Archive of SID

ریشه‌زایی و رشد شاخساره قلمه‌های فیکوس معمولی (*Ficus elastica* Roxb. ex Hornem) در پاسخ به ایندول بوتیریک اسید و پاکلوبوترازول

فرزاد نظری و ابراهیم رحیمی

ایران، سنندج، دانشگاه کردستان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۲۱

چکیده

در این پژوهش اثر تنظیم کننده رشد ایندول بوتیریک اسید (IBA: صفر، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و کند کننده رشد پاکلوبوترازول (PBZ: صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به تنهایی و در ترکیب با هم بر ریشه‌زایی و رشد شاخساره قلمه‌های چوب نرم فیکوس معمولی (*Ficus elastica*) بررسی شد. نتایج نشان داد کاربرد IBA به تنهایی در هر دو غلظت۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش درصد ریشه‌زایی در قلمه‌ها می‌شود، ولی کاربرد PBZ به تنهایی تفاوت معنی‌داری در آن در مقایسه با تیمار شاهد ایجاد نکرد. بیشترین تعداد، طول، حجم، وزن تر و خشک ریشه و شاخساره و نیز طول ساقه اصلی در تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد. بیشترین تعداد شاخه جانبی، قطر ساقه اصلی و کلروفیل برگ در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ مشاهده شد. به طور کلی تاثیر تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بر شاخص‌های ریشه‌زایی و تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA+۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ بر رشد شاخساره موثرتر بود.

واژه های کلیدی: اکسین، تکثیر رویشی، ریشه‌زایی، کلروفیل، کند کننده رشد.

نویسنده مسئول، تلفن: ۰۸۷۳۳۶۲۰۵۵۳، پست الکترونیکی: f.nazari@uok.ac.ir

مقدمه

با توجه به گسترش روز افزون تاسیسات، توسعه شهر نشینی، کم شدن سرانه فضای سبز، ماشینی شدن زندگی و نیز فاصله گرفتن از طبیعت، نیاز به وجود گیاهان آپارتمانی در منازل بیشتر احساس می‌شود (۷). جنس *Ficus* L. متعلق به خانواده توت‌سانان (Moraceae) بوده و حدود ۸۰۰ گونه دارد. به‌طور معمول فیکوس‌ها درختان چوبی، درختچه و بالارونده بوده که بومی نواحی گرم آسیا، آفریقا، استرالیا و آمریکای مرکزی تا آمریکای شمالی می‌باشند (۱۵). گونه فیکوس معمولی که با نام معمول درخت لاستیک هندی (Indian rubber tree) می‌شناسند افزون بر کاربرد زینتی، دارای شیره سفید رنگی است که منبع لاستیک طبیعی می‌باشد (۳). به‌طور معمول، این گونه مشابه گونه‌های دیگر فیکوس‌ها، با روش‌های قلمه ساقه، قلمه جوانه-برگ، قلمه انتهایی، خواباندن و بذر تکثیر می‌یابد (۱۱). افزون بر هورمون‌های گروه اکسین به عنوان عامل اصلی تحریک کننده و تشکیل ریشه نابجا (Adventitious root) در قلمه‌ها، عوامل دیگری مانند وجود مواد بازدارنده رشد، عدم تعادل هورمون‌های درونی ریشه‌زایی، کوفاکتورهای ریشه‌زایی (Rotting cofactors)، آنتاگونیست‌های اکسینی، مواد غذایی و عوامل محیطی در ریشه‌زایی قلمه‌ها تاثیر گذار می‌باشند (۱۱، ۲۰). گیاهان به‌طور طبیعی هورمون ایندول استیک اسید (IAA) در برگ‌ها و شاخه‌های جوان تولید می‌کنند اما در برخی گونه‌ها کاربرد برونزای (خارجی) اکسین برای بهبود ریشه‌زایی نیاز است (۲۹).

www.SID.ir

Archive of SID

معمول ترین روش برای تسریع در آغازش ریشه (Root initiation)، افزایش درصد قلمه‌های ریشه‌دار شده و نیز بهبود کیفیت و یکنواختی ریشه‌زایی استفاده از تنظیم کننده‌های رشد اکسینی مانند ایندول-۳-بوتیریک اسید (IBA) و نفتالن استیک اسید (NAA) می‌باشد (۱، ۲۰). در همین راستا شیرزاد و همکارن (۲۷) بیشترین درصد ریشه‌زایی و بلندترین طول ریشه در قلمه‌های ساقه فیکوس بنجامین (*F. benjamina*)، در غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تنظیم کننده رشد IBA و نیز بیشترین تعداد ریشه را در غلظت ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر همین تنظیم کننده در بستر کشت ماسه گزارش کردند. همچنین بابایی و همکاران (۵) بیشترین درصد ریشه‌زایی، میانگین طول ریشه و نیز تعداد و وزن تر ریشه در فیکوس برگ بیدی (*F. binnendijkii*) با کاربرد IBA در غلظت ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و قلمه‌گیری در شهریورماه به‌دست آوردند. افزون بر این، در پژوهش دیگری بیشترین درصد سبز شدن، تعداد برگ به ازای هر گیاه، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه به ازای هر گیاه، سطح برگ، قطر ساقه، طول و تعداد ریشه در قلمه‌های ساقه *F. hawaii* با تیمار IBA با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است (۲۸). در تحقیق دیگری استفاده از IBA با غلظت ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و گرفتن قلمه نیمه چوبی ساقه با طول ۱۵ سانتی‌متر، بهترین تیمار جهت تکثیر رویشی *F. palmate* معرفی شده است (۳۰). همچنین قاسمی قهساره و خوشخوی (۱۰) با بررسی اثر IBA در ترکیب با پلی آمین پوترسین (Putrescine) بر ریشه‌زایی قلمه جوانه-برگ *F. elastica*، بیشترین تعداد ریشه با ازای هر قلمه در تیمار ترکیبی این دو ماده هر کدام با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آورند و گزارش کردند که برخلاف IBA، با افزایش غلظت پوترسین طول ریشه افزایش می‌یابد.

پاکلوبوترازول (PBZ) به عنوان یکی از کندکننده‌های رشد با کاهش بیوسنتز هورمون اسید جیبرلیک (GA) سبب کاهش رشد و نمو گیاهان می‌شود (۲۳، ۳۴). اغلب، کند کننده‌های رشد سبب تسریع در تشکیل ریشه‌های نابجا در قلمه‌ها می‌شوند به ویژه زمانی که در ترکیب با اکسین‌ها استفاده شوند (۱۱). استفاده از PBZ در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر ریشه‌زایی قلمه‌های سیاه‌تنگرس (*Rhamnus alaternus*) اثر مثبتی داشته و سبب افزایش درصد ریشه‌زایی، وزن خشک ریشه و تراکم ریشه شده است اما در غلظت‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب کاهش این صفات شده و در غلظت بیشتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر از ریشه‌زایی جلوگیری کرده است (۶). در پژوهشی دیگر با بررسی اثر غلظت‌های ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و NAA به تنهایی و یا در ترکیب با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ بر ریشه‌زایی قلمه‌های ساقه *Pinus caribaea* var. *hondurensis*، نشان داده شده که قلمه‌های تیمار شده با IBA با درصد بالایی در مقایسه با قلمه‌های تیمار شده با NAA ریشه دادند، اما چنانچه IBA به صورت ترکیبی با PBZ استفاده شود خیلی موثرتر بوده و بهترین تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA در ترکیب با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ را گزارش کرده‌اند (۱۳). تاکنون پژوهشی در مورد استفاده از کند کننده‌های رشد برای ریشه‌زایی قلمه‌های ساقه در گونه‌های مختلف فیکوس وجود ندارد. اغلب گیاهان برگساره‌ای در شرایط نور کم و تا حدی سایه تولید می‌شوند بنابراین کنترل ارتفاع آن‌ها با کند کننده‌های رشد گیاه را قوی و وضعیت ظاهری آن را جذاب می‌کند (۳۲). همچنین از دیگر مشکلات تکثیر و پرورش فیکوس معمولی در گلخانه‌ها بدون کاربرد تنظیم کننده‌های رشد می‌توان به مواردی مانند: ۱- محدودیت در تهیه تعداد قلمه انتهایی از بوته‌های مادری، ۲- درصد به نسبت کم ریشه‌زایی و یکنواخت نبودن ریشه دهی، ۳- درصد پایین رشد جوانه‌های جانبی پس از ریشه‌زایی قلمه در صورت استفاده از قلمه غیر انتهایی (۱۰، ۱۱) و ۴- رشد تک شاخه‌ای قلمه‌های ریشه دار شده و تولید برگ فراوان و نیز طویل شدن ساقه در سال های اول پس از تکثیر و به‌دنبال آن ریزش برگ‌های

www.SID.ir

Archive of SID

پایینی در سال‌های بعد و نیز از دست رفتن زیبایی آن پس از چند سال می‌باشد. بنابراین در این پژوهش سه هدف: ۱-ریشه‌دار کردن قلمه‌ها، ۲- رشد جوانه‌های جانبی روی قلمه ساقه پس از ریشه‌دار شدن و ۳- کنترل ارتفاع گیاه با کاربرد IBA و PBZ به تنهایی و در ترکیب با هم بر ریشه‌زایی قلمه‌های چوب نرم فیکوس معمولی بررسی شد.

مواد و روشها

این پژوهش از اواسط آذر ۱۳۹۵ تا اواخر خرداد ماه سال ۱۳۹۶ در گلخانه شیشه‌ای گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان انجام شد. آزمایش در دو مرحله جداگانه انجام شد که در آن، مرحله اول مربوط به ریشه‌زایی قلمه‌ها و مرحله دوم مربوط به رشد ریشه و شاخساره در قلمه‌های ریشه‌دار شده بود. برای انجام مرحله اول، ابتدا در اوایل آذر ماه از شاخه های یکساله یک درخت فیکوس معمولی ۱۰ ساله که در یکی از شاسی‌های گلخانه ذکر شده در حال رشد بود، برای تهیه قلمه استفاده شد. از اواسط این شاخه‌ها قلمه‌های با طول ۷ تا ۸ سانتی‌متر و قطر ۰/۵ تا ۱ سانتی‌متر با سه گره استفاده شد. پس از تهیه قلمه‌ها، انتهای نزد پاهنگ یا پایین قلمه (Proximal end) آن‌ها را در آب ملایم قرار داده شد تا شیره‌ای که به علت برش از از آن‌ها خارج می‌شد، شسته شود. سپس جهت پیشگیری از آلودگی قارچی، قلمه‌ها در محلول قارچ کش که دارای ۲ گرم در لیتر مانکوزب بود به مدت ۵ دقیقه قرار داده شدند و پس از آن با آب مقطر شسته شدند. جهت اجرای این پژوهش از طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار که هر تکرار شامل ۴ قلمه بود، استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱- تیمارهای استفاده شده در این پژوهش.

تیمارها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
IBA (میلی‌گرم در لیتر)	-	۲۰۰۰	۴۰۰۰	-	-	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰
PBZ (میلی‌گرم در لیتر)	-	-	-	۲۵۰	۵۰۰	۲۵۰	۵۰۰	۲۵۰	۵۰۰

تیمارها بدین گونه اعمال شد که انتهای قلمه‌ها در غلظت‌های خالص تنظیم کننده رشد IBA به مدت ۱۰ ثانیه و کند کننده رشد PBZ به مدت ۱۲ ساعت قرار داده شد. در تیمارهای ترکیبی، ابتدا قلمه‌ها با PBZ به مدت ۱۲ ساعت و سپس با IBA به مدت ۱۰ ثانیه تیمار شدند (۱۳). پس از اعمال تیمارها در اواسط آذر سال ۱۳۹۵، قلمه‌ها در یک شاسی گرم که در آن یک سیستم مه افشان در بالای شاسی و کابل‌های گرمایی در زیر محیط کشت (کوکوپیت و پرلیت به نسبت مساوی) تعبیه شده بود به گونه‌ای کشت شدند که دو گره پایینی قلمه در زیر محیط کشت و گره بالایی که دارای برگ بود، خارج از محیط کشت قرار گیرد. در طول ریشه‌زایی قلمه‌ها، سیستم مه افشان هر نیم ساعت یکبار و به مدت ۱ دقیقه مه پاشی می‌کرد و نیز دمای کابل‌های گرمایی روی ۲۵ درجه سلسیوس تنظیم شد. همچنین در این مدت، میانگین دمای روزانه گلخانه ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس، دمای شبانه ۱۸ تا ۲۰ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰ تا ۷۵ درصد و میزان نور ۴۰ تا ۵۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه بود. سپس در اواسط اسفند ۱۳۹۵، قلمه‌های ریشه‌دار شده با دقت از شاسی خارج کرده و درصد ریشه‌زایی آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای انجام مرحله دوم آزمایش، قلمه‌های ریشه‌دار شده در گلدان‌های پلاستیکی ۲ لیتری با محیط کشت خاکبرگ، خاک زراعی و ماسه به نسبت مساوی کشت شدند و به مدت ۷۵ روز در گلخانه نگه‌داری شدند. به منظور تغذیه آن‌ها هر ۲۱ روز یک بار از محلول ۲ در هزار کود کامل کریستالون (Kristalon) استفاده شد و هر ۷ روز یک بار آبیاری صورت گرفت. سپس در اوایل خرداد ماه نهال ها از گلدان خارج شده و ویژگی‌های طول، تعداد، حجم و وزن

www.SID.ir

Archive of SID

تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک شاخساره، تعداد شاخه جانبی، طول و قطر ساقه اصلی، سطح و کلروفیل برگ‌ها ارزیابی شد. طول ساقه با خط کش، قطر ساقه با کولیس دیجیتالی گانگلو (Guanglu)، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. برای اندازه‌گیری حجم ریشه، از استوانه مدرج حاوی آب و تعیین تغییر حجم آب با وارد شدن کامل ریشه استفاده شد (۱۷). نمونه‌های شاخساره و ریشه ابتدا در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند، سپس وزن خشک آن‌ها به‌دست آمد. میزان کلروفیل a، b و کل برگ بر اساس روش Lichtenthaler و Buschmann توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UNICO 2100: USA) و با روابط زیر برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر محاسبه شد (۱۹):

$$Chl_a = (12.25 \times A663 - 2.79 \times A646)$$

$$Chl_b = (21.21 \times A646 - 5.1 \times A663)$$

$$Ch_{total} = Chl_a + Chl_b$$

سطح برگ با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل Delta T. Image Devices Co. LTD اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده ها از نرم افزار آماری SAS استفاده شد و میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ با آزمون با آزمون چند دامنه‌ای جدید دانکن مقایسه شدند.

نتایج

ویژگی‌های مربوط به ریشه‌زایی و رشد ریشه: همچنان که در جدول آنالیز واریانس مشاهده می‌شود (جدول ۲) ویژگی‌هایی مانند درصد ریشه‌زایی، تعداد، طول و حجم ریشه در سطح احتمال ۱٪ با آزمون دانکن به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای به‌کار رفته قرار گرفتند. همچنین کاربرد تیمارهای IBA و PBZ به تنهایی و یا در ترکیب با هم در صفاتی مانند وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر **IBA** و **PBZ** به تنهایی و یا در ترکیب با هم بر ویژگی‌های ریشه‌زایی و رشد ریشه قلمه‌های چوب نرم فیکوس معمولی.

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد ریشه‌زایی	تعداد ریشه	طول ریشه	حجم ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
تیمار	۸	۸۲۶/۸۳**	۳/۵۸**	۵۶/۱۱**	۱/۳۱**	۰/۵۹۳*	۰/۵۰۵*
خطا	۱۸	۴۴/۴۴	۰/۷۸	۴/۰۰	۰/۱۱	۰/۱۱۱	۰/۰۲۴
ضریب تغییرات	---	۱۱/۱۳	۱۱/۳۲	۹/۷۸	۱۴/۲۹	۱۲/۲۹	۱۹/۸۴

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

درصد ریشه‌زایی: همچنان که در جدول ۳ نشان داده شده است تنظیم کننده رشد IBA در مقایسه با PBZ، در ریشه‌زایی قلمه‌ها خیلی موثرتر بود. استفاده از PBZ به تنهایی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد در درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها ایجاد نکرد. بیشترین درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها (۸۲٪) در تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA مشاهده شد که با تیمارهای ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به تنهایی و تیمار ترکیبی ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA+۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ معنی‌دار نبود. کمترین درصد ریشه‌زایی (۴۰٪) در تیمارهای شاهد (آب مقطر) و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ به‌دست آمد که تفاوت آن‌ها تنها با تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ معنی‌داری نبود (جدول ۳).

تعداد ریشه: با کاربرد هر دو غلظت IBA به تنهایی و یا استفاده از غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن با هر دو غلظت PBZ در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین تعداد ریشه به ازای هر قلمه به‌دست آمد. تعداد ریشه در استفاده از دو غلظت PBZ به تنهایی و یا کاربرد این دو غلظت به صورت ترکیبی با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA مشابه تیمار شاهد و یا حتی کمتر از آن بود، ولی با افزایش غلظت

www.SID.ir

Archive of SID

IBA به ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تعداد ریشه در تیمارهای ترکیبی به نسبت از شاهد بیشتر بود ولی باز هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. به‌طور کلی بیشترین (۹/۵ عدد) و کمترین (۶ عدد) تعداد ریشه به ازای هر قلمه به ترتیب مربوط به تیمارهای ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ بود (جدول ۳).

طول و حجم ریشه: استفاده از IBA سبب افزایش، اما برخلاف این کاربرد PBZ سبب کاهش طول و حجم ریشه‌ها در مقایسه با تیمار شاهد شدند (جدول ۳). در IBA با افزایش غلظت از ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر طول و حجم ریشه کاهش یافت اما در PBZ با افزایش غلظت از ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر به ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، طول و حجم ریشه افزایش یافت هر چند که در هر دو ماده تفاوت معنی‌داری بین دو غلظت آن‌ها مشاهده نشد. به‌طور کلی بیشترین (۲۷ سانتی‌متر) و کمترین (۱۳/۵۰ سانتی‌متر) طول ریشه و نیز بیشترین (۳/۵۰ سانتی‌متر مکعب) و کمترین (۱/۵۰ سانتی‌متر مکعب) حجم ریشه به ترتیب مربوط به تیمارهای ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ بودند (جدول ۳).

وزن تر و خشک ریشه: کاربرد IBA به تنهایی سبب افزایش بیشترین وزن تر و خشک ریشه شد، در صورتی که استفاده از PBZ به تنهایی وزن تر و خشک ریشه را در قلمه‌ها کاهش داد به گونه‌ای که حتی از تیمار شاهد کمتر بودند (جدول ۳). استفاده از غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA در ترکیب با PBZ تا حدی اثرات منفی PBZ بر وزن تر و خشک ریشه را کاهش داد، هر چند که تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند. بیشترین و کمترین وزن تر و وزن خشک ریشه به ترتیب در تیمارهای ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر IBA و PBZ به تنهایی و یا در ترکیب با هم بر ویژگی‌های ریشه‌زایی و رشد ریشه در قلمه‌های چوب نرم فیکوس معمولی.

IBA (میلی‌گرم در لیتر)	PBZ (میلی‌گرم در لیتر)	درصد ریشه‌زایی	تعداد ریشه	طول ریشه (سانتی‌متر)	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
صفر	صفر	۴۰/۰۰d	۷/۵۰bcd	۱۷/۳۳cd	۲/۲۵bc	۲/۶۵bc	۰/۸۳bc
۲۰۰۰	صفر	۸۲/۰۰a	۹/۵۰a	۲۷/۰۰a	۳/۵۰a	۳/۶۰a	۱/۶۰a
۴۰۰۰	صفر	۷۸/۰۰ab	۹/۰۰ab	۲۴/۵۰ab	۳/۲۵a	۳/۱۰ab	۱/۱۰b
صفر	۲۵۰	۴۵/۰۰cd	۶/۰۰d	۱۳/۵۰d	۱/۵۰d	۲/۰۶d	۰/۳۶e
صفر	۵۰۰	۴۰/۰۰d	۷/۰۰cd	۱۴/۴۵d	۱/۷۵cd	۲/۳۰cd	۰/۳۰e
۲۰۰۰	۲۵۰	۵۴/۰۰c	۷/۵۰bcd	۱۹/۵۸bcd	۲/۰۰bcd	۲/۶۰bcd	۰/۴۴de
۲۰۰۰	۵۰۰	۵۶/۰۰c	۷/۰۰cd	۱۹/۸۵bcd	۲/۲۵bc	۲/۷۲bc	۰/۶۸cd
۴۰۰۰	۲۵۰	۶۸/۰۰b	۸/۵۰abc	۲۱/۸۷abc	۲/۰۰bcd	۲/۶۱bcd	۰/۸۴bc
۴۰۰۰	۵۰۰	۷۶/۰۰ab	۸/۰۰abc	۲۱/۹۰abc	۲/۵۰b	۲/۸۶bc	۰/۹۷bc

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

ویژگی‌های مربوط به رشد شاخساره: بیشتر ویژگی‌های مربوط به رشد شاخساره در قلمه‌های ریشه دار شده مانند وزن خشک شاخساره، تعداد شاخه جانبی، طول ساقه اصلی، سطح و کلروفیل برگ (جدول ۴) در سطح احتمال ۱٪ با آزمون دانکن به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای به‌کار رفته قرار گرفتند. اثر تیمارهای IBA و PBZ به تنهایی و یا در ترکیب با هم در صفت هایی مانند وزن تر شاخساره و قطر ساقه اصلی در قلمه‌های ریشه‌دار شده

www.SID.ir

Archive of SID

فیکوس معمولی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۴).

وزن تر و خشک شاخساره: در قلمه‌های ریشه‌دار شده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، بیشترین وزن تر شاخساره (۶/۸۰ گرم) به‌دست آمد هر چند که با برخی از تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت، همچنین بیشترین وزن خشک شاخساره (۳/۶۰ گرم) در همین تیمار مشاهده شد و تفاوت آن تنها با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA معنی دار نبود. کاربرد PBZ به تنهایی و یا در ترکیب با IBA، تفاوت معنی‌داری در وزن تر شاخساره در مقایسه با شاهد ایجاد نکرد. به‌طور کلی کاربرد PBZ به تنهایی سبب کاهش وزن تر و خشک شاخساره شد و کمترین مقدار آن‌ها در تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ مشاهده شد (جدول ۵).

تعداد شاخه جانبی: کاربرد IBA به تنهایی سبب کاهش تعداد شاخه جانبی شد ولی برخلاف این، کاربرد PBZ سبب افزایش تعداد شاخه جانبی شد و با اینکه در هر دو تنظیم کننده رشد، غلظت بالاتر آن‌ها نسبت به غلظت پایین تر آن‌ها تعداد شاخه جانبی کمتر بود ولی تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهد نشد. بیشترین (۴/۵ شاخه) و کمترین (۲ شاخه) تعداد شاخه جانبی به ازای هر قلمه ریشه‌دار شده، مربوط به تیمارهای ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بود هر چند که با برخی از تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر IBA و PBZ به تنهایی و یا در ترکیب با هم بر ویژگی‌های رشد شاخساره در قلمه‌های ریشه‌دار شده چوب نرم فیکوس معمولی.

درجه آزادی	وزن تر شاخساره	وزن خشک شاخساره	تعداد شاخه جانبی	طول ساقه اصلی	قطر ساقه اصلی	سطح برگ	کلروفیل برگ
۸	۲/۹۳*	۳/۳۸**	۳/۵۸**	۱/۳۱**	۱۵۰۹/۸۵*	۱۵۰۹/۸۵**	۲/۹۳**
۱۸	۱/۰۰	۰/۱۱	۰/۷۸	۰/۱۱	۱۱/۱۵	۱۱/۱۵	۱/۰۰
---	۱۹/۶۱	۱۸/۸۰	۱۱/۳۲	۱۴/۲۹	۵/۰۰	۵/۰۰	۱۹/۶۱

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر IBA و PBZ به تنهایی و یا در ترکیب با هم بر ویژگی‌های رشد شاخساره در قلمه‌های ریشه‌دار شده چوب نرم فیکوس معمولی.

IBA (میلی‌گرم در لیتر)	PBZ (میلی‌گرم در لیتر)	وزن تر شاخساره (گرم)	وزن خشک شاخساره (گرم)	تعداد شاخه جانبی	طول ساقه اصلی (سانتی‌متر)	قطر ساقه اصلی (میلی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	کلروفیل برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
صفر	صفر	۵/۵۰abc	۲/۴۰b	۲/۵۰de	۱۰/۸۳bc	۳/۷۱b	۶۶/۵۵d	۰/۴۵cd
۲۰۰۰	صفر	۶/۸۰a	۳/۶۰a	۲/۵۰de	۱۴/۰۰a	۳/۸۰b	۸۸/۵۶b	۰/۴۰cd
۴۰۰۰	صفر	۶/۴۰ab	۳/۳۶a	۲/۰۰e	۱۳/۲۵ab	۳/۹۳b	۱۰۰/۲۵a	۰/۳۹d
صفر	۲۵۰	۳/۸۰c	۰/۹۸c	۴/۰۰ab	۸/۶۸c	۵/۳۱ab	۴۲/۹۰e	۰/۷۸a
صفر	۵۰۰	۴/۱۰c	۱/۰۰c	۴/۵۰a	۸/۰۶c	۵/۹۳a	۴۸/۳۰e	۰/۸۲a
۲۰۰۰	۲۵۰	۴/۶۰bc	۱/۰۶c	۳/۵۰bc	۹/۶۰c	۴/۵۳ab	۴۴/۶۸e	۰/۵۴cd
۲۰۰۰	۵۰۰	۴/۹۵abc	۱/۲۱c	۳/۵۰bc	۹/۰۱c	۴/۶۲ab	۷۵/۰۳c	۰/۵۹bc
۴۰۰۰	۲۵۰	۴/۹۴abc	۱/۱۸c	۳/۰۰cd	۸/۸۶c	۴/۸۴ab	۴۵/۰۷e	۰/۵۳cd
۴۰۰۰	۵۰۰	۴/۸۰bc	۱/۱۷c	۴/۰۰ab	۸/۸۹c	۵/۲۵ab	۸۸/۹۶b	۰/۷۴ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

طول و قطر ساقه اصلی: استفاده از IBA در زمان ریشه‌زایی قلمه‌ها، سبب افزایش طول ساقه اصلی و کاهش قطر آن و کاربرد PBZ برخلاف IBA، سبب کاهش طول و افزایش قطر ساقه اصلی شد. هم در طول و هم در قطر ساقه اصلی تفاوت معنی‌داری بین دو غلظت PBZ به تنهایی و یا در ترکیب با IBA مشاهده نشد. بیشترین (۱۴ سانتی‌متر) و کمترین (۸/۰۶ سانتی‌متر) طول ساقه اصلی به ترتیب در تیمارهای ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ مشاهده شد، هر چند که تفاوت معنی‌داری با برخی از تیمارها نداشتند (جدول ۵). همچنین با اینکه بیشترین (۵/۹۳ میلی متر) و کمترین (۳/۷۱ میلی متر) قطر ساقه اصلی به ترتیب در تیمارهای ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ و شاهد به‌دست آمد اما تفاوت آن ها با برخی از تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۵).

سطح و کلروفیل برگ: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت بالاتر در هر دو تنظیم کننده رشد IBA و PBZ در مقایسه با غلظت کمتر آن‌ها، سبب افزایش سطح برگ می‌شوند و با اینکه تفاوت بین دو غلظت در IBA معنی‌دار بود، ولی در PBZ این تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۵). بیشترین (۱۰۰/۲۵ سانتی‌متر مربع) و کمترین (۴۲/۹۰ سانتی‌متر مربع) سطح برگ به ترتیب در تیمارهای ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ مشاهده شد. کاربرد IBA سبب کاهش و استفاده از PBZ سبب افزایش کلروفیل برگ شد و تفاوت معنی‌داری بین هر دو غلظت آن‌ها مشاهده نشد. بیشترین کلروفیل برگ (۰/۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ به‌دست آمد هر چند که با غلظت دیگر آن و نیز تیمار ترکیبی ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA+۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین کلروفیل برگ در کاربرد دو غلظت IBA مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با شاهد و برخی از تیمارهای ترکیبی نداشتند (جدول ۵).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از هر دو غلظت IBA به‌طور کاملاً مشخصی سبب افزایش درصد ریشه‌زایی تا دو برابر در مقایسه با تیمار شاهد شدند و تعداد، طول، حجم، وزن تر و خشک ریشه افزایش یافت. در مقایسه دو غلظت به کار رفته IBA، در همه صفت‌های ذکر شده غلظت کمتر آن مناسب‌تر بود. کاملاً مشخص شده است که اکسین برای آغازش ریشه‌های نابجا روی قلمه ساقه ضروری است. کاربرد برونزای اکسین سبب افزایش فعالیت IAA درونی شده و همچنین ممکن است با افزایش حساسیت بافت به IAA، سبب تحریک ریشه‌زایی شود. ممکن است کاربرد IBA، سبب جابجایی و انتقال ریزوکالین‌ها (Rhizocalins) و کربوهیدرات‌ها به انتهای نزدپاهنگ قلمه شده و سبب آغازش و تمایزیابی ریشه شود (۱۱). همسو با نتایج ما، پژوهشگران زیادی افزایش درصد ریشه‌زایی در قلمه‌های ساقه گیاهان مختلف مانند شیشه شور (*Callistemon viminalis*) (۳۵)، فیکوس بنجامین (۴، ۵، ۲۷)، نوئل آبی (*Picea pungens*) (۲۵) و کاملیا (*Camellia japonica*) (۱۲) با کاربرد IBA در غلظت‌های مختلف گزارش کرده‌اند. در این پژوهش به دلیل افزایش تعداد، طول و حجم ریشه در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA نسبت به سایر غلظت‌ها و ترکیب‌ها، وزن تر و خشک ریشه نیز در این غلظت افزایش یافته است. در همین راستا گزارش شده که اکسین با تحریک ریشه‌زایی، سبب انتقال کربوهیدرات‌ها و مواد نیتروژنه از برگ به سوی ریشه شده و این امر موجب افزایش وزن ریشه می‌شود (۱۲). همسو با این نتایج، بابایی و همکاران (۴) گزارش کردند که در فیکوس بنجامین غلظت ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA در مقایسه با غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن سبب کاهش درصد ریشه‌زایی، طول ریشه و وزن خشک ریشه شد و دلیل آن را بازدارندگی اکسین در غلظت‌های بالاتر را ذکر کرده‌اند. گزارش شده تنظیم

www.SID.ir

Archive of SID

کننده‌های رشد ریشه‌زایی دارای منحنی غلظت پاسخ زنگوله‌ای هستند و در غلظت‌های بالاتر از مقدار بهینه، به صورت یک ماده بازدارنده عمل می‌کنند (۱۱). همسو با نتایج ما در پژوهشی دیگر غلظت کمتر (۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) IBA برای ریشه‌زایی قلمه‌های سخت ریشه‌زای زیتون نسبت به غلظت بالاتر آن (۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) آن ترجیح داده شده است زیرا در غلظت بالاتر درصد ریشه‌زایی، درصد قلمه‌های رشد کرده، تعداد و طول ریشه کمتری به ازای هر قلمه به‌دست آمده است و این پژوهشگران این اثرات نامناسب را به سمیت آن در این غلظت نسبت داده‌اند (۲). ممکن است غلظت‌های بالا در اکسین‌ها به‌دلیل ایجاد گیاه‌سوزی (Phytotoxic) و اثرات نامناسب آن‌ها بر فرآیند ریشه‌زایی، سبب کاهش درصد ریشه‌زایی شوند. در همین راستا در پژوهشی استفاده از تنظیم کننده رشد NAA به غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در مقایسه با غلظت‌های ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن در ریشه‌زایی قلمه‌های ساقه *P. caribaea* var. *hondurensis* مناسب‌تر بوده و دلیل آن ویژگی گیاه‌سوزی غلظت‌های بالای آن را ذکر کرده‌اند (۱۳). افزون بر این ممکن است غلظت بالای IBA، سبب بهم زدن تعادل هورمونی در قلمه‌ها شود و اثر منفی بر ریشه‌زایی داشته باشد. به عنوان نمونه گزارش شده که چون قلمه‌های نیمه چوبی سدر ژاپنی (*Cryptomeria* spp.) خود دارای هورمون اکسین درونی می‌باشند، افزایش غلظت این هورمون با کاربرد IBA برای ریشه‌زایی تعادل هورمونی گیاه را به هم زده و ریشه‌زایی را کاهش می‌دهد (۱۶).

مکانیزم دقیق افزایش ریشه‌زایی در قلمه ساقه برخی گونه‌ها توسط کندکننده‌های رشد به‌طور کامل مشخص نیست اما ممکن است به دلیل اثر تعارض و بازدارندگی آن‌ها با GA باشد که به‌طور غیرمستقیم بر ریشه‌زایی اثر داشته باشند و نیز با کاهش رشد شاخساره، فرآورده‌های فتوسنتزی و یا هورمون‌های گیاهی (Phytohormones) به سمت پایین قلمه جریان یابد (۱۱، ۳۳). اما برخلاف این، در این پژوهش استفاده از دو غلظت ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر کند کننده رشد PBZ به تنهایی اثر مناسبی بر ریشه‌زایی قلمه‌های چوب نرم فیکوس معمولی نداشتند و حتی در برخی صفات تعداد، طول، حجم، وزن تر و خشک ریشه در مقایسه با تیمار شاهد سبب کاهش آن‌ها شدند. در استفاده ترکیبی PBZ با IBA به ویژه در ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن با ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA این اثرات نامناسب تا حدی کاهش یافت. رشد اندام‌های گیاهی تحت تاثیر جریان هورمون گیاهی اکسین از انتهای ساقه به سمت نوک ریشه می‌باشد. نشان داده شده که اکسین رشد ریشه را با تلفیق پاسخ‌های سلولی به هومورن گیاهی جیبرلین تنظیم می‌کند و جیبرلین با مهار اثر پروتئین بازدارنده رشد به نام DELLA، رشد را افزایش می‌دهد (۳۱). بنابراین با توجه به اینکه گیاهان مختلف دارای سطوح مختلف هورمون درونزای اکسین هستند و نیز با توجه به ارتباط این هورمون با جیبرلین‌ها برای رشد ریشه، ممکن است پاسخ های یکسانی به کند کننده رشد PBZ جهت ریشه‌زایی نداشته باشند. در تیمارهای ترکیبی، همسو با نتایج ما گزارش شده که کاربرد ۵ میلی‌گرم در لیتر PBZ به تنهایی تا حدی منجر به افزایش ریشه‌زایی در قلمه‌های ساقه ماش (*Vigna radiata*) شده است اما در تیمار ترکیبی آن با ۲۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، افزایش قابل توجهی در تعداد ریشه‌های نابجا مشاهده کرده‌اند. این پژوهشگران دریافتند که PBZ در سهم بندی (Partitioning) کربوهیدارت‌ها در طول قلمه نقش دارد و جهت اثبات این فرضیه با کاربرد کربوهیدرات به‌جای PBZ نتیجه یکسانی گرفتند (۳۳). همچنین از دلایل دیگر افزایش ریشه‌زایی با کاربرد PBZ، افزایش ظرفیت سینک متابولیکی (Metabolic sink) در پایین قلمه برای جذب کربوهیدارت‌ها و هورمون‌ها (۳۳) و نیز بهبود وضعیت آبی قلمه‌ها (۱۳) گزارش شده است. ممکن است PBZ با اثر برمتابولیسم IBA در قلمه‌ها و یا سیستم آوندی بافت‌های مریستمی در طول ریشه‌زایی اثر داشته باشد. همچنین تیمار

www.SID.ir

Archive of SID

انتهای نزدپاهنگ قلمه‌های ساقه ماش با PBZ و IBA به ترتیب با تحریک تقسیم سلولی و اندام‌زایی سرآغازه‌ها، منجر به افزایش ریشه‌زایی شده‌اند (۳۳).

در پژوهش حاضر مشخص شد که PBZ به ویژه در کاربرد آن به تنهایی، در ویژگی‌های مربوط به رشد شاخساره سبب کاهش طول ساقه اصلی، وزن تر و خشک شاخساره و نیز سبب افزایش قطر ساقه اصلی، تعداد شاخه جانبی و میزان کلروفیل برگ می‌شود. کند کننده‌های رشد با جلوگیری از سنتز GA منجر به کاهش طول میانگره، سطح برگ، کاهش رشد و نیز افزایش قطر ساقه می‌شوند (۲۱). همسو با نتایج ما در مورد کاهش طول ساقه اصلی با کاربرد PBZ، در گیاهان زینتی دیگری مانند فیکوس بنجامین (۱۸)، شمعدانی (۳۰)، آهار (۲۶)، کوکب کوهی (۱۴) و گل صد تومانی (۳۴) کاربرد این ماده سبب کاهش ارتفاع شده است. همسو با کاهش سطح برگ در قلمه‌های ریشه‌دار شده فیکوس معمولی در پژوهش حاضر با کاربرد PBZ، قبلا گزارش شده که در گیاهانی مانند گل جعفری فرانسوی و شمعدانی (۲۴)، شاهپسند یکساله، تاج خروس و بنفشه دورگه (۲۱)، PBZ سبب کاهش معنی‌دار سطح برگ شده است. ممکن است که کاهش سطح برگ با کاربرد PBZ به دلیل جلوگیری از سنتز جبیرلین، افزایش محتویات اسید آبسیزیک (ABA) و جلوگیری از طویل شدن سلول‌ها در برگ باشد (۱۸، ۲۱، ۲۳).

افزایش کلروفیل برگ با کاربرد PBZ، ناشی از نقش آن در افزایش مقدار سایتوکینین برگ‌ها، افزایش بیوسنتز کلروفیل و جلوگیری از تجزیه آن می‌باشد. همچنین PBZ با اثر بر سطح برگ و کاهش آن، منجر به افزایش مقدار کلروفیل در واحد سطح شده است (۹). بیشترین سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره و طول ساقه اصلی و نیز کمترین تعداد شاخه جانبی در کاربرد دو غلظت IBA به تنهایی به‌دست آمد که می توان این ویژگی‌ها را بیشتر به اثر آن بر غالبیت انتهایی راسی نسبت داد. همچنین بیشترین تعداد شاخه جانبی در تیمارهای PBZ به تنهایی و یا در تیمارهای ترکیبی به‌دست آمد که به احتمال زیاد این ویژگی مربوط به اثر PBZ بر کاهش سنتز GA و به دنبال آن کاهش چیرگی راسی (۸) و افزایش رشد جوانه‌های جانبی باشد.

به عنوان یک نتیجه گیری کلی می توان گفت اگر چنانچه تعداد ساقه جانبی قلمه‌های چوب نرم ریشه‌دار شده فیکوس معمولی برای پرورش دهندگان آن اهمیت ندارد و تکثیر و تولید گیاهان با ارتفاع بلند مد نظر است (شکل ۷–الف)، استفاده از IBA با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای ریشه‌دار کردن قلمه‌های چوب نرم آن توصیه می‌شود اما اگر بازارپسندی قلمه‌های ریشه‌دار شده و فروش آنها به صورت گلدانی وابسته به تعداد شاخه جانبی، ارتفاع کمتر بوته و نیز برگ‌های سبز پر رنگ می‌باشد (شکل ۷–ب)، استفاده از ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیترIBA +۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ برای تکثیر و تولید آن مناسب است.

شکل ۷– نهال‌های فیکوس معمولی به‌دست آمده از ریشه‌دار شدن قلمه چوب نرم با استفاده از IBA با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم (الف) و کاربرد ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیترIBA +۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر PBZ (ب).

منابع

1- Al-Saqri, F. and Alderson, P.G. 1996. Effects of IBA, cutting type and rooting media on rooting of *Rosa centifolia*. Journal of Horticultural Science 71: 729-737.

www.SID.ir

Archive of SID

2- Attarzadeh, M., Aboutalebi, A. and Attarzadeh, M. 2016. Effect of different hormonal treatments and rooting-cofactors on rooting of olive cultivars (Fishomi and Shiraz). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 25: 49-57.

3- Augustus, G.D.P.S. and Seiler, G.J. 2011. *Ficus elastica*-The Indian rubber tree-An underutilized promising multi-use species. Biomass and Bioenergy 35: 3247-3250.

4- Babaei, H., Zarei, H. and Hemmati, K. 2015. The effect of different concentrations of IBA, type of plant rootstock and timing of cuttings on propagation of *Ficus benjamina* cv. Variegata by cutting-graft. Journal of Crop Production and Processing 5: 253-261. (In Farsi).

5- Babaie, H., Zarei, H., Nikde, K. and Firoozjai, M.N. 2014. Different concentrations of IBA and time of taking cutting on growth and survival of *Ficus binnendijkii* cuttings. Notulae Scientia Biologicae 6: 163-166.

6- Banon, S., Martínez, J.J., Fernández, J.A., Ochoa, J. and González, A. 2003. Effect of indolebutyric acid and paclobutrazol on the rooting of *Rhamnus alaternus* stem cuttings. Acta Horticulturae 614: 263-267.

7- Chen, J., McConnell, D.B., Norman, D.J. and Henny, R.J. 2005. The foliage plant industry. In: Horticultural Reviews (ed. J. Janick). New York, NY: John Wiley and Sons, Inc.31: 47–112.

8- Fang, J., Chen, J., Henny, R. J. and Chao, C.C.T. 2007. Genetic relatedness of ornamental *Ficus* species and cultivars analyzed by amplified fragment length polymorphism markers. Journal of the American Society for Horticultural Science 132: 807–815.

9- Fletcher, R.E., Asare-Boamah, N.K., Kreig, L.C., Hofstra, G. and Dumbroff, E.B. 1988. Triadimefon stimulates rooting in bean hypocotyl. Physiologia Plantarum 73: 401-405.

10- Ghasemi Ghehsareh, M. and Khosh-Khui, M. 2016. Effect of indole-3-butyric acid, putrescine and benzyladenine on rooting and lateral bud growth of *Ficus elastica* leaf-bud cuttings. Indian Journal of Horticulture 73: 25-29.

11- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T. and Geneve, R. 2011. Plant Propagation, Principles and Practices. 8th Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 915 pp.

12- Hashemabadi, D. and Sedaghathoor, SH. 2007. Study on effect of indole butyric acid (IBA) and naohthalene acetic acid (NAA) on rooting of cutting of camellia (*Cameliia japonica* L.). Journal of Agriculture Science 2: 69-76. (In Farsi).

13- Henrique, A., Campinhos, E.N., Ono, E.O. and Pinho, S.Z. 2006. Effect of plant growth regulators in the rooting of *Pinus* cuttings. Brazilian Archives of Biology and Technology 49: 189–196.

14- Hojjati, M., Etemadi, N. and Baninasab, B. 2010. Effect of paclobutrazol and cycocel on vegetative growth and flowering of rudbeckia. Journal of Horticultural Sciences 24: 122-127. (In Farsi).

15- Huxley, A. 1999. The new royal horticultural society dictionary of gardening. Macmillan, London, UK, 3000 p.

16- Jull, L.G., Warren, S.L. and Blazich, F.A., 1994. Rooting 'Yoshino' *Cryptomeria* stem cutting as influenced by growth stage, branch order IBA treatment. Hortscience 29: 1532-1535.

17- Klein, I., Ben-Tal, Y., Lavee, S., De Malach, Y. and David, I. 1993. Saline irrigation of cv. Manzanillo and Uovo di Piccione trees. II. International Symposium on Olive Growing, 356: 176–180.

18- Lecain, D.R., Schekel, K.A. and Wample, R.L. 1986. Growth-retarding effects of paclobutrazol on weeping fig. HortScience 21: 1150-1152.

19- Lichtenthaler, H.K. and Buschmann, C. 2001. Extraction of photosynthetic tissues: chlorophylls and carotenoids. In: Current Protocols in Food AnalyticalChemistry.

20- 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.

21- Magnitskiy, S.V., Pasian, C.C., Bennett, M.A. and Metzger, J.D. 2006. Controlling plug height of verbena, celosia, and pansy by treating seeds with paclobutrazol. HortScience 41: 158–161.

22- Mewar, D. and Naithani, D.C. 2016. Effect of different iba concentrations and planting time on stem cuttings of wild fig (*Ficus palmata* forsk.). Plant Archives 16: 959-962.

23- Nazari, F. and Javadi, T. 2012. Growth and development of *Lolium perenne* L. 'Barbal' in response to different concentrations of paclobutrazol. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 6: 195-198.

www.SID.ir

Archive of SID

24- Pasian, C.C. and Bennett, M.A. 2001. Paclobutrazol soaked marigold, geranium, and tomato seeds produce short seedlings. HortScience 36: 721-723.

25- Reezi, S., Naderi, R., Khalighi, A., Zamani, Z. and Etemad, V. 2006. Asexual propagation of *Picea pungens* 'Koster' through cuttings, and grafting under various hormonal treatments. Iranian Journal of Natural Resources 59: 589-601. (In Farsi).

26- Rossini Pinto, A.C., Deleo Rodrigues, T.D.J., Leite, I.C. and Barbosa, J.C. 2005. Growth retardants on development and ornamental quality of potted 'Lilliput' *Zinnia elegans* Jacq. Scientia Agricola 62: 337–345.

27- Shirzad, M., Sedaghathoo, S. and Hashemabadi, D. 2011. Effect of media and different concentrations of IBA on rooting of *Ficus benjamina* L. cutting. Journal of Ornamental and Horticulture Plants, 10: 130-140.

28- Siddiqui, M.I. and Hussain, S.A. 2007. Effect of indole butyric acid and types of cutting on root initiation of *Ficus hawaii*. Sarhad Journal of Agriculture 23: 919-925.

29- Stefancic, M., Vodnik, D., Stampar, F. and Osterc, G. 2007. The effects of a fogging system on the physiological status and rooting capacity of leafy cuttings of woody species. Trees 21: 491-496.

30- Tayama, H.K. and Carver, S.A. 1990. Zonal geranium growth and flowering responses to six growth regulators. HortScience 25: 82-83.

31- Teale, W.D., Paponov, I.A., Ditengou, F. and Palme, K. 2005. Auxin and the developing root of *Arabidopsis thaliana*. Physiologia Plantarum 123: 130–138.

32- Wang, Y.T. and Blessington, T.M. 1990. Growth of four tropical foliage species treated with paclobutrazol and uniconazole. HortScience 25: 202-204.

33- Wiesman, Z. and Riov, J. 1994. Interaction of paclobutrazol and indole-3-butyric acid in relation to rooting mung bean (*Vigna radiata*) cuttings. Physiologia Plantarum 92: 608–612.

34- Xia, X., Tang, Y., Wei, M. and Zhao, D. 2018. Effect of paclobutrazol application on plant photosynthetic performance and leaf greenness of herbaceous peony. Horticulturae 4: 1-12.

35- Zarrinball, M., Moalemi, N. and Daneshvar, M.H. 2005. Effects of different concentration of auxins, time of cutting and environmental condition on rooting of the semi-hardwood cuttings of *Callistemon viminolis* Sol. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 6: 121-134. (In Farsi).

Rooting and shoot growth of soft-wood cutting of rubber fig (*Ficus elastica* Roxb. ex Hornem) in response to indole butyric acid and paclobutrazol

Nazari F. and Rahimi E.

Dept. of Horticultural Science, College of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, I.R. of Iran

Abstract

In this present study the effects of different concentrations and combinations of indole butyric acid (IBA: 0, 2000 and 4000 mg L^{-1}) and paclobutrazol (PBZ: 0, 250 and 500 mg L^{-1}) alone and in combination on rooting and shoot growth of *F. elastic* soft wood cuttings were investigated. The results showed that the application of IBA alone in both concentrations 2000 and 4000 mg L^{-1} increased rooting percentage, but the use of PBZ alone there was no significant difference in it compared to control treatment. The highest number, length, volume, fresh and dry weights of root and shoot as well as main stem length were obtained in treatment of 2000 mg L^{-1} IBA. The highest number of lateral shoots, principal stem diameter and leaf chlorophyll content were observed in treatment with 500 mg L^{-1} PBZ. In general, the effect of 2000 mg L^{-1} IBA on rooting indices and the treatment of 4000 mg L^{-1} IBA + 500 mg L^{-1} PBZ on shoot growth was more effective.

Key words: Auxin, Vegetative propagation, Rooting, Chlorophyll, Growth retardant.

www.SID.ir