کوکوپیت+ پرلایت نیز تفاوت معنی‌داری با این بستر نشان ندادند.

با توجه به جدول ۳، بیشترین و کمترین میزان نیتروژن کل نیز به‌ترتیب در بسترهای ماسه+ کوکوپیت و ماسه مشاهده شده که ظاهراً علاوه بر اثر مثبت بر ریشه‌زایی، در فعال‌سازی جوانه‌ها و رشد رویشی شاخه‌ها نیز نقش مؤثری داشته است. می‌توان تأثیر تعداد برگ‌های جوان‌تر و رشد شاخه‌های بیشتر را بر طول ریشه‌ها در قلمه بیشتر از تأثیر مواد معدنی موجود در بسترها مد نظر قرار داد. چرا که با فتوسنتز بیشتر و تولید کربوهیدرات بیشتر، ریشه‌دهی بهتر و رشد ریشه نیز مناسب‌تر خواهد بود (۷ و ۱۰). از طرفی، طول بلندتر ریشه‌های تشکیل شده در قلمه‌های این بستر، با افزایش جذب مواد مغذی موجود در بستر، موجب تولید شاخه و برگ بیشتر در قلمه‌ها نیز می‌شود (۳۲). اثر بستر ریشه‌زایی به‌تنهایی در تعداد شاخه‌های تشکیل شده در قلمه‌های ریشه‌دار شده در دو گیاه مورد (*Myrtus communes*) و زرشک زینتی (*Berberis thunbergii*) غیرمعنی‌دار بود؛ در حالی‌که در آنالیز اثر متقابل بسترهای ریشه‌زایی و نوع گونه‌های مورد بررسی، اثر معنی‌داری گزارش شد (۲۶).

درصد زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار شده

بیشترین درصد زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار شده پس از انتقال به گلدان در بسترهای ماسه+ کوکوپیت، ماسه+ پرلایت و ماسه+ کوکوپیت+ پرلایت مشاهده شد (شکل ۱). بهترین بستر ریشه‌زایی بستری نیست که بیشترین درصد ریشه‌زایی را داشته باشد. بلکه بستری است که ریشه‌هایی با انشعاب بیشتر و قابل انعطاف‌تر تولید کند و بهترین شرایط را برای زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار شده پس از انتقال به گلدان فراهم نماید (۲۰ و ۲۷). با توجه به این‌که قلمه‌هایی که در پیت‌ماس قرار می‌گیرند ریشه‌های باریک، بلند و انعطاف‌پذیرتری می‌دهند، می‌توان درصد بالاتر زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار شده را به داشتن تعداد ریشه‌های بیشتر نسبت داد (۲۴). در نتیجه، ریشه‌های تشکیل شده در این قلمه‌ها پس از کاشت در گلدان توانستند ارتباط بهتری با خاک برقرار کنند (شکل ۲- الف، ب، ج). این در حالیست که ریشه‌های تشکیل شده در بستر ماسه، ریشه‌های گوشتی، سفید، آبدار و بدون انشعابی بودند که به‌دلیل شکنندگی احتمال آسیب‌دیدگی آنها در حین کاشت بسیار زیاد بود (شکل ۲- د). بستر شن و ماسه، با ایجاد یک زه‌کش خوب، سیستم ریشه‌ای شکننده‌تر، بلند و بدون انشعاب ایجاد می‌کند. در نتیجه، انتقال قلمه‌های ریشه‌دار شده در این بسترها اغلب به سختی صورت می‌گیرد، زیرا ریشه‌های بلند و گوشتی در هنگام



شکل ۱. اثر تیمارهای مختلف بر درصد زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار شده گیاه شیشه‌شور پس از انتقال به گلدان. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵% فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.



شکل ۲. ریشه‌های تشکیل شده در بسترها: الف) ماسه+ پرلایت، ب) ماسه+ کوکوپیت، ج) ماسه+ کوکوپیت+ پرلایت و د) ماسه

خارج کردن و کاشتن قلمه‌ها اغلب شکسته می‌شوند (۲، ۲۰ و ۲۴). از این‌رو، مشاهدهٔ کمترین درصد زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار شده در بستر ماسه دور از انتظار نیست. در پژوهشی، بیشترین درصد زنده‌مانی قلمه‌های ساقه چند گیاه چوبی در بسترهایی که قابلیت بالاتری در نگهداری و حفظ رطوبت داشتند به‌دست آمد (۳۱). از این‌رو، می‌توان یکی از علل درصد پایین زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار شده در بستر کوکوپیت+ پرلایت را به قابلیت پایین نگهداری آب در بستر نسبت داد (۱۰). نایر و همکاران (۲۷) و درودی و همکاران (۸) نیز اثر معنی‌دار بسترهای ریشه‌زایی را به ترتیب در زنده‌مانی قلمه‌های استوارتیا (*Stewartia pseudocamellia* Maxim) و سماق (*Rhus coriaria* L.) مثبت عنوان کردند.

نتیجه‌گیری

معرفی یک بستر مناسب برای ریشه‌زایی قلمه‌ها، بیشتر از آن‌که به درصد بالای ریشه‌زایی قلمه‌ها وابسته باشد، به قابلیت بالای زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار شده بستگی دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده و مشاهدات در طول پژوهش حاضر، در بین بسترهای مورد نظر، به‌منظور بررسی ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی درختچهٔ شیشه‌شور مجنون، به نظر می‌رسد بستر

ماسه+ کوکوپیت می‌تواند شرایط مناسب‌تری برای ریشه‌زایی قلمه‌ها فراهم کند؛ چرا که در این بستر علاوه بر دارا بودن بیشترین درصد زنده‌مانی قلمه‌های ریشه‌دار شده، که از لحاظ کاربردی دارای اهمیت ویژه‌ای است، بیشترین طول ریشه هم مشاهده شد و درصد بیشتری از قلمه‌ها ریشه‌دار شده‌اند. بستر ماسه+ پرلایت و بستر ماسه+ کوکوپیت+ پرلایت هم درصد زنده‌مانی بالایی را نشان دادند؛ اما از لحاظ سایر پارامترهای مورد بررسی، ویژگی‌های مناسب فیزیکی و شیمیایی نسبتاً کمتری برای ریشه‌زایی قلمه‌های شیشه‌شور مجنون فراهم کردند.

سپاسگزاری

از کلیه عزیزانی که در طول این پژوهش صمیمانه همکاری نمودند، به‌ویژه کارکنان و مسئولین محترم مجتمع شهید خدایاری شهرستان ساری و جناب آقای مهندس آتشی، تقدیر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. برزگر طرقبه، ل.، ی. حمیداوغلی، ع. حاتم‌زاده و ع. ر. حداد. ۱۳۸۵. اثر بستر کشت و غلظت‌های مختلف IBA در ریشه‌زایی قلمه‌های ژینکو بیلوبا (*Ginkgo biloba* L.). فصلنامه علوم و صنایع کشاورزی ۲۰(۳): ۱۱۹-۱۲۵.

۲. جلیلی‌مرندی، ر. ۱۳۷٦. بررسی تأثیر نوع محیط کشت در ریشه‌زایی قلمه انگور. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱(۲):۳۱-۳۸.

۳. خلج، م. ع. و م. امیری. ۱۳۹۰. اثر بسترهای مختلف کشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل ژربرا در کشت بدون خاک غیرچرخشی. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۲(۸): ٤٧-٥٤.

٤. خوشخوی، م. ۱۳۸۲. گیاه‌افزایی (ازدیاد نبات): مبانی و روش‌ها. جلد اول، انتشارات دانشگاه شیراز.

۵. خوشخوی، م. ۱۳۸۲. گیاه‌افزایی (ازدیاد نبات): مبانی و روش‌ها. جلد سوم، انتشارات دانشگاه شیراز.

٦. خوشخوی، م. ۱۳۸۲. روشهای تکثیر گیاهان زینتی. جلد اول، انتشارات دانشگاه شیراز.

۷. خوشخوی، م. ۱۳۸۳. گیاه‌افزایی (ازدیاد نبات): مبانی و روش‌ها. جلد دوم، انتشارات دانشگاه شیراز.

۸. درودی، ه.، م. اکبری‌نیا، س. غ. جلالی و ا. خسروجردی. ۱۳۸۷. تأثیر قطر قلمه و بستر کاشت بر ریشه‌دهی و زنده‌مانی قلمهٔ سماق (*Rhus coriaria*). مجله زیست‌شناسی ایران ۲۱(۲):.۲۷۰-۲۷۷

۹. رمضانی ملک‌وردی، م. ۱۳۷۲. بررسی روشهای ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی زیتون از سه واریته انتخابی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۱۰.شکری، ص.، ح. زارعی و م. علیزاده. ۱۳۹۰. بررسی روش تکثیر قلمه‌ای درختچه زینتی شیشه‌شور در شرایط درون‌شیشه‌ای و برون‌شیشه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان.

۱۱. علی‌احیایی، م. و ع.ا. بهبهانی‌زاده. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمی‌ایی خاک. جلد اول. نشریه فنی ۸۹۳. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

۱۲.قاسمی‌قهساره، م. و م. کافی. ۱۳۸۸. گلکاری علمی و عملی. جلد دوم، انتشارات اصفهان: مسعود قاسمی‌قهساره.

۱۳.منطقی، ن. ۱۳٦۵. تشریح روش‌ها و بررسی‌های آزمایشگاهی روی نمونه‌های خاک و آب. انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

14. Ahmad, N., M.Ishtiaq and A. Zeb. 2000. Response of bottle brush seedling to different soil media. Sarhad Journal of agriculture. 16(5): 503-509.
15. Akwatulira, F., S. Gwali, J.B.L. Okullo, P. Ssegawa, S.B. Tumwebaze, J.R. Mbwambo and A. Muchugi. 2011. Influence of rooting media and indole-3-butyric acid (IBA) concentration on rooting and shoot formation of *Warburgia ugandensis* stem cuttings. Afr. J. Plant Sci. 5(8): 421-429.
16. Awang, Y., A.S. Shaharom, R.B. Mohammad and A. Selamat. 2009. Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media mixtures and their effects on the growth and development of *Celosia cristata*. Am. J. Agric. Biol. Sci. 4(1): 63-71.
17. Bilderback, T.E. and M.R. Lorscheider. 1992. A comparison of physical properties of double processed pine bark to other selected propagation substrates and their effects on rooting response of three ornamentals. NCAN Nursery Notes 25(1): 35-38.
18. Bontemps, F. 1999. Gerbera: Study on soilless culture using coir. Lien Horticole 21(174): 12-15.
19. Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. PP. 595-624. *In:* Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, ASA, Madison, Wl.
20. Copes, D.L. 1977. Influence of rooting media on root structure and rooting percentage of Douglas-fir cuttings. Silvae Genetica 26(2-3): 102-106.
21. Elliot, W.R. and D.L. Jones. 1982. Encyclopaedia of Australian Plants. Lothian, Vol. 2.
22. Hans, R.G. 1983. Physical conditions of propagation media and their influence on the rooting of cuttings. III. The effect of air content and temperature in different propagation media on the rooting of cuttings. Plant Soil 75(1): 1-14.
23. Klein, J.D., S. Cohen and Y. Hebbe. 2000. Seasonal variation in rooting ability of myrtle (*Myrtus communis* L.) cuttings. Sci. Hort. 83: 71-76.
24. Long, J.C. 1932. The influence of rooting media on the character of roots produced by cuttings. Am. Soc. Hort. Sci. 29(3): 352-355.
25. MacDonald, B. 2000. Practical Woody Plant Propagation for Nursery Growers. Timber Press.
26. Mohammed, S. and S.A. Kanimarani. 2013. Effect of soil media on the rooting of *Myrtus communes* and *Berberis thunbergii* semi-hardwood cuttings. IOSR J. Agric. Veter. Sci. 5(4): 55-60.
27. Nair, A., D. Zhang and J. Smagula. 2008. Rooting and overwintering stem cuttings of *Stewartia pseudocamellia* Maxim. relevant to hormone, media, and temperature. HortSci. 43(7): 2124-2128.
28. Noguera, P., M. Abad, V. Noguera, R. Puchades and E. Maquieira. 2000. Coconut coir waste, a new and ecologically-friendly peat substitute. Acta Hort. 517: 279-286.
29. Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. PP. 403-430. *In:* Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, ASA, Madison, WI.
30. Reddy, Sh. 2009. Cutting-propagation media: Cutting to the chase. Combined Proc. Int. Plant Propagators' Soc. 59: 58-63.
31. Rein, W.H., R.D. Wright and J.R. Seiler. 1991. Propagation medium moisture level influences adventitious rooting of woody stem cuttings. Am. Soc. Hort. Sci. 116(4): 632-636.
32. Rubasinghe, M.K., K.G.K.D. Amarasinghe and S.A. Krishnarajha. 2009. Effect of rooting media, naphtheline acetic acid and gibberelic acid (GA3) on growth performances of *Chirita Moonii*. Ceylon J. Sci. (Biol. Sci.) 38(1): 17-22.
33. Sadhu, M.K. 1998. Plant Propagation. Wiley Eastern Ltd., New Delhi, 287 p.
34. Savithri, P. and H.H. Khan. 1993. Characteristics of coconut coir peat and its utilization in agriculture. J. Plant Crop 22: 1-18.
35. Schwambach, J., C. Fadanelli and A.G. Fett-neto. 2005. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. Tree Physiol. 25(4): 487-494.
36. Smith, C.A. and D.A. Hall. 1994. The development of perlite as a potting substarate for ornamental plants. Acta Hort. 361: 159-166.
37. Wang, Y.T. 1991. Mist quality, rooting hormone collection time and medium effect on propagation of *Pitosporum tobira* (Thunb.) Ait. J. Environ. Hort. 9(4): 199-203.
38. Wiesman, Z. and S. Lavee. 1995. Enhancement of IBA stimulatory effect on rooting of olive cultivar stem cuttings. Sci. Hort. 62: 189-198.
39. . Wright, R.D., W.H. Rein and J.R. Seiler Virginia. 1992. Propagation medium moisture level and rooting of woody stem cuttings. SNA Res. Conf., Vol. 37.