

بررسی تأثیر زمان قلمه‌گیری، موقعیت قلمه و کاربرد اکسین بر ریشه‌زایی قلمه‌های ساقه به لیمو (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth)

مهسا برزویی^{۱*}، محمود دژم^۲ و محمدباقر زاهدی^۳

* نویسنده مسئول، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران
پست الکترونیک: mborzuee2020@gmail.com

۲- استادیار، دانشکده کشاورزی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۷

تاریخ اصلاح نهایی: آذر ۱۳۹۷

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۷

چکیده

به لیمو (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth) گیاهی دارویی از خانواده شاه‌پسند می‌باشد. تکثیر این گیاه عمدتاً به وسیله قلمه زدن انجام می‌شود. به منظور بررسی اثر زمان قلمه‌گیری (پاییز، زمستان و بهار)، موقعیت قلمه (انتهایی، میانی و تحتانی) و غلظت‌های مختلف ایندول بوتیریک اسید (IBA) (صفر، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ ppm) بر ریشه‌زایی قلمه‌های به لیمو، آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در شهرستان کوار (استان فارس) در سال ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. براساس نتایج، قلمه‌های تهیه شده در پاییز ریشه‌زایی بهتری نسبت به قلمه‌های تهیه شده در زمستان و بهار از خود نشان دادند. صرف‌نظر از زمان قلمه‌گیری و کاربرد اکسین، بیشترین درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه، وزن خشک ریشه و طول شاخساره در قلمه‌های تحتانی که قطر بیشتری داشتند، مشاهده شد. قلمه‌های میانی میزان ریشه‌زایی بیشتری نسبت به قلمه‌های انتهایی نشان دادند. به طوری که با افزایش غلظت هورمون IBA تا سطح ۲۰۰۰ ppm، خصوصیات ریشه‌زایی شامل درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه‌ها و وزن خشک آنها افزایش یافت. هرچند در بالاترین غلظت IBA (۴۰۰۰ ppm)، در بیشتر موارد افزایش در خصوصیات ریشه‌زایی نسبت به غلظت ۲۰۰۰ ppm معنی‌دار نبود. اما با افزایش غلظت IBA به ۴۰۰۰ ppm، طول شاخساره‌های حاصل از جوانه‌های روی قلمه‌ها کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: ایندول بوتیریک اسید، به لیمو (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth)، ریشه‌زایی، گیاه دارویی.

مقدمه

درختچه به ۳ تا ۵ متر می‌رسد و برگ‌های آن به صورت کشیده و سبز کم‌رنگ در دسته‌های سه‌تایی بر روی ساقه قرار می‌گیرند (Elemike et al., 2017). مهمترین ترکیب‌های موجود در برگ به لیمو سیترال (به میزان ۳۵-۳۰٪)، نرول و ژرانیول می‌باشد. ترکیب‌های مهم دیگر شامل کارون، لیمونن، دی‌پنتن و متیل هپتانون است (Leyva-Jiménez et al., 2018).

به لیمو (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth) درختچه‌ای خزان‌پذیر از خانواده شاه‌پسند (Verbenaceae) است. بیش از ۲۰۰ گونه در جنس *Lippia* قرار دارد که در میان آنها گونه *L. citriodora* L. به دلیل تنوع کاربرد در صنایع مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (Rua et al., 2018). ارتفاع این

(Cano *et al.*, 2018). افزون بر آن، زمان فصلی یا زمانی از سال که قلمه‌ها گرفته می‌شوند، می‌تواند نقش مهمی در ریشه‌زایی داشته باشد. برای بسیاری از گونه‌ها یک دوره بهینه در سال برای ریشه‌زایی وجود دارد. در گونه‌های خزان‌دار قلمه چوب سخت در فصل خفتگی گیاه از پاییز تا بهار گرفته می‌شود؛ قلمه‌های چوب نرم (از شاخه‌های آبدار) یا چوب نیمه‌سخت (از شاخه‌های تا حدودی بالغ و برگ‌دار) در طول فصل رشد گرفته می‌شود. گونه‌های همیشه سبز پهن‌برگ یک یا چند جست رشد را در طول سال تجربه می‌کنند و معمولاً قلمه‌ها پس از این جست‌های رشدی تهیه می‌شوند. معمولاً در همیشه‌سبزه‌های پهن‌برگ، اگر قلمه‌گیری پس از کامل شدن یک جست رشدی که چوب در آن زمان تا حدودی بالغ است انجام شود، ریشه‌دهی قلمه‌ها به آسانی انجام می‌شود. بنابراین زمان مناسب قلمه‌گیری برحسب گونه‌های مختلف از بهار تا پایان پاییز می‌باشد. معمولاً قلمه‌های چوب نرم بهاره یا تابستانه بسیاری از گونه‌های چوبی نسبت به قلمه‌های چوب سخت زمستانه، ریشه‌زایی آسان‌تری دارند (Cox, 2018).

در پژوهشی (Taheri-Azizabadi *et al.*, 2013) اثر غلظت‌های مختلف هورمون اکسین بر ریشه‌زایی قلمه‌های گیاه دارویی به‌لیمو مطالعه شد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد ایندول بوتیریک اسید (IBA) در غلظت‌های ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و نفتالین استیک اسید (NAA) در غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر روی درصد ریشه‌زایی قلمه‌های به‌لیمو اثر معنی‌داری داشت. در مقایسه با شاهد، تیمار IBA اثر بهتری در ریشه‌زایی قلمه‌ها نسبت به نفتالین استیک اسید نشان داد. در پژوهش دیگری (Ibrahim *et al.*, 2015) اثر تنظیم‌کننده‌های رشد بر ریشه‌زایی قلمه‌های گیاه دارویی به‌لیمو مورد ارزیابی قرار گرفت. در این پژوهش اثر نوع هورمون (IBA و NAA) که به دو شکل حل شده در آب مقطر و یا مخلوط با پودر تالک و همچنین موقعیت قلمه (انتهایی و میانی) بررسی شد. نتایج نشان داد که بیشترین ریشه‌زایی و طول ریشه در تیمارهای IBA ۲۵۰ppm حل شده در آب مقطر و قلمه میانی،

به‌طور کلی تکثیر گیاهان به دو روش جنسی و غیرجنسی انجام می‌شود. هر یک از این دو شیوه از مزایا و محدودیت‌های خاص خود برخوردار می‌باشند. به دلایل متعدد، بیشتر درختان و درختچه‌ها با روش‌های غیرجنسی همانند قلمه زدن، پیوند شاخه، پیوند جوانه، خوابانیدن و ریزازدیادی تکثیر می‌شوند (Hartmann *et al.*, 2014). از میان این روش‌ها، تکثیر به‌وسیله قلمه یکی از آسان‌ترین شیوه‌ها بوده و دارای مزایای متعددی می‌باشد که از آن جمله می‌توان به حفظ خصوصیات ژنتیک گیاه، نیاز به تعداد کمتر پایه‌های مادری، ارزان، سریع و ساده بودن و عدم نیاز به تکنیک‌های ویژه و یا تجهیزات خاصی که برای پیوند یا ریزازدیادی لازم است، اشاره کرد (Hilo *et al.*, 2017). به دلیل تفرق صفات گسترده ناشی از کاشت بذرهای به‌لیمو، تکثیر آن به‌وسیله قلمه زدن (قلمه شاخه و قلمه برگ) و یا خوابانیدن شاخه‌ها در یک بستر کشت نفوذپذیر و مرطوب در فصل بهار انجام می‌شود (Gruenwald *et al.*, 2007). بنابراین به‌نظر می‌رسد که ریشه‌دهی در قلمه ساقه با تجمع اکسین در پایین آن در ارتباط باشد. اگرچه مشخص شده است که اکسین تنها یکی از عوامل محرک ریشه‌زایی است، زیرا در قلمه‌های سخت ریشه‌زا، کاربرد اکسین به‌تنهایی ریشه‌زایی را تسهیل نمی‌کند. افزون بر این، امروزه ترکیب‌های دیگری که ریشه‌زایی را تحریک می‌کنند (مانند کاتکول)، یا از آن جلوگیری می‌کنند نیز شناسایی شده‌اند (Hartmann *et al.*, 2014).

محل ساقه‌ای که قلمه از آن گرفته می‌شود بر نحوه ریشه‌زایی اثرگذار است. به‌طور کلی، شاخه‌های جانبی از شاخه‌های انتهایی و شاخه‌های در حال رشد رویشی از شاخه‌های گلدار، ریشه‌دهی بهتری دارند. در رابطه با موقعیت قلمه و تأثیر آن بر ریشه‌زایی گزارش‌های متعددی در گونه‌های گیاهی مختلف وجود دارد. معمولاً قلمه‌ها را براساس موقعیت به سه گروه قلمه‌های انتهایی، میانی و تحتانی تقسیم‌بندی می‌کنند. در برخی از گیاهان ریشه‌زایی بهتر قلمه‌های میانی و تحتانی و در پاره‌ای از گونه‌ها، ریشه‌زایی بهتر قلمه‌های انتهایی گزارش شده است

و طول ریشه‌ها به ترتیب در قلمه‌های تحتانی و IBA با غلظت ۲۰۰۰ ppm و قلمه‌های انتهایی و بدون IBA حاصل شد.

امروزه با وجود گسترش روزافزون کشت و استفاده از گیاهان دارویی، تکثیر آنها اغلب مبتنی بر روش‌های سنتی بوده و کمبود پژوهش‌های مناسب در این ارتباط احساس می‌شود. از این رو، در این پژوهش اثر عوامل مختلف مانند زمان قلمه‌گیری، موقعیت قلمه بر روی شاخه اصلی و همچنین اثر هورمون اکسین در ریشه‌دار کردن قلمه‌های گیاه به‌لیمو بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه‌ای پلاستیکی واقع در شهرستان کوار استان فارس با طول جغرافیایی ۴۲ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۱ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۵۸۹ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ اجرا گردید. این پژوهش به منظور بررسی اثر زمان قلمه‌گیری، موقعیت قلمه و غلظت‌های مختلف اکسین IBA بر ریشه‌زایی قلمه‌های ساقه گیاه دارویی به‌لیمو به صورت فاکتوریل (سه فاکتور زمان قلمه‌گیری، موقعیت قلمه و غلظت IBA هر یک در سه سطح) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در هر تکرار از ۱۰ قلمه دارای حداقل یک جوانه جانبی که از بخش‌های تحتانی، میانی و انتهایی شاخساره‌ها در فصل‌های پاییز (۲۰ آذر)، زمستان (۲۰ بهمن) و بهار (۲۰ فروردین) تهیه شده بودند، استفاده شد. به منظور بررسی تأثیر اکسین از IBA در غلظت‌های شاهد (بدون مصرف اکسین)، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ قسمت در میلیون (ppm) استفاده شد. برای تهیه محلول پایه IBA در غلظت‌های ۲۰۰۰ ppm و ۴۰۰۰ ppm، ابتدا ۰/۲ و ۰/۴ گرم از پودر IBA (Merck, Germany) در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول حل شد و حجم آن با آب مقطر به ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رسید.

در ابتدا، شاخساره‌های به‌لیمو با طول حدود ۱ متر از پایه‌های دو ساله گونه مذکور در تاریخ‌های ذکر شده

۱۵۰۰ ppm IBA مخلوط شده با پودر تالک و قلمه میانی، ۲۰۰۰ ppm NAA حل شده در آب مقطر و قلمه میانی و ۵۰۰ ppm NAA مخلوط شده با پودر تالک و قلمه میانی بدست آمد. در پژوهشی که به منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف اکسین، زمان قلمه‌گیری و شرایط محیطی بر ریشه‌زایی قلمه‌های چوب نیمه‌سخت گیاه شیشه‌شور (*Callistemon citrinus*) انجام شد قلمه‌های برداشت شده در بهمن‌ماه که با IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده بودند، درصد ریشه‌زایی بیشتری (۵۹٪) نسبت به شاهد داشتند. 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، بدست آمد. طول بزرگترین ریشه، میانگین طول ریشه و وزن خشک ریشه قلمه‌ها 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 از شاهد بود. البته برداشت قلمه‌ها از پایه مادری در بهمن‌ماه و تیمار آنها با اکسین، ریشه‌زایی و طول رشد جدید قلمه‌ها را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها، تعداد برگ و طول رشد جدید قلمه‌هایی که با اکسین تیمار شده بودند، در شرایط مه‌افشان نسبت به تونل پلاستیکی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود، ولی میانگین طول ریشه در قلمه‌هایی که با اکسین تیمار شده و در زیر تونل پلاستیکی قرار داده شده بودند، به‌طور معنی‌داری بالاتر بود (Zarinbal et al., 2005).

در آزمایشی اثر اکسین و موقعیت قلمه بر ریشه‌زایی قلمه‌های ساقه گل کاغذی (*Bougainvillea glabra*) بررسی شد (Dejam & Daneshmandi, 2011). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که غلظت‌های مختلف IBA و موقعیت قلمه اثر معنی‌داری بر ریشه‌زایی قلمه‌های ساقه داشتند. به طوری که با افزایش غلظت IBA درصد ریشه‌زایی و تعداد ریشه‌ها افزایش و متوسط طول ریشه‌ها کاهش یافت. در قلمه‌های تحتانی صرف‌نظر از غلظت IBA، بالاترین درصد ریشه‌زایی مشاهده شد، به طوری که در تمامی غلظت‌ها درصد ریشه‌زایی ۱۰۰٪ بود. بیشترین تعداد

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که زمان قلمه‌گیری و موقعیت قلمه بر همه صفات ارزیابی شده (درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه، وزن خشک ریشه و طول جوانه انتهایی) در سطح احتمال ۱٪ معنی‌داری بود. اثر غلظت هورمون IBA نیز بر تمامی صفات ارزیابی شده بجز صفت درصد ریشه‌زایی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج همچنین نشان داد که اثر متقابل زمان قلمه‌گیری و موقعیت قلمه بر درصد ریشه‌زایی در سطح احتمال ۵٪ و بر سایر صفات در سطح احتمال ۱٪؛ اثر متقابل زمان قلمه‌گیری و غلظت هورمون IBA بر درصد ریشه‌زایی و وزن خشک ریشه در سطح احتمال ۱٪؛ اثر متقابل موقعیت قلمه و غلظت هورمون IBA بر وزن خشک ریشه و طول جوانه انتهایی در سطح احتمال ۱٪ و در نهایت اثر متقابل هر سه فاکتور مورد بررسی بر تمامی صفات ارزیابی شده بجز صفت درصد ریشه‌زایی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۱).

درصد ریشه‌زایی

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین (۶۲/۹۶٪) و کمترین (۴۲/۹۶٪) درصد ریشه‌زایی در قلمه‌هایی که در پاییز و بهار تهیه شده بودند، مشاهده شد. این در حالی بود که بین قلمه‌های تهیه شده در پاییز و زمستان اختلاف آماری معنی‌داری در ارتباط با این صفت مشاهده نشد (جدول ۲). نتایج همچنین نشان داد که قلمه‌های تحتانی بیشترین (۶۷/۷۸٪) و قلمه‌های انتهایی کمترین (۴۵/۹۳٪) درصد ریشه‌زایی را نشان دادند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل زمان قلمه‌گیری و موقعیت قلمه بر درصد ریشه‌زایی نشان داد که بیشترین میزان این صفت از قلمه‌های تحتانی تهیه شده در زمستان (۷۷/۷۸٪) و کمترین آن از قلمه‌های انتهایی تهیه شده در بهار (۳۳/۶۷٪) بدست آمد (جدول ۴). در ارتباط با اثر متقابل زمان قلمه‌گیری و غلظت هورمون IBA بر درصد ریشه‌زایی نیز نتایج نشان داد که بیشترین میزان این صفت از

برداشت شد و پس از انتقال به آزمایشگاه سه نوع قلمه از بخش‌های تحتانی، میانی و انتهایی شاخساره‌ها تهیه گردید. این قلمه‌ها به ترتیب دارای قطر زیاد، متوسط و کم بودند و روی آنها حداقل یک جوانه جانبی وجود داشت. به منظور اعمال تیمارها، انتهای قلمه‌ها (۲ سانتی‌متر) به مدت ۵ ثانیه در محلول‌های فوق‌الذکر قرار گرفت (درون بشر) و بعد بلافاصله قلمه‌های تیمار شده به بستر ریشه‌زایی که از ماسه شسته شده تشکیل شده بود، منتقل و اطراف آنها به خوبی فشرده شد تا قلمه‌ها به خوبی با محیط ریشه‌زایی در تماس باشند. قلمه‌ها هر دو ساعت به مدت ۱۰ دقیقه توسط سیستم مه‌پاش در گلخانه رطوبت دریافت کردند. رطوبت نسبی اطراف قلمه‌ها بیش از ۹۰٪ بود. دمای هوا در زیر مه‌پاش ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. برای کاهش دما در گلخانه، در ساعاتی از روز به‌ویژه نزدیک ظهر و بعد از ظهر قسمتی از پلاستیک به مدت ۳۰-۱۵ دقیقه کنار زده شد. آبیاری با آب چاه، به صورت دستی و هفتگی انجام شد. قلمه‌های کاشته شده به مدت سه ماه تحت مراقبت قرار گرفته و بعد با احتیاط کامل قلمه‌ها از خاک خارج شده و ریشه‌ها به آرامی شسته شدند. در آزمایشگاه، درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده، تعداد ریشه، وزن خشک ریشه‌ها و طول شاخساره تولید شده اندازه‌گیری شد. درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده با شمارش تعداد قلمه‌های ریشه‌دار شده در هر تیمار تعیین گردید. تمامی ریشه‌های هر قلمه با چاقوی جراحی (اسکالپل) بریده شده و بعد هر نمونه در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. پس از آن وزن خشک ریشه‌ها با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. تصویر قلمه‌ها قبل و بعد از ریشه‌دار شدن در شکل‌های ۱ و ۲ قابل مشاهده است. پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین نتایج با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ و ۵٪ و با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گردید.

قلمه‌های انتهایی تهیه شده در بهار (۵/۶۷) بدست آمد (جدول ۴).

وزن خشک ریشه

نتایج نشان داد که قلمه‌های تحتانی بیشترین (۰/۱۸ گرم) و قلمه‌های میانی کمترین (۰/۱۱ گرم) وزن خشک ریشه را تولید نمودند (جدول ۲). بیشترین میزان این صفت از تیمار ۴۰۰۰ ppm (۰/۱۹ گرم) و کمترین آن از تیمار شاهد (۰/۰۷ گرم) بدست آمد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل همزمان هر سه فاکتور مورد بررسی بر وزن خشک ریشه نیز نشان داد که بیشترین میزان این صفت (۰/۴۰ گرم) از قلمه‌های تحتانی تهیه شده در پاییز و غلظت ۴۰۰۰ ppm IBA و کمترین آن (۰/۰۳ گرم) از قلمه‌های تحتانی و انتهایی تهیه شده در بهار بدون اعمال تیمار هورمون بدست آمد (جدول ۳). در ارتباط با اثر متقابل زمان قلمه‌گیری و موقعیت قلمه بر وزن خشک ریشه نیز نتایج نشان داد که بیشترین میزان این صفت از قلمه‌های تحتانی تهیه شده در پاییز (۰/۲۷ گرم) و کمترین آن از قلمه‌های انتهایی تهیه شده در بهار (۰/۰۴ گرم) بدست آمد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل زمان قلمه‌گیری و غلظت هورمون IBA بر وزن خشک ریشه نشان داد که بیشترین میزان این صفت از قلمه‌های تهیه شده در پاییز و کاربرد ۴۰۰۰ ppm هورمون IBA (۰/۲۳ گرم) و کمترین آن از قلمه‌های تهیه شده در بهار و بدون کاربرد هورمون (۰/۰۴ گرم) بدست آمد (جدول ۵). نتایج همچنین نشان داد که قلمه‌های تحتانی با کاربرد ۴۰۰۰ ppm هورمون بیشترین (۰/۲۵ گرم) و قلمه‌های انتهایی بدون کاربرد هورمون کمترین (۰/۰۶ گرم) وزن خشک ریشه را داشتند (جدول ۶).

طول جوانه انتهایی

نتایج نشان داد قلمه‌هایی که در پاییز و بهار تهیه شده بودند به ترتیب از بیشترین (۲۶/۵۶ سانتی‌متر) و کمترین

قلمه‌های تهیه شده در پاییز و بدون کاربرد هورمون (۷۰/۰۰٪) و کمترین آن از قلمه‌های تهیه شده در بهار و کاربرد ۲۰۰۰ ppm هورمون IBA (۳۸/۸۹) بدست آمد (جدول ۵).

تعداد ریشه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در ارتباط با صفت تعداد ریشه نشان داد قلمه‌هایی که در پاییز و بهار تهیه شده بودند به ترتیب از بیشترین (۱۶/۳۳) و کمترین (۹/۲۲) تعداد ریشه برخوردار بودند و همانند صفت درصد ریشه‌زایی، بین قلمه‌های تهیه شده در پاییز و زمستان اختلاف آماری معنی‌داری در ارتباط با این صفت مشاهده نشد (جدول ۲). نتایج همچنین نشان داد که قلمه‌های تحتانی بیشترین (۱۶/۱۵) و قلمه‌های میانی کمترین (۱۱/۳۷) تعداد ریشه را تولید نمودند (جدول ۲). در ارتباط با غلظت هورمون IBA بر تعداد ریشه نیز نتایج نشان داد که بیشترین میزان این صفت از تیمار ۴۰۰۰ ppm (۱۵/۴۸) و کمترین آن از غلظت ۴۰۰۰ ppm (۱۲/۰۷) بدست آمد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل همزمان هر سه فاکتور مورد بررسی بر تعداد ریشه نشان داد که بیشترین میزان این صفت (۲۶/۳۳) از قلمه‌های تحتانی تهیه شده در پاییز و با اعمال غلظت ۲۰۰۰ ppm هورمون IBA و کمترین آن (۴/۶۷) از قلمه‌های انتهایی تهیه شده در بهار بدون اعمال هورمون بدست آمد (جدول ۳). قلمه‌هایی که در پاییز و بهار تهیه شده بودند به ترتیب بیشترین (۰/۱۸ گرم) و کمترین (۰/۰۹ گرم) وزن خشک ریشه را نیز نشان دادند و بین قلمه‌های تهیه شده در پاییز و زمستان اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). در ارتباط با اثر متقابل زمان قلمه‌گیری و موقعیت قلمه بر تعداد ریشه نتایج نشان داد که بیشترین میزان این صفت از قلمه‌های انتهایی تهیه شده در زمستان (۲۱/۸۹) و کمترین آن از

(۶/۳۳ سانتی‌متر) از قلمه‌های انتهایی تهیه شده در بهار بدون اعمال تیمار هورمون و همچنین قلمه‌های انتهایی تهیه شده در بهار با اعمال غلظت ۴۰۰۰ ppm هورمون بدست آمد (جدول ۳). در ارتباط با اثر متقابل زمان قلمه‌گیری و موقعیت قلمه بر طول جوانه انتهایی نیز نتایج نشان داد که بیشترین میزان این صفت از قلمه‌های تحتانی تهیه شده در پاییز (۲۹/۶۷ سانتی‌متر) و کمترین آن از قلمه‌های انتهایی تهیه شده در بهار (۶/۶۷ سانتی‌متر) بدست آمد (جدول ۴). نتایج همچنین نشان داد که قلمه‌های تحتانی با کاربرد ۲۰۰۰ ppm هورمون بیشترین (۲۸/۵۶ سانتی‌متر) و قلمه‌های انتهایی با کاربرد ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام هورمون کمترین (۱۲/۴۴ سانتی‌متر) طول جوانه انتهایی را داشتند (جدول ۶).

(۱۲/۰۴ سانتی‌متر) طول جوانه انتهایی برخوردار بودند (جدول ۲). نتایج همچنین نشان داد که بیشترین (۲۴/۸۹ سانتی‌متر) و کمترین (۱۳/۷۸ سانتی‌متر) طول جوانه انتهایی به ترتیب از قلمه‌های تحتانی و قلمه‌های انتهایی حاصل شد (جدول ۲). در ارتباط با تأثیر غلظت هورمون IBA بر طول جوانه انتهایی نیز نتایج نشان داد که بیشترین میزان این صفت از تیمار ۲۰۰۰ ppm (۲۱/۹۶ سانتی‌متر) و کمترین آن از تیمار ۴۰۰۰ ppm (۱۷/۱۹ سانتی‌متر) بدست آمد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل همزمان هر سه فاکتور مورد بررسی بر طول جوانه انتهایی نیز نشان داد که بیشترین میزان این صفت (۴۳/۳۳ سانتی‌متر) از قلمه‌های میانی تهیه شده در پاییز و غلظت ۲۰۰۰ ppm IBA و کمترین آن

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس برای صفات اندازه‌گیری شده

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
طول جوانه انتهایی	وزن خشک ریشه	تعداد ریشه	درصد ریشه‌زایی		
۱۴۲۵/۲۳**	۰/۰۵۵**	۴۳۲/۶۴**	۳۴۷۱/۶۰**	۲	زمان قلمه‌گیری (a)
۸۳۴/۸۳**	۰/۰۳۱**	۱۵۴/۶۰**	۳۲۷۵/۳۱**	۲	موقعیت قلمه (b)
۱۵۴/۹۸**	۰/۱۰۲**	۷۸/۶۸**	۷۹/۰۱ns	۲	غلظت هورمون IBA (c)
۳۶/۵۷**	۰/۰۵۹**	۲۰۸/۱۶**	۱۸۲/۷۲*	۴	اثر متقابل (a×b)
۶/۴۹ns	۰/۰۰۳**	۱۳/۷۹ns	۶۵۸/۶۴**	۴	اثر متقابل (a×c)
۲۲/۳۱**	۰/۰۱۴**	۹/۷۵ns	۱۲/۳۵ns	۴	اثر متقابل (b×c)
۱۳/۶۶**	۰/۰۲۶**	۱۷/۲۸**	۱۰۸/۶۴ns	۸	اثر متقابل (a×b×c)
۵/۲۸	۰/۰۰۱	۶/۶۳	۶۶/۶۷	۵۴	خطا
۱۱/۸۱	۲۰/۲۱	۱۸/۶۰	۱۴/۵۷		ضریب تغییرات

ns: غیر معنی‌دار؛ * و **: معنی‌داری به ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱٪

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین اثرهای مستقیم زمان قلمه‌گیری، موقعیت قلمه و غلظت هورمون IBA

بر صفات مورد مطالعه

صفات				زمان قلمه‌گیری	
طول جوانه انتهایی (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	تعداد ریشه	درصد ریشه‌زایی		
۲۶/۵۶ a	۰/۱۸ a	۱۶/۳۳ a	۶۲/۹۶ a	پاییز	
۱۹/۸۱ b	۰/۱۶ a	۱۵/۹۶ a	۶۲/۲۲ a	زمستان	
۱۲/۰۴ c	۰/۰۹ b	۹/۲۲ b	۴۲/۹۶ b	بهار	
موقعیت قلمه				موقعیت قلمه	
۲۴/۸۹ a	۰/۱۸ a	۱۶/۱۵ a	۶۷/۷۸ a		تحتانی
۱۹/۷۴ b	۰/۱۱ c	۱۱/۳۷ c	۵۴/۴۴ b		میانی
۱۳/۷۸ c	۰/۱۴ b	۱۴/۰۰ b	۴۵/۹۳ c	انتهایی	
غلظت هورمون IBA (ppm)				غلظت هورمون IBA (ppm)	
۱۹/۲۶ b	۰/۰۷ b	۱۳/۹۶ b	۵۷/۰۴ a		صفر
۲۱/۹۶ a	۰/۱۷ a	۱۵/۴۸ a	۵۷/۰۴ a		۲۰۰۰
۱۷/۱۹ c	۰/۱۹ a	۱۲/۰۷ c	۵۴/۰۷ a		۴۰۰۰

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل زمان قلمه‌گیری، موقعیت قلمه و غلظت هورمون IBA بر صفات مورد مطالعه

زمان قلمه‌گیری	موقعیت قلمه	غلظت هورمون IBA		
		تعداد ریشه	وزن خشک ریشه (گرم)	طول جوانه انتهایی (سانتی‌متر)
		۲۳/۰۰ ab	۰/۰۸ h-l	۲۹/۳۳ bc
	تحتانی	۲۶/۳۳ a	۰/۳۶ ab	۳۲/۶۷ ab
		۱۴/۰۰ de	۰/۴۰ a	۲۷/۰۰ cd
		۱۲/۶۷ def	۰/۱۱ f-j	۲۶/۰۰ cd
	میانی	۱۶/۰۰ cde	۰/۱۴ efg	۴۳/۳۳ a
		۱۳/۰۰ def	۰/۱۶ de	۲۶/۶۷ cd
		۱۷/۳۳ cd	۰/۱۲ e-j	۲۲/۰۰ ef
	انتهایی	۱۴/۰۰ de	۰/۱۱ e-j	۲۳/۳۳ de
		۱۲/۰۰ ef	۰/۱۴ e-h	۱۷/۶۷ ghi
		۱۳/۶۷ de	۰/۱۰ g-j	۲۸/۰۰ c
	تحتانی	۱۳/۳۳ de	۰/۱۰ f-j	۳۲/۳۳ ab
		۱۲/۳۳ def	۰/۱۲ e-i	۲۰/۶۷ efg
		۱۳/۰۰ def	۰/۱۰ f-j	۱۷/۰۰ g-j
	میانی	۱۳/۰۰ def	۰/۱۳ e-h	۲۰/۳۳ efg
		۱۲/۶۷ def	۰/۱۶ def	۱۹/۰۰ fgh
		۱۹/۶۷ bc	۰/۰۴ lm	۱۴/۰۰ ijk
	انتهایی	۲۵/۰۰ a	۰/۳۸ a	۱۳/۶۷ ijk
		۱۹/۶۷ bc	۰/۳۱ b	۱۳/۳۳ jk
		۱۴/۶۷ de	۰/۰۳ m	۱۸/۳۳ fgh
	تحتانی	۱۶/۰۰ cde	۰/۲۰ d	۲۰/۶۷ efg
		۱۳/۳۳ de	۰/۲۵ c	۱۵/۰۰ h-k
		۷/۰۰ g	۰/۰۶ j-m	۱۲/۳۳ kl
	میانی	۸/۳۳ fg	۰/۰۷ i-m	۱۳/۰۰ jk
		۶/۶۷ g	۰/۰۹ g-k	۹/۰۰ lm
		۴/۶۷ g	۰/۰۳ m	۶/۳۳ m
	انتهایی	۷/۳۳ g	۰/۰۴ klm	۷/۳۳ m
		۵/۰۰ g	۰/۰۶ j-m	۶/۳۳ m

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل زمان قلمه‌گیری و موقعیت قلمه بر درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه،

وزن خشک ریشه و طول جوانه انتهایی

صفت		موقعیت قلمه	زمان قلمه‌گیری		
طول جوانه انتهایی (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)			تعداد ریشه	درصد ریشه‌زایی
۲۹/۶۷ a	۰/۲۷ a	۲۰/۶۷ a	۷۶/۶۷ a	پاییز	تحتانی
۲۹/۰۰ a	۰/۱۴ b	۱۳/۸۹ b	۶۱/۱۱ b		میانی
۲۱/۰۰ b	۰/۱۲ bc	۱۴/۴۴ b	۵۱/۱۱ cd		انتهایی
۲۷/۰۰ a	۰/۱۱ bc	۱۳/۱۱ b	۷۷/۷۸ a	زمستان	تحتانی
۱۸/۷۸ b	۰/۱۳ bc	۱۲/۸۹ b	۵۸/۸۹ bc		میانی
۱۳/۶۷ c	۰/۲۵ a	۲۱/۸۹ a	۵۰/۰۰ cd		انتهایی
۱۸/۰۰ b	۰/۱۶ b	۱۴/۶۷ b	۴۸/۸۹ cd	بهار	تحتانی
۱۱/۴۴ c	۰/۰۷ bc	۷/۳۳ c	۴۳/۳۳ de		میانی
۶/۶۷ d	۰/۰۴ c	۵/۶۷ c	۳۶/۶۷ e		انتهایی

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل زمان قلمه‌گیری و غلظت هورمون IBA

بر درصد ریشه‌زایی و وزن خشک ریشه

صفت		غلظت هورمون IBA (ppm)	زمان قلمه‌گیری
وزن خشک ریشه (گرم)	درصد ریشه‌زایی		
۰/۱۰ b	۷۰/۰۰ a	۰	پاییز
۰/۲۰ a	۶۸/۸۹ a	۲۰۰۰	
۰/۲۳ a	۵۰/۰۰ bc	۴۰۰۰	
۰/۰۸ b	۵۸/۸۹ ab	۰	زمستان
۰/۲۱ a	۶۳/۳۳ a	۲۰۰۰	
۰/۲۰ a	۶۴/۴۴ a	۴۰۰۰	
۰/۰۴ b	۴۲/۲۲ c	۰	بهار
۰/۱۰ b	۳۸/۸۹ c	۲۰۰۰	
۰/۱۳ ab	۴۷/۷۸ bc	۴۰۰۰	

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل موقعیت قلمه و غلظت هورمون IBA

بر وزن خشک ریشه و طول جوانه انتهایی

صفت		غلظت هورمون IBA	موقعیت قلمه
طول جوانه انتهایی (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	(ppm)	
۲۵/۲۲ ab	۰/۰۷ d	۰	تحتانی
۲۸/۵۶ a	۰/۲۲ ab	۲۰۰۰	
۲۰/۸۹ bc	۰/۲۵ a	۴۰۰۰	
۱۸/۴۴ bcd	۰/۰۹ cd	۰	میانی
۲۲/۵۶ ab	۰/۱۱ cd	۲۰۰۰	
۱۸/۲۲ bcd	۰/۱۴ bcd	۴۰۰۰	
۱۴/۱۱ cd	۰/۰۶ d	۰	انتهایی
۱۴/۷۸ cd	۰/۱۸ abc	۲۰۰۰	
۱۲/۴۴ d	۰/۱۷ abc	۴۰۰۰	

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.



شکل ۱- آماده‌سازی قلمه‌ها قبل از کاشت



شکل ۲- قلمه‌های مربوط به تیمارهای مختلف پس از برداشت

بحث

در بررسی تأثیر زمان قلمه‌گیری، نتایج نشان داد که قلمه‌های تهیه شده در پاییز نسبت به زمستان و بهار از قابلیت ریشه‌دار شدن بیشتری برخوردار بودند و تمامی صفات مطالعه شده در این تحقیق در قلمه‌های تهیه شده در این فصل بالاترین میزان را به خود اختصاص داد. صرف نظر از زمان قلمه‌گیری و کاربرد اکسین، بیشترین درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه‌ها و طول شاخساره‌های روی قلمه‌ها در قلمه‌های تحتانی که قطر بیشتری داشتند، حاصل شد. پس از قلمه‌های تحتانی، قلمه‌های میانی بیشترین میزان ریشه‌زایی را به خود اختصاص دادند. بنابراین به نظر می‌رسد توانایی بالاتر ریشه‌زایی در قلمه‌های تحتانی به دلیل تجمع بیشتر مواد غذایی ذخیره‌ای به صورت میزان کل قندها و یا به دلیل تجمع اکسین طبیعی یا دیگر عوامل تسریع‌کننده ریشه‌زایی در بخش‌های تحتانی ساقه همراه با سطوح نسبتاً کم مواد جلوگیری کننده از ریشه‌زایی در آنها باشد (Daskalakis *et al.*, 2018). همچنین مشخص شده است که تعداد آغازه‌های ریشه از قبل تشکیل شده در ساقه‌های چوبی برخی گونه‌ها از قسمت تحتانی ساقه رو به سمت بالا به طرف بخش انتهایی کاهش می‌یابد (Kevers *et al.*, 1997). بنابراین ظرفیت ریشه‌زایی بخش‌های تحتانی چنین شاخساره‌هایی به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از بخش‌های انتهایی خواهد بود. از همین رو، قلمه‌های انتهایی اغلب به صورت قلمه‌های چوب نرم و یا چوب نیمه‌سخت که از جوانه انتهایی، برگ‌های جوان و مواد تسریع‌کننده ریشه‌زایی نیز برخوردار هستند، تهیه می‌شوند (Solis; Tchoundjeu *et al.*, 2002). (et al., 2017)

در قلمه‌های مورد بررسی با افزایش غلظت هورمون IBA تا سطح ۲۰۰۰ ppm، خصوصیات ریشه‌زایی شامل درصد ریشه‌زایی، تعداد و طول ریشه‌ها و وزن تر و خشک آنها افزایش یافت، هرچند در بالاترین غلظت IBA (۴۰۰۰ ppm) نسبت به غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در

بیشتر موارد افزایش در خصوصیات ریشه‌زایی معنی‌دار نبود. در رابطه با طول شاخساره‌های حاصل از جوانه‌های موجود بر روی قلمه‌ها، تیمار با غلظت ۴۰۰۰ ppm IBA منجر به کاهش طول آنها گردید. هورمون اکسین با تسریع انتقال مواد غذایی به قسمت‌های پایینی قلمه، انرژی لازم را برای فعالیت سلول‌ها در محل ریشه‌زایی فراهم می‌کند و از این طریق باعث تحریک ریشه‌زایی می‌گردد (Lodama *et al.*, 2016).

عقیده بر این است که غیر از اکسین عوامل دیگری نیز در ریشه‌زایی قلمه‌ها نقش دارند. همزمان با تحریک ریشه‌زایی توسط اکسین، انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ به سوی ریشه، به ریشه‌زایی کمک شایانی کرده و همین امر درصد ماده خشک ریشه‌ها را افزایش می‌دهد. به طور کلی قندها، ترکیب‌های حاوی نیتروژن، ترکیب‌های فنلی و سایر کوفاکتورها در ریشه‌زایی قلمه‌ها مؤثرند (Fathi & Esmailpoor, 2000). بنابراین به نظر می‌رسد در این آزمایش افزایش وزن خشک ریشه‌ها در اثر مصرف غلظت بالای IBA و تحریک انتقال مواد به ریشه‌ها انجام شده باشد. البته کاربرد اکسین‌های مصنوعی با غلظت زیاد روی قلمه‌های ساقه می‌تواند از نمو جوانه‌ها و حتی نمو شاخساره جلوگیری کند (Patel & Patel, 2018). در آزمایشی (Blythe *et al.*, 2004) اگرچه افزایش غلظت IBA و NAA به ترتیب تا غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش طول جوانه‌ها در چهار گیاه مورد مطالعه در آزمایش (گاردنیا، آگلونما، فیکوس بنجامین و عشقه) شد، اما غلظت‌های بالاتر کاهش طول آنها را در پی داشت.

منابع مورد استفاده

- Blythe, E.K., Sibley, J.L., Ruter, J.M. and Tilt, K.M. 2004. Cutting propagation of foliage crops using a foliar application of auxin. *Scientia Horticulturae*, 103: 31-37.
- Cano, A., Sánchez-García, A.B., Albacete, A., González-Bayón, R., Justamante, M.S., Ibáñez, S., Acosta, M. and Pérez-Pérez, J.M., 2018. Enhanced conjugation of auxin by GH₃ enzymes leads to poor

- adventitious rooting: progress and questions. *Journal of Applied Botany*, 71(3-4): 71-79.
- Leyva-Jiménez, F.J., Lozano-Sánchez, J., Borrás-Linares, I., Arráz-Román, D. and Segura-Carretero, A., 2018. Comparative study of conventional and pressurized liquid extraction for recovering bioactive compounds from *Lippia citriodora* leaves. *Food Research International*, 109: 213-222.
 - Lodama, K.E., du Toit, E.S., Steyn, J.M., Araya, H.T., Prinsloo, G., Du Plooy, C.P. and Robbertse, P.J., 2016. Improving rooting of *Lobostemon fruticosus* L. cuttings with delayed auxin treatment. *South African Journal of Botany*, 105: 111-115.
 - Patel, H.R. and Patel, M.J., 2018. Role of auxins on rooting of different types of cuttings in fig. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(3): 1317-1322.
 - Rua, J., López-Rodríguez, I., Sanz, J., García-Fernández, M.C., del Valle, M.P. and García-Armesto, M.R., 2018. Improving functional properties of "Piel de Sapo" melon juice by addition of a *Lippia citriodora* natural extract and probiotic-type lactic acid bacteria. *LWT*, 96: 75-81.
 - Solis, R., Pezo, M., Diaz, G., Arévalo, L. and Cachique, D., 2017. Vegetative propagation of *Plukenetia polyadenia* by cuttings: effects of leaf area and indole-3-butyric acid concentration. *Brazilian Journal of Biology*, 77(3): 580-584.
 - Taheri-Azizabadi, H., Bagheri, N.A. and Babaeian-Jelodar, N., 2013. Investigation the effect of different concentrations of auxin on rooting of medicinal plant *Lippa citriodora* cuttings. Second National Congress of Organic Agriculture, Ardebil, Iran, 21-22 August.
 - Tchoundjeu, Z., Avana, M.L., Leakey, R.R.B., Simons, A.J., Assah, E., Duguma, B. and Bell, J.M., 2002. Vegetative propagation of *Prunus africana*: effects of rooting medium, auxin concentrations and leaf area. *Agroforestry Systems*, 54(3): 183-192.
 - Zarinbal, M., Moalemi, N.A. and Daneshvar, M.H., 2005. Effects of different concentrations of auxins, time of cutting and environmental conditions on rooting of the semi-hardwood cuttings of *Callistemon viminalis* sol. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 6(3): 121-134.
 - adventitious rooting in carnation stem cuttings. *Frontiers in Plant Science*, 9(566): 1-17.
 - Cox, D.A., 2018. *Hartmann and Kester's Plant Propagation Principles and Practices*. Pearson Education Inc, New York, 1024p.
 - Daskalakis, I., Biniari, K., Bouza, D. and Stavarakaki, M., 2018. The effect that indolebutyric acid (IBA) and position of cane segment have on the rooting of cuttings from grapevine rootstocks and from Cabernet franc (*Vitis vinifera* L.) under conditions of a hydroponic culture system. *Scientia Horticulturae*, 227: 79-84.
 - Dejam, M. and Daneshmandi, S., 2011. Investigation the effects of indole butyric acid and cutting position on rooting of bougainvillea stem cuttings. 7th Iranian Horticultural Science Congress, Isfahan, Iran, 5-8 September.
 - Elemike, E.E., Onwudiwe, D.C., Ekennia, A.C., Ehiri, R.C. and Nnaji, N.J., 2017. Phytosynthesis of silver nanoparticles using aqueous leaf extracts of *Lippia citriodora*: antimicrobial, larvicidal and photocatalytic evaluations. *Materials Science and Engineering*, 75: 980-989.
 - Fathi, G. and Esmaeilpoor, B., 2000. *Materials and plant growth regulators*. Mashhad University Publications, 288p.
 - Gruenwald, J., Brendler T. and Jaenicke, C., 2007. *PDR for Herbal Medicines*. Thompson PDR, Montvale, 990p.
 - Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T. and Geneve, R.L., 2014. *Hartmann & Kester's Plant Propagation: Principles and Practices*. Prentice-Hall Inc, 922p.
 - Hilo, A., Shahinnia, F., Druège, U., Franken, P., Melzer, M., Rutten, T., von Wirén, N. and Hajirezaei, M.R., 2017. A specific role of iron in promoting meristematic cell division during adventitious root formation. *Journal of Experimental Botany*, 68(15): 4233-4247.
 - Ibrahim, M.E., Mohamed, M.A. and Khalid, K.A., 2015. Effect of plant growth regulators on the rooting of lemon verbena cutting. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(1): 28-33.
 - Kevers, C., Hausman, J.F., Faivre-Rampant, O., Evers, D. and Gaspar, T., 1997. Hormonal control of

Effects of cutting time, cutting position and auxin application on rooting of stem cuttings of lemon verbena (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth)

M. Borzuee^{1*}, M. Dejam² and M.B. Zahedi³

1*- Corresponding author, M.Sc graduated, Faculty of Agriculture, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran
E-mail: mborzuee2020@gmail.com

2- Faculty of Agriculture, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran

3- Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: July 2018

Revised: December 2018

Accepted: December 2018

Abstract

Lemon verbena (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth) is a medicinal plant belonging to the Verbenaceae family. Propagation of lemon verbena is commonly performed using stem cutting. In order to study the effects of cutting time (autumn, winter and spring), cutting position (apical, medial and basal) and different concentrations of indole butyric acid (IBA) (0, 2000 and 4000 ppm) on rooting of stem cuttings of lemon verbena, a factorial experiment based on a three-replicated completely randomized design was performed in a greenhouse in Kavar (Fars province) in 2016-2017. According to the results, the autumn taken cuttings showed better rooting compared with both winter and spring taken cuttings. Regardless of auxin application and cutting time, the highest rooting percentage, root number, root dry weight and shoot length were observed in the basal cuttings of larger diameters. The medial cuttings showed higher rooting percentage than apical ones. The rooting-related characteristics including rooting percentage, root number, and dry weight improved as the concentration of IBA increased up to 2000 ppm. While at the highest concentration of IBA (4000 ppm), most rooting-related characteristics showed no significant increase in comparison to 2000 ppm, the length of the newly emerged shoots on cuttings decreased.

Keywords: Indole butyric acid, lemon verbena (*Lippia citriodora* (Palau) Kunth), rooting, medicinal plant.