Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و پنجم، شماره دوم، ۱۳۹۷
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2018.11928.2089

اصلاح ظرفیت ریشه‌زایی قلمه شمشاد خزری، یک درختچه زینتی در حال انقراض

بهزاد کاویانی[1]* و ناصر نگهدار[2]

[1]دانشیار و دانشجوی دکتری گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران،

[2]مؤسسه تحقیقاتی علوم کشاورزی و بیوتکنولوژی هیرکان، آمل، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۰۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۲۳

چکیده

سابقه و هدف: شمشاد خزری یا شمشاد جنگلی (*Buxus hyrcana* Pojark. یا *Buxus sempervirens auct non* L.) از خانواده شمشاد یا کیش (Buxaceae)، یک درختچه زینتی است که در صنایع مختلف کاربرد دارد. از این درختچه به‌طور گسترده‌ای در طراحی فضای سبز و باغ‌ها استفاده می‌شود. رشد و نمو شمشاد خزری بسیار کند است و خطر انقراض، به‌دلیل حمله برخی عوامل بیماری‌زا این گیاه را تهدید می‌کند. تحریک ریشه‌زایی در قلمه‌ها، ازدیاد سریع‌تر این گیاه را به‌دنبال دارد. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش، بهبود شرایط ریشه‌زایی قلمه‌های سخت‌ریشه‌زای شمشاد خزری و به‌دست آوردن بهترین غلظت تیمارهای هورمونی ایندول-۳- بوتیریک اسید (IBA) و آلفا- نفتالین استیک اسید (NAA) بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف IBA و NAA آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ٤ تکرار انجام شد. تیمارها شامل صفر (به‌عنوان شاهد)، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر از هر دو تیمار IBA و NAA، به‌تنهایی و در ترکیب با یکدیگر بود. در فصل پاییز، ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری انتهای شاخه گیاهان مادری دو ساله بریده شد و به‌عنوان قلمه چوب‌سخت مورد استفاده قرار گرفت. انتهای تحتانی قلمه‌های سرشاخه به‌مدت ۱۰ ثانیه در غلظت‌های مختلف IBA و NAA نگهداری شدند و سپس در بستر کشت قرار گرفتند. در این پژوهش درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه، طول ریشه، ارتفاع گیاه، سطح برگ، تعداد برگ، طول بلندترین ریشه و وزن تر و خشک ریشه اندازه‌گیری شدند. بستر کشت قلمه‌ها، پرلیت بود. برای جلوگیری از آلودگی احتمالی، انتهای قلمه‌ها به‌مدت ۱۰ ثانیه در محلول ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره قرار داده شدند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (NAA و IBA) روی همه صفات غیر از ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۵ و یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که بالاترین درصد ریشه‌زایی (۱۰۰ درصد) و بیش‌ترین تعداد ریشه (۸/۷۰ عدد در گیاهچه)، در قلمه‌های تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA مشاهده شد. همچنین بالاترین طول ریشه (۵/٦٦ سانتی‌متر در گیاهچه)، در قلمه‌های تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA ثبت شد. تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با

* مسئول مکاتبه: b.kaviani@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA سطح برگ وسیع‌تری را القا کرد. بیش‌ترین تعداد برگ (۳۳/۳۷ عدد در گیاه) در قلمه‌های تیمارشده با ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA اندازه‌گیری شد. قلمه‌های تیمارشده با غلظت‌های مختلف IBA و NAA، وزن تر و وزن خشک متفاوتی داشتند.

نتیجه‌گیری: شمشاد خزری می‌تواند به‌طور موفقیت‌آمیزی با قلمه‌های ساقه تکثیر شود. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌ویژه اکسین‌ها نقش مؤثری روی افزایش ریشه‌زایی قلمه‌های سخت‌ریشه‌زای درخت‌ها و درختچه‌ها دارند. دو هورمون IBA و NAA می‌توانند روی اصلاح ریشه‌زایی قلمه‌های ساقه شمشاد خزری موثر باشند. یک غلظت از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA ریشه‌زایی بهتری را نسبت به سایر تیمارهای هورمونی القا کرد.

واژه‌های کلیدی: ازدیاد گیاه، اکسین، سیتوکینین، شمشاد، گیاهان زینتی

مقدمه

شمشاد خزری یا شمشاد جنگلی (*Buxus hyrcana* Pojark. یا *Buxus sempervirens auct non* L.) با نام انگلیسی box tree از خانواده شمشاد یا کیش (Buxaceae)، یک گونه زینتی درختچه‌ای است که در صنایع مختلف از جمله صنایع دستی و زینتی کاربرد دارد (۲۲). این گونه بومی ایران است و در برخی کشورهای دیگر نیز انتشار دارد. در ایران، محل رویش شمشاد خزری، مناطق مختلف جنگل‌های جلگه‌ای شمال در استان‌های مازندران و گیلان است (۲۲). اغلب رویشگاه‌های شمشاد از بین رفته‌اند و در حال حاضر رویشگاه‌های خالص و انبوه آن را تنها در پارک جنگلی سی‌سنگان می‌توان دید. رشد و نمو آن بسیار کند است ولی دوام و دیرزیستی آن نسبتاً بالا است. گیاهان زینتی از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار هستند. ارزش تجاری گیاهان زینتی به‌طور قابل‌توجهی در سطح جهان افزایش یافته است، به‌طوری‌که سالانه ۸ تا ۱۰ درصد افزایش به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه مشاهده می‌شود. شمشاد خزری از گیاهان زینتی است که در صنایع مختلف برای ساخت وسایل تزیینی، ادوات چوبی، تولید دارو، احداث دیواره‌های سبز در حاشیه پیاده‌روها و همچنین ساخت مجسمه‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۲).

ازدیاد شمشاد خزری از طریق کشت بذر، علاوه بر موانع و مشکلاتی از جمله عدم یکنواختی گیاهان تکثیرشده و تفرق صفات، به لحاظ اقتصادی نیز مقرون به‌صرفه نیست. ازدیاد رویشی یا غیرجنسی برای تولید گیاهان مشابه گیاه مادری به‌کار گرفته می‌شود. تکثیر گیاه به‌وسیله قلمه ساقه برگدار، یکی از معروف‌ترین و بهترین روش‌های تکثیر غیرجنسی می‌باشد (٤). اکسین‌ها در تحریک تشکیل ریشه روی قلمه‌ها مؤثرتر هستند. به‌کارگیری اکسین به‌صورت طبیعی یا مصنوعی، لازمه تشکیل ریشه نابجا روی ساقه است. استفاده بهینه از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در ارتقای ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان به‌ویژه گیاهان زینتی از دیرباز رایج بوده است. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی تمام مراحل رشد و نمو گیاهان را تحت‌تاثیر قرار می‌دهند. این تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌صورت تجاری، برای بهبود کیفیت تولید برخی از گیاهان ارزشمند زینتی مانند گل‌های شاخه‌بریدنی، گیاهان برگ زینتی، گیاهان گلدانی و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف اصلی استفاده از

www.SID.ir

Archive of SID

هورمون‌های اکسینی در انواع و غلظت‌های مختلف، دستیابی به حداکثر ریشه‌زایی است. اسید نفتالین استیک (NAA) و اسید ایندول بوتیریک (IBA) بیش‌ترین هورمون‌های اکسینی مورد استفاده برای ریشه‌زایی هستند (۱۱، ۱۵ و ۲۶). ریشه‌زایی یک مرحله بحرانی برای موفقیت در ازدیاد توسط قلمه‌زنی است.

قلمه شمشاد خزری، سخت‌ریشه‌زا است. برخی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی همانند IBA، NAA و پاکلوبوترازول (PBU)، کاربرد بیش‌تری در ریشه‌زایی قلمه‌ها به‌ویژه قلمه‌های سخت ریشه‌زا دارند (۵، ۱۱ و ۱۵). بلایت و همکاران (۶)، غلظت‌های مختلف IBA و NAA را روی ریشه‌زایی قلمه‌های کاملیا (*Camellia japonica*) بررسی نموده و مشاهده کردند که در تیمارهای ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA همراه با ۱۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر NAA و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA موجب افزایش ۷۷ تا ۸۱ درصدی ریشه‌زایی قلمه‌ها شدند. بیازی و همکاران (۴)، فری و همکاران (۱۲) و کنجی و همکاران (۹)، اثر سطوح مختلف هورمون IBA را بر ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی و چوب‌نرم کیوی بررسی کردند و بهترین نتیجه را در تیمار ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آوردند. اوکلر و همکاران (۳۱)، تیمار ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌مدت ۱۵ ثانیه و بدون زخم‌زنی را بهترین تیمار برای ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی کیوی بیان نمودند.

بررسی افزایش ظرفیت ریشه‌زایی قلمه‌های سخت‌ریشه‌زای گیاهان خشبی و نیمه‌خشبی (درختی و درختچه‌ای) کماکان در سراسر جهان در حال انجام است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، بهبود شرایط ریشه‌زایی قلمه‌های شمشاد خزری (*Buxus hyrcana* Pojark.)، یک درختچه زینتی در حال انقراض و به‌دست آوردن بهترین غلظت تیمارهای هورمونی IBA و NAA در بستر پرلیت بود.

مواد و روش‌ها

شرایط آزمایش: این پژوهش طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۳ در مؤسسه تحقیقات بیوتکنولوژی و علوم کشاورزی هیرکان واقع در شهرستان آمل استان مازندران در شرایط طبیعی یا برون‌شیشه‌ای (درون‌خاکی) به مرحله اجرا در آمد. گیاهان مادری شمشاد خزری به‌عنوان نمونه‌های گیاهی از نهالستانی در شهرستان آمل خریداری و در گلخانه نگهداری شدند. در پاییز، ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر انتهای شاخه گیاهان دو ساله بریده شد و به‌عنوان قلمه چوب‌سخت سرشاخه مورد استفاده قرار گرفت. پس از گرفتن قلمه، برای ضدعفونی، قلمه‌ها به‌مدت ۱۰ ثانیه در محلول نانوذرات نقره با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر قرار داده شدند قلمه‌ها در گلدان‌های با ابعاد ۱۲ × ۱۲ × ۱۰، پرشده با پرلیت، کاشته شدند.

اعمال تیمارها: بعد از ضدعفونی، انتهای تحتانی قلمه‌های سرشاخه به‌مدت ۱۰ ثانیه در غلظت‌های ۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و NAA نگهداری شد و بعد از این مدت اقدام به کشت آن‌ها در بستر کاشت پرلیت گردید. برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد. نمونه‌ها در گلخانه نگهداری شدند.

صفات اندازه‌گیری‌شده: بعد از حدود ۶۰ روز، صفات درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه، طول ریشه، ارتفاع گیاه، سطح برگ، تعداد برگ، طول بلندترین

www.SID.ir

Archive of SID

ریشه، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه مورد ارزیابی قرار گرفتند. اندازه‌گیری صفات طولی اندام‌ها با خط‌کش انجام شد. تعداد اندام‌ها با چشم غیرمسلح شمارش گردید. طول طویل‌ترین ریشه به دو صورت گزارش شد: ۱) از بین تمام گیاهان هر تیمار، طول بلندترین ریشه اندازه‌گیری شد؛ ۲) طویل‌ترین ریشه سه تکرار هر تیمار اندازه‌گیری و تقسیم بر ۳ شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن تر و خشک، نمونه‌های گیاهی بعد از برداشت، روی ترازوی دیجیتال وزن شدند (وزن تر). سپس نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٢٤ ساعت خشک شدند و مجدداً وزن گردیدند (وزن خشک). برای اندازه‌گیری سطح برگ از کاغذ شطرنجی استفاده شد. هر برگ روی سطح کاغذ گذاشته شد و دور آن با قلم مشخص گردید. مساحت یک مربع در کاغذ اندازه‌گیری شد و در تعداد مربع‌های اشغال‌شده توسط برگ ضرب شد. عدد حاصل، مساحت برگ است. مساحت برگ هر تکرار از میانگین مساحت ۱۰ برگ به‌دست آمد.

طرح آماری و تجزیه داده‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد که عوامل آزمایش شامل سطوح IBA (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و سطوح NAA (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. صفات ٦٠ روز بعد از اعمال تیمارها بررسی شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد ریشه‌زایی: طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر ساده NAA و IBA و برهمکنش IBA × NAA بر ریشه‌زایی قلمه‌ها معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۱). بیش‌ترین درصد ریشه‌زایی (۷۸/۹۸) مربوط به سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. اثر ساده IBA نیز نشان داد که سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیش‌ترین ریشه‌زایی (۸۷/۹۳) را القا کرد (جدول ۲). با افزایش مصرف NAA و IBA تا سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ریشه‌زایی به‌طور معنی‌دار افزایش یافت، اما با افزایش غلظت هر دو تنظیم‌کننده رشد گیاهی تا سطح ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نه تنها افزایشی در ریشه‌زایی مشاهده نشد، بلکه درصد ریشه‌زایی کاهش یافت (جدول ۲). بین سطوح ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA و سطوح صفر و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA همچنین سطوح ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش NAA و IBA آشکار کرد که بیش‌ترین (۱۰۰ درصد) و کم‌ترین (۵۰/۵۰ درصد) درصد ریشه‌زایی، به‌ترتیب در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و شاهد به‌دست آمد. درصد ریشه‌زایی (۹۷/۵۰ درصد) در قلمه‌های تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA نیز بالا بود که به لحاظ آماری با تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۳، شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی IBA و NAA روی برخی صفات شمشاد خزری.

Table 1. Analysis of variance of the effect of different concentrations of IBA and NAA on some traits of box tree.

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square				
		درصد ریشه‌زایی Rooting percentage	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد گره Node number	سطح برگ Leaf surface	تعداد برگ Leaf number
تکرار Replication	3	34.80^{ns}	2.66^{ns}	590.00^{ns}	0.05^{ns}	61.70**
اسید نفتالین استیک NAA	4	957.00**	5.94*	6.53*	0.16^{ns}	119.00**
اسید ایندول بوتیریک IBA	4	224.00**	1.51^{ns}	4.27^{ns}	0.83**	99.20**
NAA × IBA	16	271.00**	3.05^{ns}	5.55*	0.21*	49.50**
خطا Error	72	9.01	2.2	2.69	0.10	18.95
ضریب تغییرات CV (%)	-	4.03	5.34	23.9	21.51	3.46

*، ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱، ^{ns} عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد.

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively, ^{ns} Not significant at P=0.05.

ادامه جدول ۱-

Continue Table 1.

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square				
		طول ریشه Root length	طول بلندترین ریشه Length of longest root	تعداد ریشه Root number	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
تکرار Replication	3	1.18^{ns}	0.94^{ns}	1.17^{ns}	1.30^{ns}	1.49^{ns}
اسید نفتالین استیک NAA	4	1.14*	1.41*	0.28^{ns}	2.74*	2.65*
اسید ایندول بوتیریک IBA	4	1.99*	4.33**	10.84**	7.78**	5.26**
NAA × IBA	16	1.27*	2.42**	2.30**	2.68*	2.63*
خطا Error	72	0.66	0.57	0.93	1.45	1.29
ضریب تغییرات CV (%)	-	19.53	13.12	14.83	14.66	15.86

*، ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱، ^{ns} عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد.

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively, ^{ns} Not significant at P=0.05.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر ساده غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی IBA (I) و NAA (N) روی برخی صفات شمشاد خزری.

Table 2. Mean comparison of the simple effect of different concentrations of IBA (I) and NAA (N) on some traits of box tree.

تعداد برگ Leaf number	سطح برگ Leaf surface (cm^2)	تعداد گره Node number	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	درصد ریشه‌زایی Rooting percentage (%)	تیمارها Treatments ($mg\ L^{-1}$)
30.95^{b}	1.51^{a}	6.23^{b}	27.22^{b}	68.73^{d}	N_0
32.57^{a}	1.66^{a}	7.40^{a}	27.94^{ab}	72.65^{c}	N_{500}
31.56^{b}	1.68^{a}	6.83^{ab}	28.86^{a}	78.98^{a}	N_{1000}
31.19^{b}	1.50^{a}	7.08^{ab}	27.68^{b}	76.09^{b}	N_{2000}
30.81^{b}	1.44^{a}	7.39^{a}	27.50^{b}	75.34^{b}	N_{3000}
30.60^{c}	1.33^{c}	7.58^{a}	27.32^{a}	73.13^{b}	I_0
31.02^{bc}	1.48^{bc}	6.43^{a}	28.12^{a}	73.77^{b}	I_{500}
31.66^{ab}	1.79^{a}	7.54^{a}	27.77^{a}	87.93^{a}	I_{1000}
32.30^{a}	1.58^{ab}	6.70^{a}	28.04^{a}	68.89^{c}	I_{2000}
31.51^{ab}	1.60^{ab}	6.68^{a}	27.94^{a}	68.08^{c}	I_{3000}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف همسان نیستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون حداقل (LSD)، تفاوت معنی‌دار دارند.

Means with different letters on the same column are significantly different ($P<0.05$) based on LSD test.

ادامه جدول ۲-

Continue Table 2.

وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	تعداد ریشه Root number	طول بلندترین ریشه Length of longest root (cm)	طول ریشه Root length (cm)	تیمارها Treatments ($mg\ L^{-1}$)
7.77^{a}	8.70^{a}	6.67^{a}	5.62^{ab}	4.58^{a}	N_0
7.28^{ab}	8.43^{ab}	6.35^{a}	5.86^{ab}	4.12^{ab}	N_{500}
6.78^{b}	7.73^{b}	6.65^{a}	5.94^{a}	3.96^{b}	N_{1000}
7.25^{ab}	8.41^{ab}	6.44^{a}	6.10^{a}	4.21^{ab}	N_{2000}
6.75^{b}	7.80^{b}	6.50^{a}	5.32^{b}	3.97^{b}	N_{3000}
7.22^{a}	8.42^{a}	6.79^{b}	5.14^{c}	3.65^{b}	I_0
7.48^{a}	8.64^{a}	6.60^{b}	5.41^{bc}	4.02^{ab}	I_{500}
7.71^{a}	8.79^{a}	7.68^{a}	6.55^{a}	4.54^{a}	I_{1000}
7.25^{a}	8.23^{a}	6.17^{b}	5.85^{b}	4.48^{a}	I_{2000}
6.17^{b}	6.98^{b}	5.36^{c}	5.89^{b}	4.14^{ab}	I_{3000}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف همسان نیستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون حداقل (LSD)، تفاوت معنی‌دار دارند.

Means with different letters on the same column are significantly different ($P<0.05$) based on LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی IBA و NAA روی برخی صفات شمشاد خزری.

Table 3. Mean comparison of the effect of different concentrations of IBA and NAA on some traits of box tree.

مقایسه میانگین Mean comparison					تیمارها Treatments ($mg\ L^{-1}$)	شماره تیمار Treatment No.
تعداد برگ Leaf number	سطح برگ Leaf surface (cm^2)	تعداد گره Node number	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	درصد ریشه‌زایی Rooting percentage (%)		
31.00^{e-h}	1.80^{a-d}	5.06^{fg}	27.27^{a}	50.50^{i}	N_0I_0	1
31.35^{d-h}	1.31^{c-f}	5.23^{fg}	27.66^{a}	72.67^{e-g}	N_0I_{500}	2
30.20^{f-h}	1.25^{d-g}	6.43^{c-g}	27.43^{a}	75.33^{d-f}	N_0I_{1000}	3
30.28^{e-h}	1.03^{f}	6.80^{b-g}	27.06^{a}	81.50^{c}	N_0I_{2000}	4
30.12^{f-h}	1.29^{c-f}	8.96^{ab}	27.20^{a}	80.67^{c}	N_0I_{3000}	5
30.26^{e-h}	1.19^{e-f}	6.90^{b-g}	26.70^{a}	77.33^{c-e}	$N_{500}I_0$	6
31.74^{a-f}	1.56^{b-f}	7.53^{b-f}	28.80^{a}	60.33^{hi}	$N_{500}I_{500}$	7
31.80^{a-f}	1.69^{a-e}	7.40^{b-f}	28.80^{a}	78.33^{cd}	$N_{500}I_{1000}$	8
31.30^{d-h}	1.72^{a-e}	8.93^{a-c}	28.83^{a}	80.22^{cd}	$N_{500}I_{2000}$	9
29.98^{gh}	1.23^{ef}	7.46^{b-f}	27.50^{a}	72.65^{e-g}	$N_{500}I_{3000}$	10
29.81^{h}	1.39^{c-f}	6.70^{b-g}	25.03^{a}	70.39^{g}	$N_{1000}I_0$	11
33.05^{a-c}	2.09^{ab}	7.00^{b-f}	26.70^{a}	91.55^{b}	$N_{1000}I_{500}$	12
31.69^{a-f}	2.19^{a}	11.00^{a}	29.70^{a}	100.00^{a}	$N_{1000}I_{1000}$	13
31.77^{a-f}	1.81^{a-d}	7.56^{b-f}	28.53^{a}	97.50^{a}	$N_{1000}I_{2000}$	14
31.95^{a-e}	1.50^{c-f}	8.23^{b-d}	27.90^{a}	80.22^{cd}	$N_{1000}I_{3000}$	15
31.92^{a-e}	1.52^{c-f}	7.93^{b-e}	27.33^{a}	70.33^{g}	$N_{2000}I_0$	16
33.32^{ab}	1.68^{a-e}	7.40^{b-f}	28.33^{a}	78.39^{cd}	$N_{2000}I_{500}$	17
32.97^{a-d}	1.81^{a-c}	6.16^{d-g}	30.60^{a}	70.95^{fg}	$N_{2000}I_{1000}$	18
31.66^{b-g}	1.36^{c-f}	7.16^{b-f}	27.20^{a}	60.59^{h}	$N_{2000}I_{2000}$	19
31.55^{c-g}	1.55^{b-f}	6.80^{b-g}	26.76^{a}	64.22^{h}	$N_{2000}I_{3000}$	20
31.76^{a-f}	1.65^{a-e}	5.93^{d-g}	28.76^{a}	70.12^{g}	$N_{3000}I_0$	21
33.37^{a}	1.65^{a-e}	5.64^{e-g}	28.23^{a}	60.33^{hi}	$N_{3000}I_{500}$	22
31.12^{a-h}	1.49^{c-f}	5.40^{e-g}	27.80^{a}	70.33^{g}	$N_{3000}I_{1000}$	23
30.94^{a-h}	1.60^{b-e}	5.66^{e-g}	26.76^{a}	60.67^{h}	$N_{3000}I_{2000}$	24
30.37^{a-h}	1.65^{a-e}	5.43^{e-g}	28.16^{a}	78.95^{cd}	$N_{3000}I_{3000}$	25

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف همسان نیستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون حداقل (LSD)، تفاوت معنی‌دار دارند.

Means with different letters on the same column are significantly different ($P<0.05$) based on LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۳-

Continue Table 3.

شماره تیمار Treatment number	تیمارها Treatments	مقایسه میانگین Mean comparison				
		طول ریشه Root length (cm)	طول بلندترین ریشه Longest root length (cm)	تعداد ریشه Root number	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)
1	N_0I_0	3.16^{a-f}	4.73^{g-i}	6.13^{d-i}	8.15^{a-e}	7.62^{a-e}
2	N_0I_{500}	4.43^{a-e}	4.03^{i}	6.60^{c-h}	9.47^{ab}	7.90^{a-f}
3	N_0I_{1000}	2.80^{f}	5.50^{d-h}	7.06^{a-f}	7.23^{d-f}	6.32^{e-h}
4	N_0I_{2000}	3.63^{d-f}	6.96^{a-c}	6.73^{c-h}	8.43^{a-e}	6.94^{b-h}
5	N_0I_{3000}	3.53^{d-f}	4.46^{hi}	7.30^{a-f}	7.84^{b-f}	6.73^{c-h}
6	$N_{500}I_0$	4.73^{-d}	3.73^{i}	5.40^{h-j}	9.30^{a-c}	8.47^{a-c}
7	$N_{500}I_{500}$	4.00^{b-e}	6.03^{b-f}	6.93^{c-h}	9.08^{a-d}	7.54^{a-f}
8	$N_{500}I_{1000}$	3.16^{a-f}	6.23^{a-f}	5.80^{f-j}	7.35^{c-f}	6.30^{f-h}
9	$N_{500}I_{2000}$	3.76^{d-f}	5.80^{c-g}	7.40^{a-c}	8.33^{a-e}	7.20^{a-h}
10	$N_{500}I_{3000}$	4.03^{b-e}	5.26^{f-h}	7.46^{a-d}	9.12^{a-d}	7.90^{a-f}
11	$N_{1000}I_0$	4.83^{a-d}	6.53^{a-e}	7.86^{a-c}	9.90^{a}	8.85^{a}
12	$N_{1000}I_{500}$	4.20^{b-e}	7.18^{ab}	7.06^{b-g}	9.09^{a-d}	8.16^{a-e}
13	$N_{1000}I_{1000}$	4.60^{a-d}	7.30^{a}	8.70^{a}	7.70^{b-f}	6.50^{d-h}
14	$N_{1000}I_{2000}$	5.30^{ab}	6.16^{a-f}	8.53^{ab}	9.00^{a-d}	7.78^{a-f}
15	$N_{1000}I_{3000}$	3.80^{d-f}	5.56^{d-h}	6.06^{d-i}	8.28^{a-e}	7.27^{a-g}
16	$N_{2000}I_0$	4.06^{b-e}	6.46^{a-f}	6.83^{c-h}	7.84^{b-f}	6.92^{b-h}
17	$N_{2000}I_{500}$	4.10^{b-e}	6.70^{a-d}	6.30^{d-i}	8.27^{a-e}	7.14^{a-h}
18	$N_{2000}I_{1000}$	5.66^{a}	4.70^{g-i}	5.83^{e-j}	9.47^{ab}	8.73^{ab}
19	$N_{2000}I_{2000}$	4.20^{b-e}	5.87^{c-g}	5.80^{f-j}	8.10^{a-f}	7.05^{a-h}
20	$N_{2000}I_{3000}$	4.40^{a-e}	5.53^{d-h}	6.10^{d-i}	7.47^{c-f}	6.43^{d-h}
21	$N_{3000}I_0$	4.43^{a-e}	6.63^{a-d}	6.40^{d-i}	7.33^{c-f}	6.40^{d-h}
22	$N_{3000}I_{500}$	4.13^{b-e}	5.36^{e-h}	4.86^{i-j}	6.34^{f}	5.67^{gh}
23	$N_{3000}I_{1000}$	3.90^{c-f}	5.96^{b-f}	5.66^{g-j}	6.90^{ef}	6.07^{f-h}
24	$N_{3000}I_{2000}$	4.16^{b-e}	5.73^{d-g}	4.33^{j}	7.17^{c-f}	6.30^{f-h}
25	$N_{3000}I_{3000}$	4.10^{b-e}	5.76^{c-g}	5.56^{g-j}	6.18^{f}	5.10^{h}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف همسان نیستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون حداقل (LSD)، تفاوت معنی‌دار دارند.

Means with different letters on the same column are significantly different (P<0.05) based on LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف NAA و IBA روی تعداد و درصد ریشه‌زایی گیاهچه‌های شمشاد خزری (*Buxus hyrcana* Pojark.) (از راست به چپ: تیمارهای شماره ۱، ۹، ۱۷، ۱۱، ۵، ۱٤، ۲٤، ۱۳ و ٦) (مقیاس: ۱ سانتی‌متر).

Figure 1. The effect of differnet concentrations of NAA and IBA on the root number of *Buxus hyrcana* Pojark. (From right to left: treatments of 1, 9, 17, 11, 5, 14, 24, 13 and 6) (Scale bar: 1 cm).

ریشه‌زایی، مهم‌ترین عامل موفقیت ازدیاد گیاهان توسط قلمه است، که استفاده صحیح از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی آن را تسریع می‌کند. ریشه‌زایی با کمیت و کیفیت مناسب، نقش مؤثری در بقای قلمه‌های گیاهی به‌ویژه قلمه‌های به‌دست آمده از درختان و درختچه‌های سخت‌ریشه‌زا دارد. اغلب مطالعات ریشه‌زایی در گیاهان، روی گونه‌های سخت‌ریشه‌زا تمرکز دارد. مطالعه کمی روی ریشه‌زایی شمشاد خزری (*Buxus hyrcana* Pojark.)، انجام شده است. در مطالعات ریشه‌زایی قلمه‌ها، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌ویژه اکسین‌ها نقش بسیار مهمی دارند. از اکسین‌ها برای تحریک تشکیل ریشه‌های نابجا به‌ویژه در گیاهان چوبی در سراسر جهان استفاده می‌شود (۸، ۱٦، ۲٤، ۳۲). بیشترین اکسین‌های مورد استفاده در ریشه‌زایی، NAA و IBA می‌باشند (۱۲، ۲٦). در مطالعه حاضر، نقش NAA و IBA در تحریک ریشه‌زایی و رشد ریشه، یکسان تشخیص داده شد و برتری قابل‌توجهی بین این دو هورمون دیده نشد. بر خلاف یافته‌های این پژوهش، در بیش‌تر بررسی‌های انجام‌شده روی ریشه‌زایی در قلمه گیاهان مختلف، IBA، کاراتر و مؤثرتر از NAA گزارش شده است (۷ و ۲٦). علت اصلی این تنوع در نتایج گزارش‌شده، تفاوت در عوامل ژنتیکی و نوع و میزان هورمون‌های درون‌زا است. به‌عنوان مثال، مطالعه روی توت (*Morus alba* L.) نشان داد که بیش‌ترین درصد ریشه‌زایی در قلمه‌های تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد (۲٦). بررسی روی ریشه‌زایی قلمه‌های فیکوس (*Ficus benjamina* L.) نشان از برتری غلظت ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA برای تحریک ریشه‌زایی و غلظت ٦۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن برای تعداد ریشه داشت (۲۵). مطالعه روی مرکبات (*Citrus* spp.) نشان داد که تیمارهای مناسب هورمونی برای ریشه‌زایی قلمه‌های سخت‌ریشه‌زا، تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و تیمار ترکیبی این هورمون و NAA بود (۱۱). تیمار هورمون IBA، زمان مورد نیاز برای ظهور ریشه را در گیاهان سخت‌ریشه‌زا کاهش می‌دهد (۲٦ و ۳۰). پژوهش روی بلوبری (*Vaccinium corymbosum* L.) آشکار کرد که هر دوی NAA و IBA در غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ریشه‌زایی بیش‌تری را نسبت به سایر غلظت‌ها القا کردند، اگرچه IBA موجب تولید تعداد بیش‌تری ریشه شد (۷). پژوهشگران معتقدند که علت اصلی نقش موفقیت‌آمیز IBA در

www.SID.ir

Archive of SID

ریشه‌زایی، فعالیت پایین این هورمون اکسینی و تجزیه آهسته آن توسط آنزیم‌های تجزیه‌کننده اکسین است (۷). در مطالعه حاضر، IBA وقتی بیش‌ترین تحریک را در ریشه‌زایی داشت که با غلظت مساوی با NAA به‌کار رفت.

ارتفاع گیاه: اختلاف ارتفاع گیاهان شمشاد خزری در نمونه‌های رشدیافته تحت غلظت‌های ترکیبی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (NAA و IBA) معنی‌دار نبود (جدول ۱).

تعداد گره: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده NAA و برهمکنش IBA × NAA بر تعداد گره در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر ساده IBA بر تغییرات تعداد گره معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین اثر ساده NAA نشان داد که بیش‌ترین تعداد گره (۷/٤۰ عدد) در تیمار۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که البته به لحاظ آماری با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۲). کم‌ترین تعداد گره (٦/۲۳ عدد) از تیمار شاهد به‌دست آمد. بیشینه تعداد گره (۱۱/۰۰ عدد) در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA حاصل شد. کمینه تعداد گره (۵/۰٦ عدد)، در گیاهان شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). قلمه‌های تیمارشده با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و قلمه‌های تیمارشده با ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با همه غلظت‌های IBA با تولید حدود ۵ عدد گره در هر گیاه، تیمارهای مناسبی نبودند (جدول ۳). بنابراین، ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA برای افزایش بهینه تعداد گره توصیه نمی‌شود.

سطح برگ: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر ساده IBA و برهمکنش IBA × NAA بر تغییر سطح برگ به‌ترتیب در سطح احتمال یک (P≤۰/۰۱) و ۵ درصد (P≤۰/۰۵) معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر ساده IBA نشان داد که بالاترین سطح برگ (۱/۷۹ سانتی‌مترمربع) مربوط به سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود (جدول ۲). بین سطوح ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۲). نتایج ارایه‌شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که بیش‌ترین سطح برگ (۲/۱۹ سانتی‌مترمربع) در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد. همچنین، تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با القای ۲/۰۹ سانتی‌مترمربع سطح برگ، تیمار مناسبی بود. کم‌ترین سطح برگ (۱/۰۳ سانتی‌متر) در گیاهان تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بدون NAA مشاهده شد. از بررسی نتایج به‌دست آمده می‌توان دریافت که این دو تنظیم‌کننده رشد گیاهی زمانی اثر مثبتی روی افزایش سطح برگ دارند که با غلظت مناسب در ترکیب با یکدیگر به‌کار روند.

در مطالعه حاضر ارتباط بسیار نزدیکی بین افزایش تعداد ریشه و افزایش سطح برگ دیده شد، به‌طوری‌که بیشینه سطح برگ در گیاهانی مشاهده گردید که بیشینه تعداد ریشه را داشتند. برعکس، ارتباط مستقیمی بین افزایش طول ریشه و افزایش سطح برگ مشاهده نشد. استفاده از غلظت‌های مناسب NAA و IBA باعث افزایش تعداد ریشه می‌شود که خود این ریشه‌های زیاد با افزایش سطح جذب آب، مواد معدنی و مواد آلی، موجب افزایش سطح برگ می‌گردند. این ارتباط منطقی در طی مقایسه بین تعداد ریشه و تعداد شاخساره در مطالعه برخی پژوهشگران گزارش شده است (۲٦). مطالعه روی توت آشکار کرد که بیش‌ترین تعداد برگ، در قلمه‌های تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و کم‌ترین تعداد آن در قلمه‌های شاهد شمارش شدند (۲٦). نتیجه مشابهی توسط استانکاتو و همکاران (۲۸) در *Rhipsali grandiflora* Haw. گزارش شد. کاربرد اکسین

www.SID.ir

Archive of SID

ساخته‌شده در غلظت بالا می‌تواند نمو جوانه روی قلمه ساقه را ممانعت نماید.

تعداد برگ: داده‌های حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که تعداد برگ در گیاه، تحت‌تأثیر غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (NAA و IBA)، به‌تنهایی و در ترکیب با یکدیگر قرار دارد ($P\leq ۰/۰۱$). بیشینه تعداد برگ (۳۳/۳۷ عدد) در گیاهان تیمارشده با ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA شمارش شد. گیاهان تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با دارابودن ۳۳/۳۲ عدد برگ در گیاه، گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با دارابودن ۳۳/۰۵ عدد برگ در گیاه و گیاهان تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با دارابودن ۳۲/۹۷ عدد برگ در گیاه، تیمارهای مناسبی برای افزایش تعداد برگ گیاه شمشاد خزری بودند (جدول ۳، شکل ۲). این نتیجه نشان می‌دهد که غلظت‌های مختلف NAA چنان‌چه با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA استفاده شوند، بیش‌ترین نقش را در افزایش تعداد برگ دارند. کمینه تعداد برگ (۲۹/۸۱ و ۲۹/۹۸ عدد در گیاه) به‌ترتیب در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA بدون IBA و گیاهان تیمارشده با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA مشاهده گردید. سایر تیمارهایی که در آن‌ها غلظت NAA و یا IBA صفر بود، بعد از دو تیمار فوق، کم‌ترین تعداد برگ را القا کردند (جدول ۳). بنابراین، حضور هر دوی این تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی برای افزایش بهینه تعداد برگ ضروری است. در میان تمام غلظت‌های NAA استفاده‌شده به‌تنهایی، بیشینه تعداد برگ (با ۳۲/۵۷ عدد) در گیاهان تیمارشده با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر القا شد. بقیه تیمارها به لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند. از طرف دیگر، در میان تمام غلظت‌های IBA استفاده‌شده به‌تنهایی، بیشینه تعداد برگ (با ۳۲/۳۰ عدد) در گیاهان تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر القا شد (جدول ۲).

شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف NAA و IBA روی تعداد برگ گیاهچه‌های شمشاد خزری (*Buxus hyrcana* Pojark.) (از راست به چپ: تیمارهای شماره ۲۲، ۱۲ و ۱۱) (مقیاس: ۱ سانتی‌متر).

Figure 2. The effect of differnet concentrations of NAA and IBA on the leaf number of *Buxus hyrcana* Pojark. (From right to left: treatments of 22, 12 and 11) (Scale bar: 1 cm).

www.SID.ir

Archive of SID

طول ریشه: اختلاف طول ریشه ایجاد شده در قلمه‌های گیاهان شمشاد خزری، در نمونه‌های رشدیافته تحت غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (NAA و IBA)، به‌تنهایی و در ترکیب با یکدیگر در سطح احتمال ۵ درصد ($P\leq$۰/۰۵) معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که بیش‌ترین طول ریشه (۵/٦٦ سانتی‌متر) در گیاهان تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد. قلمه‌های تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با تحریک رشد ریشه به‌میزان ۵/۳۰ سانتی‌متر نیز تیمار مناسبی بودند. کم‌ترین طول ریشه (۲/۸۰ سانتی‌متر) در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بدون NAA به‌دست آمد (جدول ۳، شکل ۳). یافته‌ها نشان می‌دهند که ارتباط مستقیمی بین افزایش طول ریشه و افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد NAA و IBA وجود ندارد. با نگاهی به جدول ۲ می‌توان دریافت که از میان تمام تیمارهای NAA، بیشینه طول ریشه (با ٤/٥٨ سانتی‌متر)، در گیاهان شاهد القا شد. از طرف دیگر، در میان تمام غلظت‌های IBA استفاده‌شده به‌تنهایی، بیشینه طول ریشه (با ٤/٥٤ و ٤/٤٨ سانتی‌متر در گیاه) در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر القا شد که به لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۲). این اختلاف در طول ریشه نشان می‌دهد که نقش IBA در القای طول ریشه بحرانی‌تر از نقش NAA است.

شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف NAA و IBA روی طول ریشه گیاهچه‌های شمشاد خزری (*Buxus hyrcana* Pojark.) (از راست به چپ: تیمارهای شماره ۱۱، ۱٦، ۲، ۵، ۱٤، ۸، ۱۸، ۳ و ۱) (مقیاس: ۱ سانتی‌متر).

Figure 3. The effect of differnet concentrations of NAA and IBA on the root length of *Buxus hyrcana* Pojark. (From right to left: treatments of 11, 16, 2, 5, 14, 8, 18, 3 and 1) (Scale bar: 1 cm).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که همانند اثر NAA و IBA روی تعداد ریشه، در ارتباط با طول ریشه نیز، بالاترین اثر زمانی گذاشته می‌شود که از هر دوی این دو هورمون در غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده شود. غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA تنها تیمارهایی بودند که طول ریشه را بیش از ۵ سانتی‌متر تحریک کردند. مشابه این یافته‌ها، مطالعه‌ای روی گیاه خرزهره (*Nerium oleander*) نشان داد که غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA باعث افزایش و غلظت ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر این هورمون باعث کاهش ریشه‌زایی در قلمه‌ها شد (۲۱).

www.SID.ir

Archive of SID

مناسب‌بودن غلظت‌های بالای IBA برای افزایش طول ریشه توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش گردید (۲٤ و ۳۱). علت اصلی این تنوع در غلظت هورمونی، تفاوت ژنوتیپی است. در بررسی حاضر، کم‌ترین طول ریشه با کاربرد صفر و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA (کم‌ترین و بیش‌ترین غلظت) مشاهده شد. برخلاف نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، در برخی گیاهان دیگر، بالاترین طول ریشه در غلظت‌های ۳۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد (۱۵). مطالعه سینگ و همکاران (۲٦) روی توت نشان داد که بیشینه طول ریشه، در قلمه‌های تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، همچنین ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA به‌دست آمد. رشد بیش‌تر ریشه، جذب و انتقال بیش‌تر مواد غذایی از خاک به برگ‌ها را به‌دنبال دارد که پیامد آن، افزایش متابولیسم گیاه است (۲۷). برخی پژوهشگران دیگر، اثر بازدارندگی غلظت‌های بالای اکسین‌ها را در تحریک طول ریشه در سایر گیاهان نشان دادند. نوع گونه، میزان اکسین‌های درون‌زا، برهمکنش تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی با یکدیگر به‌ویژه اثر اکسین‌ها و اتیلن، بسترهای کشت و سایر شرایط محیطی در ایجاد این تفاوت‌ها نقش دارند.

طول طویل‌ترین ریشه: اثر غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی (NAA و IBA) روی طول طویل‌ترین ریشه در سطح احتمال یک درصد (P≤۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشینه طویل‌ترین طول ریشه (۷/۳۰ سانتی‌متر) در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA مشاهده شد. قلمه‌های تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با تحریک رشد ریشه به‌میزان ۷/۱۸ سانتی‌متر نیز تیمار مناسبی بود. کمینه طول طویل‌ترین ریشه (۳/۷۳ سانتی‌متر) در گیاهان تیمارشده با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA بدون IBA مشاهده شد (جدول ۳، شکل ٤). قلمه‌های تیمارشده با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بدون NAA با تحریک رشد ریشه به‌میزان ٤/۰۳ سانتی‌متر نیز تیمار مناسبی نبود. نتایج به‌دست آمده به‌وضوح نشان می‌دهد که هر دوی IBA و NAA زمانی قابلیت تحریک مناسب رشد ریشه را خواهند داشت که همراه با هم و در غلظت‌های مناسب به‌کار روند.

شکل ٤- اثر غلظت‌های مختلف NAA و IBA روی طول طویل‌ترین ریشه گیاهچه‌های شمشاد خزری (*Buxus hyrcana* Pojark.) (از راست به چپ: تیمارهای شماره ٦، ۱، ۱۲، ۱۸، ۲، ۱۷، ۲۲، ۲۱ و ۱۳) (مقیاس: ۱ سانتی‌متر).

Figure 4. The effect of differnet concentrations of NAA and IBA on the longest root length of *Buxus hyrcana* Pojark. (From right to left: treatments of 6, 1, 12, 18, 2, 17, 22, 21 and 13) (Scale bar: 1 cm).

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد ریشه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر ساده IBA و برهمکنش IBA × NAA بر ریشه‌زایی معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۱$). اثر ساده NAA بر تغییر تعداد ریشه معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین اثر ساده IBA نشان داد که بیش‌ترین تعداد ریشه (۷/۶۸) مربوط به سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود (جدول ۲). بین سطوح ۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و سطح شاهد اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. مقایسه میانگین برهمکنش NAA و IBA آشکار کرد که بیش‌ترین (۸/۷۰) و کم‌ترین (٤/۳۳) تعداد ریشه به‌ترتیب در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA مشاهده شد. تعداد ریشه (۸/۵۳) در قلمه‌های تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA نیز بالا بود که به لحاظ آماری با تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۳، شکل ۱). یافته‌های پژوهش حاضر روی تعداد ریشه نشان داد که IBA تیمار بهتری نسبت به NAA برای تحریک تولید ریشه در قلمه‌ها است. همچنین غلظت‌های بالاتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA برای تحریک تولید ریشه مناسب نیستند.

مطالعه حاضر آشکار کرد که کم‌ترین تعداد ریشه در قلمه‌هایی شمارش شدند که تحت تیمار IBA قرار نگرفتند و یا غلظت NAA، بالا (۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. همچنین، در غلظت صفر و یا ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA، کم‌ترین طول ریشه القا شد. بنابراین، در پژوهش حاضر مشخص شد که غلظت این دو تنظیم‌کننده رشد، نقش مؤثرتری نسبت به حضور یا عدم حضور یک یا هر دوی آن‌ها در تحریک تولید ریشه دارد، به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد ریشه در قلمه‌های تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر از هر دوی NAA و IBA در ترکیب با یکدیگر شمارش گردید. مطالعه روی اثر هر یک از غلظت‌های مختلف NAA و IBA به‌تنهایی در شمشاد (*Buxus sempervirens* L.) نشان از برتری NAA نسبت به IBA در افزایش تعداد ریشه داشت، به‌طوری‌که بالاترین درصد ریشه‌زایی در قلمه‌های تیمارشده با غلظت ۳۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA به‌دست آمد (۲۰). البته در پژوهش ما، غلظت ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA نسبت به غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن، تعداد ریشه بیش‌تری را تحریک کردند. یکی از علت‌های محتمل آن، تفاوت در زمان قلمه‌گیری است.

نتایج مشابه و متفاوت با یافته‌های حاضر توسط برخی پژوهشگران ارائه شده است (۱۷). علت اصلی این نتایج، تفاوت در میزان هورمون‌های درون‌زا در گونه‌های مختلف است. نوع قلمه (نرم، نیمه‌خشبی و خشبی) نیز نقش مؤثری در این تفاوت‌ها ایفا می‌کند (۱۷). مطالعه‌ای روی انگور (*Vitis vinifera*) آشکار کرد که قلمه‌های تیمارشده با ٤۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، بیش‌ترین تعداد ریشه، بالاترین طول ریشه و بیش‌ترین وزن تر و خشک گیاه را داشتند (١٤). این نتیجه در پژوهش ما نیز به‌دست آمد، به‌طوری‌که اگر فقط به اثر غلظت‌های مختلف IBA به‌تنهایی توجه شود، بیش‌ترین تعداد ریشه در بالاترین غلظت این هورمون مشاهده شد.

هورمون گیاهی NAA یک هورمون قوی مصنوعی است که در غلظت‌های زیاد اثر منفی روی ریشه‌زایی اغلب گونه‌های گیاهی دارد. گزارش علیزاده و گریگوریان (۱) نشان داد که افزایش غلظت NAA از ۱۰۰۰ به ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ریشه‌زایی را در قلمه‌های نیمه‌خشبی دورگه بادام- هلو افزایش داد، در حالی‌که غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر این هورمون، کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

ریشه‌زایی را به‌دنبال داشت. مناسب‌بودن غلظت‌های بالای IBA (۶۰۰۰ و ۸۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) برای ریشه‌زایی در کار برخی پژوهشگران نشان داده شد (۹، ۱۲ و ۳۱). این نتیجه در این پژوهش به‌دست نیامد، به‌طوری‌که حتی بالاترین غلظت مورد استفاده از هر دوی NAA و IBA که ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود، مناسب تشخیص داده نشد. البته همان‌طور که ذکر شد، باید به تفاوت‌های گونه‌ای و غلظت هورمون‌های درون‌زا توجه کرد. مطالعه بروندانی و همکاران (۸) روی اثر غلظت‌های مختلف IBA بر ریشه‌زایی قلمه‌های گیاه اوکالیپتوس (*Eucalyptus benthamii*) نشان داد که سریع‌ترین و بالاترین درصد ریشه‌زایی، در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر این هورمون به‌دست آمد. این پژوهشگران همچنین از غلظت‌های ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌عنوان غلظت‌های مناسب برای ریشه‌زایی یاد کردند که با پژوهش حاضر همخوانی ندارد. علت اصلی این موضوع، تفاوت گونه‌ای است (۱۱). مشخص شده است که IBA القای ریشه‌های نابجا در طی تکثیر رویشی را افزایش داد (۱۳)، اما بسته به سبک مدیریت و مواد ژنتیکی، غلظت‌ها برای به‌دست آمدن مقادیر ریشه‌زایی بهتر باید تنظیم شود (۱۰).

وزن تر ریشه: اثر غلظت‌های مختلف NAA و برهمکنش NAA × IBA بر وزن تر ریشه در سطح احتمال ۵ درصد ($P\leq ۰/۰۵$) و اثر غلظت‌های مختلف IBA در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۱$) (جدول ۱). بیشینه وزن تر (۹/۹۰ گرم) در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA بدون IBA مشاهده شد. کمینه وزن تر (۶/۱۸ گرم) در گیاهان تیمارشده با ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد (جدول ۳). اکثر قلمه‌هایی که با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA تیمار شدند، دارای وزن تر کم‌تری نسبت به بسیاری از تیمارهای دیگر بودند.

وزن خشک ریشه: اثر غلظت‌های مختلف NAA و برهمکنش NAA × IBA بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال ۵ درصد ($P\leq ۰/۰۵$) و اثر غلظت‌های مختلف IBA در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۱$) (جدول ۱). بیشینه وزن خشک (۸/۸۵ گرم) در گیاهان تیمارشده با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA بدون IBA مشاهده شد. کمینه وزن خشک (۵/۱۰ گرم) در گیاهان تیمارشده با ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌دست آمد (جدول ۳). اکثر قلمه‌هایی که با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA تیمار شدند، دارای وزن خشک کم‌تری نسبت به بسیاری از تیمارهای دیگر بودند.

پژوهش حاضر نشان داد که بیشینه وزن تر و وزن خشک ریشه‌ها در گیاهان تیمارشده با یکی از دو تنظیم‌کننده رشد NAA و IBA به‌دست آمد، اگرچه در تیمارهای ترکیبی نیز افزایش وزن تر و وزن خشک قابل‌توجهی مشاهده شد. در این پژوهش، تفاوت قابل‌توجهی بین این دو هورمون در ارتباط با افزایش وزن تر و وزن خشک مشاهده نشد. همچنین ارتباط مستقیمی بین افزایش تعداد و طول ریشه با افزایش وزن تر و وزن خشک ریشه یافت نشد. بنابراین، عوامل مؤثر در افزایش وزن تر و وزن خشک ریشه را باید در علت‌های دیگر جستجو کرد. کم‌ترین وزن تر و وزن خشک در تیمارهایی یافت شد که در آن‌ها غلظت NAA در بالاترین حد بود. نقش مثبت NAA و IBA در افزایش وزن تر و وزن خشک ریشه در گونه‌های مختلف گزارش شد (۱۵). این پژوهشگران علت افزایش وزن تر و وزن خشک ریشه‌ها را در نتیجه تأثیر مثبت این تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر افزایش درصد ریشه‌زایی و تولید ریشه‌های با کیفیت بهتر می‌دانند. در گزارش این پژوهشگران، کاربرد بیش از حد بهینه این هورمون‌ها با اثر منفی بر تولید شاخساره، تولید ریشه را نیز کاهش می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

در مجموع، پژوهشگران زیادی نقش مثبت اکسین‌ها را در تحریک ریشه‌زایی نشان دادند، اگرچه غلظت‌های بالای اکسین‌ها باعث آسیب به پایه قلمه‌ها می‌شود (۱۹). یکی از مهم‌ترین نقش‌های اکسین‌ها در گیاهان، تحریک تشکیل ریشه‌های نابجا است. اکسین‌ها این نقش را با تحریک تقسیم سلولی ایفا می‌نمایند. اولین تقسیم سلول ریشه و جابجایی ریزوکالین محرک به ناحیه ریشه‌زایی و فعال‌سازی آن‌ها، در حضور اکسین در ناحیه ریشه انجام می‌شود (۱۵). تعادل هورمونی در گیاه نقش بسیار مهمی در تنظیم بسیاری از فعالیت‌های گیاهی از جمله ریشه‌زایی در قلمه‌ها ایفا می‌کند. بسیاری از قلمه‌ها حاوی مقادیری اکسین هستند، بنابراین کاربرد غلظت‌های بالای اکسین به‌منظور تحریک تقسیم سلولی و ریشه‌زایی در این قلمه‌ها، تعادل هورمونی را به‌هم زده و از ریشه‌زایی مناسب، ممانعت به‌عمل می‌آورد (۱۸). فرموله‌کردن و شکل کاربرد اکسین‌ها نیز نقش مهمی در درصد موفقیت ریشه‌زایی دارند (۲، ۸ و ۳۳). تفاوت‌های ژنوتیپی در این ارتباط دارای اهمیت فراوان است (۳، ۱۰ و ۲۹). کاربرد اکسین، خصوصیات بافت‌شناسی (هیستولوژیکی) مانند تشکیل کالوس و بافت، همچنین تمایز بافتی را افزایش می‌دهد (۱٤ و ۲۷). عوامل دیگری از جمله دوره زمانی (یا فصلی) که قلمه برداشته می‌شود، نوع قلمه، نوع بافت قلمه، نوع و محل ساقه‌ای که از آن قلمه برداشته می‌شود، شرایط فیزیولوژیکی و تغذیه‌ای گیاه، مرحله نموی قلمه، نوع و مقدار هیدرات‌های کربن موجود در گیاه، میزان انتقال این هیدرات‌های کربن از برگ‌ها به ریشه‌ها، حضور و میزان ترکیبات فنلی، ترکیبات نیتروژنی، کوفاکتورها و غیره، علاوه بر نوع و غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، در ظرفیت ریشه‌زایی قلمه‌های ساقه نقش دارند (۷، ۱۱، ۱۵ و ۲۳).

نتیجه‌گیری کلی

قلمه ساقه برگی چوب‌سخت شمشاد خزری می‌تواند به‌طور موفقیت‌آمیزی، با کاربرد خارجی ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA ریشه‌دار و تکثیر گردد. ازدیاد توسط قلمه ساقه، یک روش سریع برای پرآوری این گونه است. استفاده از سایر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌ویژه اکسین‌ها در غلظت‌های مختلف برای ارزیابی توان القای ریشه‌زایی آن‌ها در قلمه‌های ساقه شمشاد خزری پیشنهاد می‌شود.

منابع

1.Alizadeh, A. and Grigorian, G. 2002. Rooting assessments of semi hardwood cuttings of almond - peach hybrid under mist conditions. Iran. J. Hort. Sci. Technol. 2:3. 143-154.

2.Almeida, F.D., Xavier, A., Dias, G.M.M. and Paiva, H.N. 2007. Auxin (IBA and NAA) effects on minicuttings rooting of *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. Clones. Revista Árvore. 31: 3. 455-463.

3.Bennett, I.J., McComb, J.A., Tonkin, C.M. and Mcdavid, D.A.J. 1994. Alternating cytokinins in multiplication media stimulates *in vitro* shoot growth and rooting of *Globulus labill*. Ann. Bot. 74: 8-53.

4.Biasi, R., Marino, G. and Costa, G. 1990. Propagation of Hayward (*Actinidia deliciosa*) from soft and semi-hardwood cuttings. Acta Hort. 282: 243-250.

5.Blazich, F.A. 1989. Mineral nutrition and adventitious rooting. P 61-69, In: T.D. Davis, B.E. Haissig and Sankhla (eds), Adventitious root formation in cuttings, Dioscorides Press, Portland, OR.

www.SID.ir

Archive of SID

6.Blythe, G., Denlay, T., Sibley, A. and Jeff, L. 2000. Influence of commercial auxin formulation on cuttings of *Camellia* cultivars. SNA Res. Config. 45: 303-306.
7.Braha, S. and Rama, P. 2016. The effects of indol butyric acid and naphthalene acetic acid of adventitious root formation to green cuttings in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). Intl. J. Sci. Res. 5: 7. 876-879.
8.Brondani, G.E., Baccarin, F.J.B., Ondas, H.W.W., Stape, J.L., Gonçalves, A.N. and Almeida, M.D. 2012. Low temperature, IBA concentrations and optimal time for adventitious rooting of *Eucalyptus benthamii* mini-cuttings. J. For. Res. 23: 4. 583-592.
9.Cangi, R., Bostan, S.Z. and Yýlmaz, M. 2001. The effects of different treatments on the rooting of hardwood cuttings of Hayward kiwi cultivar. OMUZF Dergisi. 16: 35-37.
10.Corrêa, L.R. and Fett-Neto, A.G. 2004. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. J. Therminol. Biol. 29: 6. 315-324.
11.Davidović, V., Popović, R. and Radulović, M. 2015. Influence of IBA and NAA (0.8%) + (IBA 0.5%) phytoregulators to the risogenesis of the mature lemon tree-shoots (*Citrus limon* (L.) Burm. and *Citrus meyearii* Y. Tan.). Agric. For. 61: 2. 243-250.
12.Ferri, V.C., Kersten, E. and Machado, A.A. 1996. Effect of indole-3-butyric acid on the rooting of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) Hayward cultivar. Rev. Bras. Agron. 2: 63-66.
13.Fukaki, H., Okushima, Y. and Tasaka, M. 2007. Auxin-mediated lateral root formation in higher plants. Intl. Rev. Cytol. 256: 111-137.
14.Galavi, M., Karimian, M.A. and Mousavi, S.R. 2013. Effects of different auxin (IBA) concentrations and planting-beds on rooting grape cuttings (*Vitis vinifera*). Ann. Rev. Res. Biol. 3: 4. 517-523.
15.Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davis, F.T. and Genere, R.L. 1997. Plant propagation: Principles and practices. (6th edition), Prentice Hall International INC, USA, Pp: 40-46.
16.Hunt, M.A., Trueman, S.J. and Rasmussen, A. 2011. Indole-3-butyric acid accelerates adventitious root formation and impedes shoot growth of *Pinus elliottii* var. *elliottii* × *P. carea* var. Hondurensis cuttings. New Fores. 41: 3. 349-360.
17.Ibrahim, M.E., Mohamed, M.A. and Khalid, K.A. 2015. Effect of plant growth regulators on the rooting of lemon verbena cutting. Mater. Environ. Sci. 6: 1. 28-33.
18.Jull, L.G., Warren, S.L. and Blazich, F.A. 1994. Rooting yoshinocryptomeria stem cutting as influenced by growth stage, branch order IBA treatment. Sci. Hort. 29: 12. 1532-1535.
19.Kasim, N.E. and Rayya, A. 2009. Effect of different collection times and some treatments on rooting and chemical interminal constituents of bitter almond hard wood cutting. J. Agric. Biol. Sci. 5: 2. 116-122.
20.Langé, P.P. 2014. Effecto de auxinas en el enraizamiento de estaquillas de *Buxus sempervirens* L. en distintas épocas aňo. M.Sc. Thesis, Universidad Nacional Del Litoral.
21.McGuire, J.J., Albert, I.S. and Shutak, V.K. 1998. Effect of foliar applications of 3-indolbutyric acid on rooting of cuttings of ornamental plants. Amer. Soc. Hort. Sci. 93: 699-704.
22.Orhan, I.E., Sinem, A.E., Fatma, S.S. and Murat, K.B.S. 2012. Exploration of cholinesterase and tyrosinase inhibitory, antiprotozoal and antioxidant effects of *Buxus sempervirens* L. (boxwood). Indus. Crops Prod. 40: 116-121.
23.Rosier, C.L., Frampton, J., Goldfarb, B., Blazich, F.A. and Wise, F.C. 2006. Improving the rooting capacity of stem cuttings of Virginia pine by severe stumping of parent trees. Soutern J. Appl. Fores. 30: 4. 172-181.
24.Schwambach, J., Ruedell, C.M., Almeida, M.R., Penchel, R.M., Araújo, E.F. and Fett-Neto, A. 2008. Adventitious rooting of *Eucalyptus globulus* × *maidennii* mini-cuttings derived from mini-stumps grown in sand bed and intermittent flooding trays: a comparative study. New Fores. 36: 3. 261-271.
25.Shirzad, M., Sedaghathoor, Sh. and Hashemabadi, D. 2012. Effect of media and different concentrations of IBA on rooting of '*Ficus benjamina* L.' cutting. J. Ornamen. Plants. 2: 1. 61-64.

www.SID.ir

Archive of SID

26.Singh, K.K., Choudhary, T. and Kumar, A. 2014. Effect of various concentrations of IBA and NAA on the rooting of stem cuttings of mulberry (*Morus alba* L.) under mist house condition in Garhwal hill region. Ind. J. Hill Farm. 27: 1. 74-77.
27.Singh, K.K., Rawat, J.M.S., Tomar, Y.K. and Kumar, P. 2013. Effect of IBA concentration on inducing rooting in stem cuttings of *Thuja compecta* under mist house condition. Hort. Flora Res. Spect. 2: 1. 30-34.
28.Stancato, G.C., Aguiar, F.F.A., Kanashiro, S. and Tavares, A.R. 2003. *Rhipsali grandiflora* Haw. Propagation by stem cuttings. Sci. Agric. 56: 185-190.
29.Stape, J.L., Gonçalves, J.L.M. and Gonçalves, A.N. 2001. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil. New Fores. 22: 1-2. 19-41.
30.Sulusoglu, M. and Cavusoglu, A. 2010. Vegetative propagation of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) using semihardwood cuttings. Afr. J. Agric. Res. 5: 23. 3196-3202.
31.Ucler, A., Parlak, S. and Yucesan, Z. 2004. Effects of IBA and cutting dates on the rooting ability of semi-hardwood kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) cuttings. Turk. J. Agric. 28: 195-201.
32.Wendling, I., Brondani, G.E., Dutra, L.F. and Hansel, F.A. 2010. Mini-cuttings technique: a new *ex vitro* method for clonal propagation of sweetgum. New Fores. 39: 3. 343-353.
33.Wendling, I. and Xavier, A. 2005. Indolbutiric acid and serial minicutting technique on rooting and vigor of *Eucalyptus grandis* clone minicuttings. Rev. Árvore. 29: 6. 921-930.

www.SID.ir