برهم‌کنش *IBA* و کود زیستی بر ریشه‌زایی قلمه اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis Dehnh*)

Interaction of IBA and Bio-Fertilizer on Rooting of Eucalyptus Cuttings

محسن رجبی[۱]، مهرداد چایچی[۲] و علی عزیزی[۳*]

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۹/۱۶

چکیده

یکی از روش‌های تکثیر گیاه اکالیپتوس(*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) از طریق قلمه است. با این وجود قلمه‌های این گیاه به راحتی ریشه‌دار نشده و معمولاً نیاز به تیمارهای هورمونی ویژه دارند. در یک پژوهش گلخانه‌ای به‌منظور بررسی برهم کنش هورمون اکسین و روش تغذیه کودی در فرایند ریشه‌زایی، تأثیر غلظت‌های مختلف IBA و دو نوع کود زیستی (بارور و نیتروکسین) به همراه کود محلول معدنی (شیمیایی) بر ریشه‌زایی قلمه‌های اکالیپتوس مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور اکسین IBA (در پنج سطح، شامل غلظت‌های صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ ppm) و تغذیه کودی (در چهار سطح شامل ۱- کود بارور + نصف کود کامل معدنی،۲- نیتروکسین + نصف کود کامل معدنی، ۳- نصف کود کامل معدنی و ۴-کود کامل معدنی) در پنج تکرار انجام گرفت. صفاتی از قبیل تعداد ریشه، طول ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و درصد ریشه‌زایی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که استفاده از کودهای بیولوژیک باعث افزایش معنی‌دار در بروز صفات مورد اندازه‌گیری نسبت به تیمار با کود شیمیایی شدند. برهمکنش بین کود زیستی و IBA روی تمام صفات مورد ارزیابی معنی‌دار بود به‌طوری‌که استفاده از مقادیر نسبتاً پایین هورمون IBA به غلظت ۵۰۰ ppm به‌همراه کودهای زیستی سبب ایجاد بیشترین وزن خشک ریشه شدند و بـه تبع آن ریشـه‌های ضخیم‌تری تولید شد. مصرف مقادیر نسبتاً بالای اکسین IBA به غلظت ۲۰۰۰ ppm همراه با کودهای زیستی به‌صورت توأم، بیشترین درصد ریشه‌زایی را در قلمه‌ها نسبت به استفاده از کودهای شیمیایی به همراه داشت. غلظت ۵۰۰ ppm باعث افزایش میانگین صفات وزن تر و وزن خشک ریشه گردید. در نتیجه ریشه‌های قطورتری تشکیل شدند. با توجه به این ضخیم‌تر بودن ریشه‌ها ریسک جابجایی نهال کاهش می‌یابد. برهم کنش (اثر متقابل) هورمون ۲۰۰۰ ppm به‌همراه هر دو نوع کود زیستی درصد ریشه‌زایی را افزایش داد. بنابراین، این ترکیبات همسو با هورمون، قابلیت ریشه‌زایی را افزایش می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: اکالیپتوس، قلمه، ریشه‌زایی، اکسین، کود زیستی

۱. کارشناس‌ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشگاه جامع علمی کاربردی، مرکز آموزش علمی کاربردی جهادکشاورزی، همدان
۲. مربی پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان، همدان
۳. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان
*: نویسنده مسئول Email: Azizi@basu.ac.ir

مقدمه

جنس اکالیپتوس *Eucalyptus* درختی است از خانواده مورد (*Myrtaceae*) که دارای حدود ۶۰۰ گونه بوده و خاستگاه اصلی آن استرالیاست (*گوپتا و ماسکارهانس*[1]،1987). اکثر گونه‌های این گیاه، درختانی با ارتفاع زیاد هستند. اکالیپتوس یکی از گیاهان دارویی است که از دیر باز اثرات ضدمیکروبی و خواص دیگر آن مورد توجه بوده است. این گیاه غنی از پل‌فنل‌ها و ترپنوئیدهاست و ترکیب اصلی اسانس برگ آن بسته به گونه و شرایط رویشگاه می‌تواند اکالیپتول یا سینئول باشد (*حمیدیه و بیگدلی*، ۱۳۸۲؛ *گوپتا و ماسکارهانس*، 1987؛ *صدیق و سلطانا*[2]، 2004؛ *آیوپلا و آدنی*[3]، 2008). عصاره برگ این گیاه دارای خواص ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، کاهش‌دهندگی قندخون، ضدباکتری و ضدویروسی است (*جوکی و خزایی*[4]، 2010 و *سیندامبیو*[5] و همکاران، 1999). امروزه درخت اکالیپتوس در اکثر نقاط معتدل جهان برای جنگل‌کاری به‌عنوان یک گزینه مهم مطرح است. در میان گونه‌های اکالیپتوس معرفی شده به ایران *E. camaldulensis*، (اکالیپتوس کامالدولنسیس) سازگاری بیشتری با مناطق کم آب نشان داده است (*راد* و همکاران، ۱۳۸۹؛ *لمکوف*[6] و همکاران، 2002). این گونه از اکالیپتوس علاوه‌بر داشتن اسانس روغنی و خواص دارویی، امروزه به‌عنوان منبع تولید چوب و ساخت فیبر و همچنین تهیه خمیرکاغذ سفید گرافت و در نهایت، تولید کاغذ چاپ، در ایران مورد توجه ویژه قرار گرفته است (*رشیدی و رسالتی*، ۱۳۸۵). در پژوهش‌های صورت گرفته در ایران، خاصیت دگرآسیبی (آللوپاتی) روی علف‌های هرز نیز برای این گونه گزارش شده است (*نجفی آشتیانی* و همکاران، ۱۳۸۷).

تکثیر این گونه از اکالیپتوس با روش‌های معمول گیاه‌افزایی، از طریق جنسی مثلاً با بذر، علاوه‌بر تفرق ژنتیکی و عدم‌حفظ صفات برتر، با مشکلات دیگری از قبیل آلودگی بذرهای اولیه وارد شده به ایران نیز مواجه است (*بینشیان و زینی*، ۱۳۸۰). تکثیر درون‌شیشه‌ای (*In vitro*) و ریزازدیادی، روش جایگزینی است که جهت تکثیر برخی گونه‌های اکالیپتوس مورد توجه قرار گرفته است (*لی روکس و وان استادن*[7]، 1991). اما از نظر امکانات و هزینه نهاده‌های اولیه، روش گیاه‌افزایی با قلمه، ارزان‌ترین و راحت‌ترین روش برای تولید گیاهان جدید مشابه پایه مادری می‌باشد (*خوشخوی*، ۱۳۷۰؛ *دواین و ییگر*[8]، 2003).

اصولاً زمانی‌که ریشه‌زایی قلمه‌ها در فرایند تکثیر گیاه، سخت باشد، تیمارهای مختلفی جهت افزایش موفقیت تکثیر با قلمه استفاده می‌شود که کاربرد خارجی تنظیم کننده‌های رشد گیاهی به‌ویژه اکسین‌ها، یکی از معمول‌ترین روش‌هاست (*اسوامی*[9] و همکاران، 2002؛ *روت*[10]، 2006؛ *پولات*[11] و همکاران، 2000؛ *فوگاکو و فتو-نتو*[12]، 2005). بیشترین موفقیت در ریشه-زایی قلمه گیاهان درختی و درختچه‌ای از تیمار با اکسین ایندول بوتیریک اسید (IBA) به‌دست آمده است که هم برای قلمه‌های چوب سخت و هم چوب نرم، مورد آزمایش قرار گرفته است. مثلاً برای گیاه کاملیا ژاپونیکا، تیمارهای ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm از هورمون IBA در شرایط درون شیشه‌ای مورد استفاده قرار گرفت و مشاهده شد که با افزایش غلظت IBA، ریشه‌زایی قلمه‌های این گیاه به‌صورت معنی‌داری افزایش می-یابد (*برتا*[13] و همکاران، 1998؛ *بلیت*[14] و همکاران، 2000). در پژوهشی که بر روی قلمه‌های گیاه گل کاغذی صورت گرفته، مشخص شده است که با تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، درصد ریشه‌زایی قلمه‌های برگ‌دار تا ۹۰ درصد افزایش می‌یابد و قلمه‌هایی که با غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده بودند ریشه‌زایی شان، بیش از سه برابر، در مقایسه با شاهد افزایش یافت. همچنین استفاده از هورمون اکسین علاوه‌بر افزایش درصد ریشه‌زایی باعث افزایش تعداد، طول و وزن خشک ریشه گردید (*معلمی و چهرازی*، ۱۳۸۲).

با این وجود در برخی موارد، اکسین به‌تنهایی کارآیی بالایی در ریشه‌زایی قلمه از خود نشان نمی‌دهد، از این رو پژوهش‌های زیادی صورت گرفته تا برهم‌کنش اکسین با دیگر عوامل مؤثر در این فرایند مشخص گردد. مثلاً در مطالعاتی که در این زمینه روی ریشه‌زایی قلمه‌ها صورت گرفته، اثرات متقابل ویتامین و قند با اکسین (*برتا* و همکاران، 1998)، برهم‌کنش میزان اسیدیته و اکسین (*هاربیگ و استیمارت*[15]، 1996) و یا اثرات متقابل فصل و سن قلمه‌های خشبی با اکسین (*اسوامی* و همکاران، 2002) بررسی شده‌اند. ریشه‌زایی قلمه‌ها در جنس اکالیپتوس از اهمیت اقتصادی بالایی برخوردار است. از این‌رو،

1. Gupta and Mascarehans
2. Siddiqui and Sultana
3. Ayepola and Adeniyi
4. Jouki and Khazaei
5. Sindambiwe
6. Lemcoff
7. Le Roux and Van Staden
8. Dewayne and Yeager
9. Swamy
10. Rout
11. Polat
12. Fogaca and Fett-Neto
13. Beretta
14. Blythe
15. Harbage and Stimart

علاوه‌بر یافته‌های مربوط به مطالعه کنترل ژنتیکی فرایند ریشه‌زایی قلمه در این گیاه (*تیبیتس*[1] و همکاران،1997)، پژوهش‌های متعددی نیز در زمینه فیزیولوژی سایر عوامل مؤثر بر کارآیی اکسین در ریشه‌زایی قلمه صورت گرفته است. از جمله، اثرات برهم‌کنش دما (*کوری و فتو- نتو*[2]، 2004) و نور (*فتو- نتو*، 2001) با اکسین، نوع بستر ریشه‌زایی (*اسوامباج*[3] و همکاران، 2008)، تیمار تأخیری اکسین (*لوکماناند و مناری*[4]، 2002) و تیمار همراه با رایزوباکترها (*دیاز*[5] و همکاران، 2009) در ریشه‌زایی قلمه گونه‌های مختلف اکالیپتوس مورد کاوش قرار گرفته‌اند.

پژوهش‌ها نشان داده که تغذیه با عناصر معدنی، در مراحل مختلف ریشه‌زایی قلمه در گیاه اکالیپتوس از اهمیت زیادی برخوردار است (*اسوامباج* و همکاران، 2005). امروزه در مبحث تغذیه بهینه گیاهان در کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای بیولوژیک به‌دلیل مشکلات زیست‌محیطی و هزینه کودهای شیمیایی، یکی از گزینه‌های پیش رو می‌باشد (*اسدی رحمانی* و همکاران، ۱۳۸۹). در میان کودهای زیستی تولید شده در ایران، کود بارور۲ (*یخچالی* و همکاران،۱۳۹۰) و کود بیولوژیک نیتروکسین اخیراً مورد توجه قرار گرفته‌اند. کود زیستی بارور۲ شامل باکتری‌های حل‌کننده فسفات و کود نیتروکسین دارای باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن شامل ازتوباکتر و آزوسپریلوم می‌باشند. در پژوهش حاضر بالا بردن کارآیی روش ریشه‌دار کردن قلمه‌های اکالیپتوس با استفاده از هورمون IBA همراه با کاربرد کودهای زیستی در شرایط گلخانه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۱ در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان انجام شد.کودهای مورد استفاده در این پژوهش دو نوع کود زیستی به نام‌های بارور ۲ و نیتروکسین بودند و کود شیمیایی مورد استفاده، کود کامل معدنی (از نوع فلورال به صورت محلول) بود. خاک مورد استفاده در این آزمایش از مزارع مؤسسه تحقیقات همدان واقع در بخش جنوبی شهر همدان از عمق صفر تا سی سانتی‌متری برداشت شد. نمونه خاک هوا خشک و الک شده برای آزمایشات خاکشناسی مورد استفاده قرار گرفت. فسفر قابل جذب خاک به روش عصاره‌گیری اولسن اندازه‌گیری شد (*السن و سومرز*[6]، 1982). میزان پتاسیم قابل جذب خاک به روش عصاره‌گیری استات آمونیوم (کنودسن) مشخص شد (*کنودسن*[7] و همکاران، 1982). اسیدیته خاک در سوسپانسیون ۱:۱ آب به خاک (*مکلین*[8]، 1982)، هدایت الکتریکی آن در عصاره اشباع (*گوپتا*[9]، 2000)، بافت خاک به روش هیدرومتری (*بویوکوس*[10]، 1962)، کربن آلی خاک به روش اکسایش تر (*السن و سومرز*، 1982) و کربنات کلسیم معادل در خاک به روش تیتراسیون (*ریچاردز*[11]، 1969) تعیین شد. نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ فهرست شده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی با دو فاکتور اکسین IBA در ۵ سطح با غلظت‌های صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ ppm و کود زیستی در ۴ سطح شامل نیتروکسین + نصف کود کامل معدنی، بارور + نصف کود کامل معدنی، نصف کود کامل معدنی و کود کامل معدنی به‌صورت نرمال در پنج تکرار اجرا گردید. مشخصات عناصر موجود در کود کامل معدنی فلورال، مورد استفاده در این پژوهش، در جدول ۲ فهرست شده است. قلمه‌های مورد استفاده از باغ گیاهان دارویی بوعلی‌سینا، شهر همدان تهیه شد. پایه‌های مادری دارای شاخساره‌های مناسب و در شرایط محیطی مطلوب و یکسان رشد کرده، برای قلمه‌گیری انتخاب شدند. سرشاخه‌ها به اندازه ۸ تا ۱۰ سانتی‌متر، که دارای حداقل ۲ تا ۳ جوانه بودند، به‌صورت مورب با قیچی باغبانی بریده و در بستر کاشت قرار داده شد. بهترین قلمه‌ها با قطری بین ۰/۶ تا ۱ سانتی‌متر انتخاب شدند. جهت بستر کاشت از ماسه شسته شده استفاده شد. ظروف کاشت شامل جعبه‌های قلمه‌گیری ۲۴ خانه‌ای با قطر دهانه ۵ سانتی‌متر و عمق ۱۰ سانتی‌متر بود. به‌منظور آبیاری قلمه‌ها از سیستم مه‌پاشی که در فاصله ۸۰ سانتی‌متری بالای بستر کاشت تعبیه شده بود استفاده گردید. سیستم به‌صورت تناوبی هر نیم ساعت ۵ دقیقه مه‌پاشی را انجام می‌داد. پس از آماده‌سازی بستر کاشت و تهیه قلمه‌ها، کلیه قلمه‌ها قبل از تیمار هورمونی، در قارچ‌کش بنومیل یک در هزار ضدعفونی شدند و سپس انتهای قلمه‌ها به مدت ۱۰ ثانیه در هورمون IBA با غلظت‌های موردنظر قرار داده شدند. بلافاصله بعد از اعمال تیمار نسبت به انتقال قلمه‌ها به بسترهای کاشت اقدام شد. دمای محیط گلخانه در طی مراحل ریشه‌زایی

1. Tibbits
2. Correa and Fett-Neto
3. Schwambach
4. Luckmanand Menary
5. Diaz
6. Olsen and Sommers
7. Knudsen
8. Mclean
9. Gupta
10. Bouyoucos
11. Richards

۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. به‌منظور حفظ رطوبت نسبی محیط، روی قلمه‌ها با پلاستیک پوشانده شدند. کود نیتروکسین و بارور ۲ پس از پنج روز بعد از کاشت، به میزان ۴ سی‌سی به هر خانه در بستر کاشت اضافه شدند. کود کامل معدنی نیز به‌صورت نرمال و نصف نرمال به میزان ۴ سی‌سی و به‌ترتیب هر ۱۰ روز و هر ۲۰ روز یک‌بار به بستر کاشت اضافه گشتند. اندازه‌گیری از صفات شامل تعداد ریشه، طول ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و درصد ریشه‌زایی بر روی قلمه‌ها به تفکیک تیمارها بعد از ۸ هفته انجام پذیرفت. برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه‌ها، نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک و توزین شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شدند. رسم نمودارها با استفاده از Excel 2010 صورت گرفت.

جدول ۱: برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش گلخانه‌ای

Table 1: Some physical and chemical propertoes of the soil used in greenhouse experiment

عمق (سانتی‌متر) Depth (Cm)	بافت خاک Soil texture	شن(٪) Sand (%)	سیلت(٪) Silt (%)	رس(٪) Clay (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) E.C. (dS/m)
0-30	Scl لوم رسی شنی	52.5	26.6	20.9	7.83	0.66

کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	ازت کل (٪) Total nitrogen (%)	پتاسیم در دسترس (پی‌پی‌ام) Avaialable phosphorus (ppm)	مواد خنثی‌شونده (٪) Self-neutralizing Materials (%)
0.42	0.049	10.8	7.88

جدول ۲: میزان عناصر موجود در کود کامل معدنی فلورال (همگی محلول در آب)

Table 2: Mineral elements in mineral complete fertilizer Floral (all are soluble in water)

	عنصر Element	مقدار (درصد) Amount (%)	عنصر Element	مقدار (درصد) Amount (%)
نیتروژن N	نیترات Nitrate	5.5	مس Cu	0.01
	آمونیوم Amoniume	8.0	آهن Fe	0.2
	اوره Urea	6.5	منگنز Mn	0.1
	فسفر P	20	ملیبدن Mo	0.005
	پتاسیم K	20	روی Zn	0.01
	بر B	0.05		

نتایج و بحث

تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اکسین IBA و کودهای زیستی بر صفات مورد ارزیابی شامل طول ریشه، تعداد ریشه، وزن خشک ریشه، وزن تر ریشه و درصد ریشه‌زایی نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بین تیمارهای اعمال شده و شاهد وجود دارد (جدول ۳). همچنین اثرات متقابل (برهمکنش) اکسین به‌کار رفته با کودهای زیستی مورد استفاده نیز معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها، با غلظت ۲۰۰۰ppm اکسین IBA بیشترین میزان طول ریشه (۶/۰۳ سانتی‌متر) و بیشترین درصد ریشه‌زایی (۷۸/۹٪) مشاهده گردید که نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بود (جدول ۴). به‌طورکلی استفاده از اکسین‌ها باعث تسهیل فرایند ریشه‌دار شدن قلمه در گیاهان خشبی و کاهش میزان تلفات قلمه در خزانه می‌شود (*فتحی و اسماعیل‌پور*، ۱۳۷۹). *زرین‌بال* و همکاران (۱۳۸۴) گزارش نموده‌اند که افزایش غلظت‌های هورمون IBA در قلمه‌های گیاه دارایی (Duranta repens L.) نیز موجبات افزایش میانگین طول ریشه را فراهم می‌سازد. صفدری و صانعی

شریعت‌پناهی (۱۳۷۹) نیز با غلظت ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA در گیاه نوئل (Picea pungens) به بیشترین طول ریشه دست یافتند. افزایش غلظت‌های هورمون IBA تا ppm ۲۰۰۰ باعث افزایش طول ریشه گردید، درحالی بالا رفتن غلظت از این حد، یعنی؛ ppm ۴۰۰۰ موجب کاهش طول ریشه گردید. در پژوهشی که روی ریشه‌زایی قلمه‌های گونه زینتی کاملیا انجام شد، غلظت‌های بالای IBA (بیش از ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در مقایسه با غلظت‌های کمتر روی طول ریشه تأثیر منفی گذاشت (*هاشم‌آبادی و صداقت‌حور*، ۱۳۸۵) که نتایج آن مورد انطباق با نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌باشد. همچنین پیرخضری و هکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که افزایش غلظت هورمون IBA تا ppm ۲۰۰۰ و ppm ۲۵۰۰ کاهش میانگین طول ریشه در قلمه سیب را به دنبال دارد که تأییدکننده نتایج این پژوهش می‌باشد. *خوشخوی* (۱۳۷۰) بیان کردند که غلظت‌های خیلی زیاد اکسین روی طویل شدن ریشه نقش منفی می‌گذارد و نتایج این آزمایش در تیمارهای اثر متقابل، مؤید این امر است که غلظت‌های بیش از حد IBA روی فرایند ریشه‌زایی (تعداد ریشه و طول ریشه) اثر منفی می‌گذارد. با این وجود، *بلایت* و همکاران (2000) غلظت‌های مختلف IBA را بر روی ریشه‌زایی قلمه‌های کولتیوارهای مختلف کاملیا بررسی نمودند و مشاهده کردند که در برخی ارقام کاملیا تیمارهای ۳۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA موجب افزایش ۷۷ تا ۸۱ درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها شد (*بلیت* و همکاران، 2000).

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اکسین IBA و کودهای زیستی بر صفات مورد ارزیابی

Table 3: Variance analysis of evaluated traits affected by differnet concentrations of IBA auxin and Bio-fertilizers

منابع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares				
		طول ریشه Root length	تعداد ریشه Number of root	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	درصد ریشه‌زایی Rooting percent
IBA	4	4.02**	2.32**	0.045**	0.062**	622.94**
Bio-fertilizer	3	1.42**	0.044ns	0.015**	0.014**	21.61**
IBA × Bio-fertilizer	12	.0289**	0.041*	0.013**	0.016**	10.69*
Error	40	0.056	0.017	0.002	0.002	4.93
CV	-	8.01	16.59	18.51	19.15	9.56

ns، ** و *: به‌ترتیب تفاوت غیرمعنی‌دار، معنی دار در سطح ۱٪ و ۵٪

ns, * and **: Non-significant, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات ساده غلظت‌های مختلف اکسین IBA و کودهای زیستی بر صفات مورد ارزیابی با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪

Table 4: Mean compressions of simple effect of different concentrations of IBA auxin and Bio-fertilizers on evaluated traits affected by Duncan test in 5% level

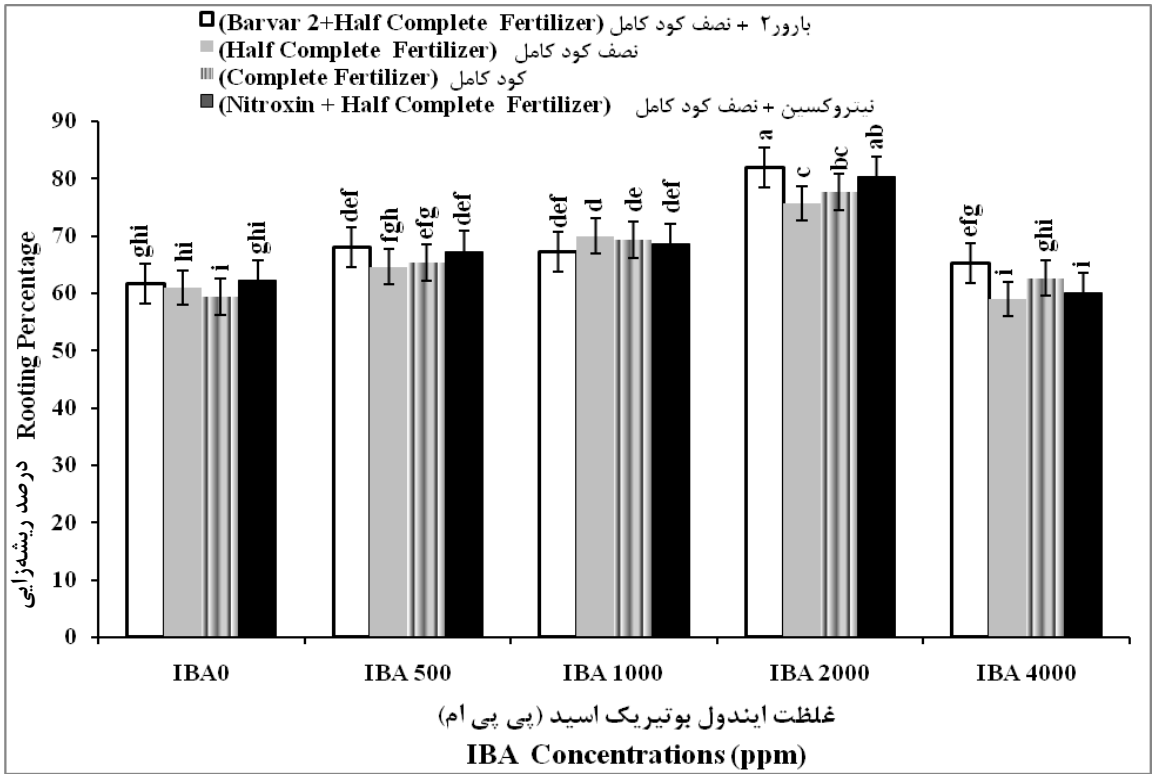
تیمار Treatment	طول ریشه Root length	تعداد ریشه Number of root	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	درصد ریشه‌زایی Rooting percent
(0 ppm)IBA	4.67d	2.10d	0.46b	0.59ab	61.08d
(500 ppm) IBA	5.44b	2.04d	0.52a	0.59ab	66.33c
(1000 ppm) IBA	5.10c	2.99a	0.39c	0.47c	68.83b
(2000 ppm)IBA	6.03a	2.85b	0.47b	0.55b	78.91a
(4000 ppm) IBA	4.65d	2.27c	0.36c	0.44c	61.75d
Barvar+HM	5.44a	2.50a	0.45a	0.55a	68.86a
Nitroxyn+ HM	5.38c	2.49a	0.47a	0.55a	67.73ab
HM	4.76c	2.38b	0.39b	0.48b	66.06b
CM	5.12b	2.42ab	0.45a	0.53a	66.86b

CM: کود کامل معدنی، HM: نصف کود کامل معدنی

CM: Complete Mineral Fertilizer, HM: Half of Mineral Fertilizer

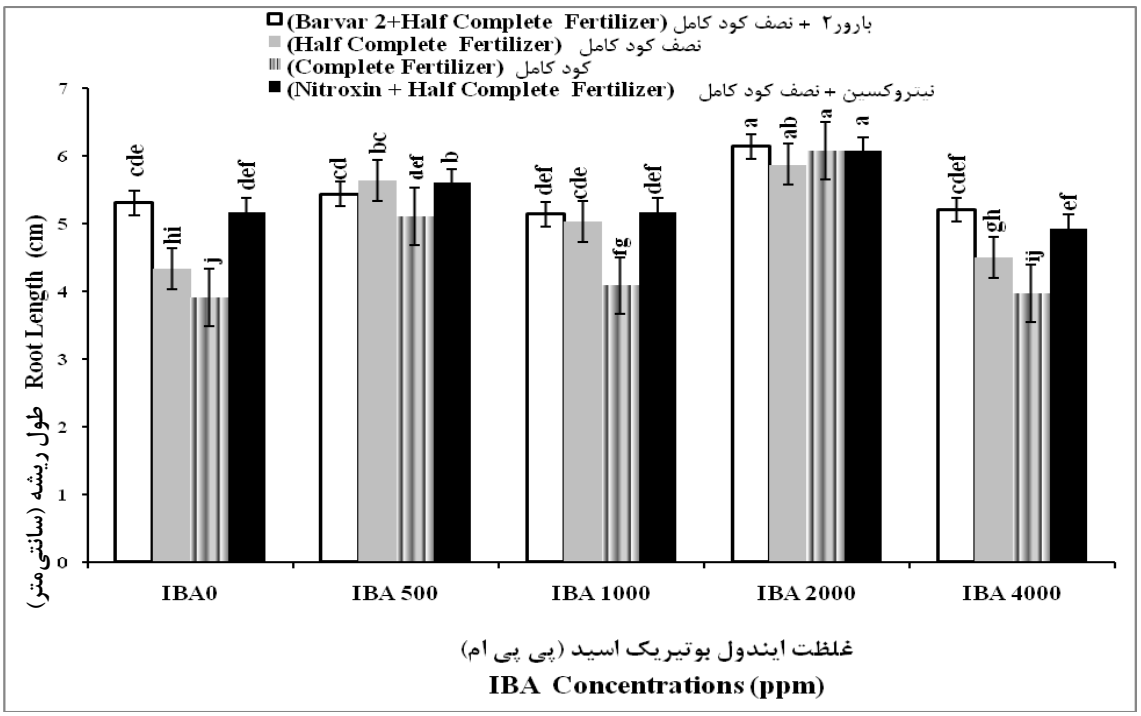
تیمار ppm ۵۰۰ هورمون IBA بیشترین وزن تر (۰/۵۹ گرم) و بیشترین وزن خشک (۰/۵۲ گرم) ریشه را موجب شد (جدول۴). در این غلظت، ریشه‌ها نسبت به شاهد قطورتر بوده که با توجه به قابلیت بهتر در جابه‌جایی ریشه‌های قطور نسبت به ریشه‌های بلند و باریک استفاده از غلظت ppm ۵۰۰ اکسین IBA برای تکثیر تجاری این گیاه دارای مزیت می‌باشد. در این زمینه نتایج معلمی (۱۳۸۰) نیز نشان داد که افزایش غلظت IBA باعث افزایش وزن خشک ریشه در قلمه‌های گیاه دارایی می‌گردد. غلظت ppm ۱۰۰۰ اکسین IBA بیشترین تعداد ریشه (۲/۹۹) را داشت (جدول۴). یکی از مزایای کاربرد اکسین، افزایش تعداد ریشه در هر قلمه می‌باشد و با افزایش غلظت IBA تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، علاوه‌بر افزایش درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه در قلمه‌های گل‌کاغذی به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت که نتایج آن پژوهش با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد (معلمی و چهرازی، ۱۳۸۲). برزگر و همکاران (۱۳۸۲) بیشترین تعداد ریشه در قلمه‌های درخت *ژینکو بیلوبا* در غلظت ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA را به‌دست آوردند. همچنین در تیمارهای تغذیه‌ای استفاده از کود بیولوژیک بارور همراه با نصف کود معدنی سبب افزایش معنی‌دار صفات طول ریشه و درصد ریشه‌زایی نسبت به شاهد گردید (جدول ۴).

نتایج حاصل از بررسی اثر متقابل تیمارهای اکسینی همراه با انواع کودهای زیستی و معدنی نشان داد که استفاده از مقادیر نسبتاً بالای هورمون IBA به غلظت ppm ۲۰۰۰ به همراه هر دو نوع کود زیستی نسبت به کود شیمیایی معدنی باعث افزایش درصد ریشه‌زایی و اندازه طول ریشه گردید (شکل ۱ و ۲). این درحالی است که استفاده از مقادیر نسبتاً پایین هورمون IBA به غلظت ppm ۵۰۰ به همراه کودهای زیستی سبب ایجاد بیشترین وزن خشک و وزن تر ریشه شدند (شکل ۳). همچنین مصرف مقادیر متوسط هورمون IBA به غلظت ppm ۱۰۰۰ به‌همراه کودهای زیستی بیشترین تعداد ریشه را در قلمه‌ها به‌همراه داشت. با این نتایج می‌توان یک برهم‌کنش معنی‌داری را بین اکسین و کودهای زیستی در فرایند ریشه‌زایی اکالیپتوس مشاهده کرد. برهمکنش (اثرات متقابل) اکسین IBA در غلظت ppm ۲۰۰۰ همراه با استفاده از کود بارور و نصف کود معدنی و همچنین تیمار اکسین ppm ۲۰۰۰ همراه با استفاده از کود نیتروکسین و نصف کود معدنی بیشترین تأثیر را روی میانگین صفت درصد ریشه‌زایی گذاشتند (شکل۱). تیمار اکسین ppm ۲۰۰۰ همراه با استفاده از کود بارور و نصف کود معدنی و همچنین تیمار اکسین ppm ۲۰۰۰ همراه با استفاده از کود نیتروکسین و نصف کود معدنی و تیمار اکسین صفر همراه با کود کامل معدنی کمترین تأثیر را روی درصد ریشه‌زایی داشتند (شکل ۱).



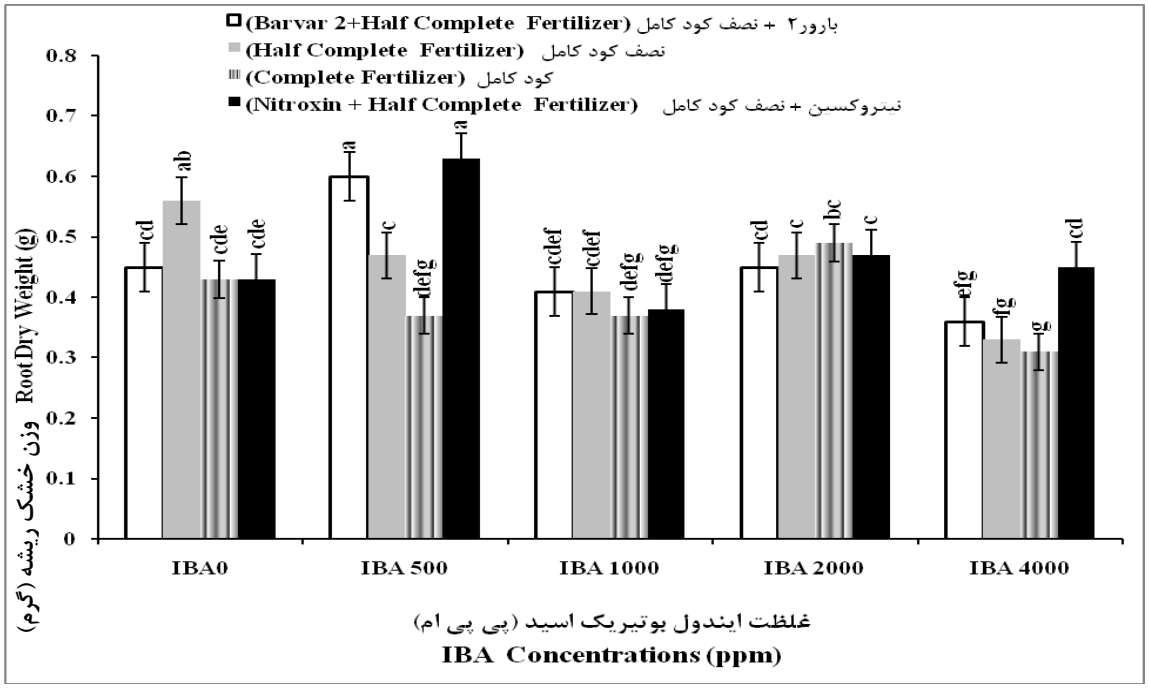
شکل ۱: مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای IBA و کود زیستی بر روی درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها

Fig. 1: Mean compressions of interaction effect of IBA and Bio-fertilizer treatments on Rooting percentage of cuttings



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای IBA و کود زیستی بر روی طول ریشه

Fig. 2: Mean compressions of interaction effect of IBA and Bio-fertilizer treatments on Root length



شکل ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای IBA و کود زیستی بر روی وزن خشک ریشه

Fig. 3: Mean compressions of interaction effect of IBA and Bio-fertilizer treatments on Root dry weight

اثرات متقابل تیمار اکسین ۲۰۰۰ ppm همراه با استفاده از کود نیتروکسین و نصف کود معدنی و همین غلظت اکسین همراه با استفاده از کود بارور و نصف کود معدنی و همچنین همراه با کود کامل معدنی بدون اختلاف معنی‌دار (به‌ترتیب ۶/۱۳، ۶/۰۷ و ۶/۰۷ سانتی‌متر) بیشترین تأثیر را روی میانگین صفت طول ریشه گذاشتند و باعث افزایش طول ریشه گردیدند و اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد (یعنی زمانی‌که از هورمون صفر+کود کامل معدنی استفاده شد) داشتند (شکل ۲). بعد از آن‌ها اثرات متقابل هورمون ۵۰۰ppm× نیتروکسین+ نصف کود معدنی و هورمون ۵۰۰ppm × نصف کود معدنی تأثیر خوبی روی صفت طول ریشه داشتند (شکل ۲). اثر متقابل هورمون ۱۰۰۰ppm× بارور ۲ + نصف کود و هورمون ۱۰۰۰ ppm× کود

نرمال و هورمون ۱۰۰۰ppm × نیتروکسین+ نصف کود و هورمون ۲۰۰۰ ppm× نیتروکسین+ نصف کود، مؤثرترین تیمارها روی صفت تعداد ریشه بودند و باعث افزایش تعداد ریشه گردیدند. هرچند اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها و اثرات متقابل هورمون ۲۰۰۰× نصف کود با میانگین عدد ۲/۹۰ و هورمون ۱۰۰۰× نصف کود با میانگین عدد ۲/۸۶ وجود نداشت ولی اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد در سطح ۵ درصد داشتند. بعد از آن‌ها اثرات متقابل هورمون ۲۰۰۰ ppm × بارور۲+ نصف کود و هورمون ۲۰۰۰ ppm× کود نرمال نیز تأثیر خوبی روی افزایش تعداد ریشه گذاشتند (داده‌ها نشان داده نشدند). نتایج پیرخضری و همکاران نیز (۱۳۸۹) اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای IBA ۲۵۰۰ppm و ۳۰۰۰ ppm IBA با شاهد در مورد تعداد ریشه در قلمه سیب نشان داد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. اثرات متقابل تیمار اکسین ۵۰۰ppm همراه با استفاده از کود نیتروکسین و نصف کود معدنی و همین غلظت اکسین همراه با استفاده از کود بارور و نصف کود معدنی (به‌ترتیب با میانگین ۶۳/ و ۰/۶۰ گرم) بیشترین تأثیر افزایشی را روی صفت وزن خشک ریشه گذاشتند و اثر متقابل تیمار اکسین ۴۰۰۰ppm همراه با استفاده از کود کامل معدنی (با میانگین ۰/۳۱گرم) کمترین تأثیر را روی صفت وزن خشک ریشه داشت (شکل ۳).

در پژوهشی که روی فرایند ریشه‌زایی اکالیپتوس صورت گرفته است، مشخص شده 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. به‌طورکلی قندها، ترکیبات حاوی نیتروژن، ترکیبات فنلی و سایر فاکتورها در ریشه‌زایی قلمه‌ها مؤثرند (*ساس و سندز*[1]، 1997). احتمالاً در این فرایندهای فیزیولوژیکی باکتری‌ها می‌توانند اثرگذار باشند. مثلاً برخی باکتری‌ها از طریق سنتز هورمون‌های محرک رشد مثل ایندول استیک اسید، جیبرلین‌ها و سیتوکنین باعث افزایش رشد گیاه، درصد جوانه‌زنی بذرها، ریشه‌زایی و گسترش ریشه می‌شوند (*ارسیسلی*[2] و همکاران، 2003). در نتایج تاجیک خاوه و همکاران (۱۳۹۰) اثر کود بیولوژیک بر وزن خشک ریشه سویا معنی‌دار به‌دست آمد و بیشترین وزن خشک ریشه از تلقیح توام بذر با باکتری‌های *برادیریزوبیوم*[3] و *گلوموس*[4] حاصل شد که تأثیر مثبت اثر کود بیولوژیک بر رشد ریشه را نشان داد که با نتایج آزمایش روی ریشه‌زایی قلمه‌های توت سیاه (*کویونکو و سنل*[5]، 2003) و نتایج این آزمایش (اکالیپتوس) در مورد افزایش ماده خشک ریشه مطابقت داشت. حیدریان باروق و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند که مصرف کود بیولوژیک آزوسپیریلوم باعث افزایش رشد ریشه‌های فرعی گیاهان از طریق ترشح هورمون‌های محرک رشد می‌شود که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد. عرب و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از کود بیولوژیک آزوسپیریلوم دریافتند که تیمار باکتریایی خودش باعث تولید اکسین بیشتر شده و اثر معنی‌داری در افزایش وزن خشک ریشه در پی داشت که در اثر بالا رفتن جذب عناصر غذایی در گیاهان تلقیح شده در نظر گرفته شد که با نتایج این آزمایش در مورد اثر کود بیولوژیک روی ریشه‌زایی و افزایش ماده خشک ریشه همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

مصرف مقادیر بالای هورمون IBA به غلظت ۲۰۰۰ ppm باعث افزایش میانگین طول ریشه و درصد ریشه‌زایی گردید؛ درصورتی‌که مقادیر بالاتر از ۲۰۰۰ ppm کمتر این صفات را تحت تأثیر قرار دادند. همچنین مقادیر پایین هورمون IBA به غلظت ۵۰۰ ppm باعث افزایش میانگین صفات وزن تر و وزن خشک ریشه گردید. در این مورد ریشه‌های قطورتری تشکیل شدند. با توجه به این ضخیم‌تر بودن ریشه‌ها ریسک جابه‌جایی نهال را کاهش می‌دهد، استفاده از غلظت‌های ۵۰۰ ppm هورمون برای گیاه مناسب‌تر است. برهم کنش (اثر متقابل) هورمون ۲۰۰۰ppm به‌همراه هر دو نوع کود زیستی درصد ریشه‌زایی را افزایش داد. بنابراین این ترکیبات همسو با هورمون، قابلیت ریشه‌زایی را افزایش می‌دهند. لذا با توجه به این که هرچه ریشه قطورتر باشد نسبت به ریشه‌ای که بلند و باریک است راحت‌تر جابه‌جا می‌شود، پس استفاده از غلظت‌های ۵۰۰ ppm هورمون IBA برای این گیاه مناسب‌تر است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مساعدت و همکاری ریاست محترم مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی همـدان آقای دکتر سیدحسین صباغ‌پور تشکر و قدردانی می‌گردد.

1. Sasse and Sands
2. Ercisli *et al.*
3. Bradyrhizobium
4. Glomus
5. Koyuncu and Senel

منابع

اسدی‌رحمانی، ه.، خاوازی ک.، اصغرزاده، ا.، رجالی، ف. و افشاری، م. ۱۳۹۱. کودهای زیستی در ایران: فرصت‌ها و چالش‌ها. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۶ (۱): ۸۷-۷۷.

برزگر، ل.، حمید اوغلی، ی.، حاتم‌زاده، ع و حداد، ع .۱۳۸۲. اثر ایندول بوتیریک اسید (IBA) روی ریشه‌زایی قلمه‌های *ژینکو بیلوبا*. خلاصه مقالات سومین کنگره علوم باغبانی ایران. انتشارات سنا. تهران. صفحه ۹۹.

بینشیان، ف. و زینی، ف. ۱۳۸۰. جداسازی *کریپتوکوس نئوفورمنس* واریته گتی از درختان *اکالیپتوس کامالدولنسیس*. فصلنامه کومش. ۳ (۱): ۵۹-۶۷.

پیرخضری، م. آتشکار، د.، حاج‌نجاری، ح. و فتحی، د. ۱۳۸۹. اثر تیمارهای مختلف در ریشه‌زایی تعدادی از پایه‌های رویشی سیب (*Mallus domestica* Borkh.). مجله به‌زراعی نهال و بذر. ۲۶ (۲): ۱۹۳-۲۰۶.

تاجیک خاوه، م.، اله‌دادی، ا.، دانشیان، ج. و آرمند پیشه، ا. ۱۳۹۰. تحت تنش کم‌آبی (*Glycine max* L.) بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر گره‌زایی و رشد سویا. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۳ (۳): ۳۳۷-۳۴۶.

حمیدیه، ه. و بیگدلی، م .۱۳۸۲ بررسی تأثیر اسانس‌های سیزده‌گونه اکالیپتـــوس بر روی باکتـــری‌های *E. coli* ، *S.aureus* *B.cereus. L. monocitagenes* . فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۴: ۳۸۹-۴۰۲.

حیدریان‌باروق، ز.، اصغرزاد، ن. ع. و ساریخانی، م. ر. ۱۳۸۹. نگاهی بر اهمیت کودهای زیستی آزوسپیریلوم و کاربرد آن‌ها در کشاورزی پایدار. اولین کنگره چالش‌های کود در ایران: نیم قرن مصرف کود. ۱۲-۱۰ اسفند، تهران. صفحه ۱۱.

راد، م.ه.، عصاره، م.ح. مشکوه، م.ع. دشتکیان، ک. سلطانی، م. ۱۳۸۹. نیاز آبی و تابع تولید اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) در شرایط اقلیمی خشک. فصلنامه جنگل ایران، شماره ۱: ۶۱-۷۱.

رشیدی، م. و رسالتی، ح. ۱۳۸۵. بررسی تولید خمیر کاغذ گرافت رنگبری شده، از چوب *اکالیپتوس کاملدولنسیس*. فصلنامه منابع طبیعی ایران، ۳: ۶۹۳ -۶۹۷.

زرین‌بال، م. معلمی، ن. و دانشور، م. ۱۳۸۴. اثر غلظت‌های مختلف اکسین، زمان قلمه‌گیری و شرایط محیطی بر ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشکی دارایی (*Duranta repens* L.)، مجله دانش کشاورزی (۲)۱۵: ۱۳-۲۶.

صفدری، ح. و صانعی شریعت‌پناهی، م. ۱۳۷۹. بررسی مقایسه ریشه‌زایی سه گونه نوئل تحت تیمار IBA. خلاصه مقالات دومین کنگره علوم باغبانی ایران. انتشارات نشر آزمون کشاورزی تهران. صفحه ۳۸۲.

عرب، س. م.، اکبری، غ. ع.، علیخانی، ح. ع.، ارزانش، م. ح. و دادی، ا. ا. ۱۳۸۷. بررسی توانایی تولید اکسین توسط باکتری‌های جداسازی شده بومی جنس آزوسپیریلوم و ارزیابی اثرات محرک رشدی جدایه برتر بر گیاه ذرت شیرین. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۶: (۲): ۲۱۷-۲۲۵.

فتحی، ق. و اسماعیل‌پور، ب. ۱۳۷۹. مواد و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۸ صفحه.

معلمی، ن. و چهرازی، م. ۱۳۸۲. اثر هورمون اکسین بر ریشه‌زایی قلمه‌های برگ‌دار و بدون برگ گل کاغذی (*Bougainvillea spectabilis*). خلاصه مقالات سومین کنگره علوم باغبانی ایران. تهران، صفحه ۱۱۰.

معلمی، ن.۱۳۸۰. اثر تنظیم‌کننده‌های رشد IBA بر ریشه‌دار کردن قلمه‌های دارایی (*Duranta repens* L.) در کشت زیرپلاستیک. خلاصه مقالات نخستین سمینار علمی کاربردی گل و گیاهان زینتی ایران – محلات. انتشارات دفتر امور گل وگیاهان زینتی، قارچ‌های خوراکی و دارویی معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، تهران، صفحه ۵۳.

نجفی‌آشتیانی، ا. عصاره، م. ح. و انگجی، س. ج. ۱۳۸۷. بررسی اثرات دگرآسیبی عصاره برگ اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه علف هرز تاج خروس (*Amaranthus blitoids* S.Watson). فصلنامه پژوهش و سازندگی، شماره ۸۱: ۵۹-۶۹.

خوشخوی، م. ۱۳۷۰. ازدیاد نباتات، مبانی و روش‌ها (چاپ دوم). ترجمه. کتاب نوشته: هارتمن، اچ، دی. کسترواف، دیویس. انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۵۸۶ صفحه.

هاشم‌آبادی، د. و صداقت‌حور، ش. ۱۳۸۵. بررسی اثر ایندول بوتیریک اسید (IBA) و نفتالین استیک اسید (NAA) بر ریشه‌زایی قلمه‌های درختچه زینتی کاملیا (*Camellia japonica* L.).مجله دانش نوین کشاورزی. شماره ۵: ۶۹-۷۶.

یخچالی، ب.، افضل‌القوم، ا.، یگانگی پ.، شورگشتی، ح.، صیامی، ا. و علوی، س. ۱۳۹۰. بهینه‌سازی شرایط رشد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه :کود زیستی فسفاته بارور ۲. زیست‌شناسی ایران ۲۴(۴): ۴۹۴-۵۰۶.

Ayepola O. and Adeniyi BA. 2008. The antibacterial activity of leaf extracts of *Eucalyptus camaldulensis* (*Myrtaceae*). Journal of Applied Sciences Research, 4(11): 1410-1413.

Beretta, D.; Vanoli, M.; Eccher, T. 1988. The influence of glucose, vitamins and IBA on rooting of *Camellia* shoots in vitro. Acta Horticulture. 227: 473-475.

Blythe, G.; Denlay, T, and Sibley, J. L. 2000. Influence of commercial auxin formulation on cuttings of *Camellia* cultivars. SNA Research conference, Vol.45: 303-306.

Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal. 54: 464-465.

Correa, L. D. R. and Fett-Neto, A. G. 2004. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. Journal of Thermal Biology, 29: 315-324.

Dewayne, L. I. and Yeager, T. H. 2003. Propagation of Landscape Plants. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, CIR579.

Diaz, K., Valiente, C., Martinez, M., Castillo, M. and Sanfuentes, E. 2009. Root-promoting rhizobacteria in *Eucalyptus globulus* cuttings. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 25: 867-873.

Ercisli, S., Esitken, A., Cangi, R., and Sahin, F. 2003. Adventitious root formation of kiwifruit in relation to sampling date, IBA and *Agrobacterium rubi inoculation*. Plant Growth Regulation, 41: 133-137.

Fett-neto, A. G. Goulart, L. W. V., Pasquali, G., Termignoni, R. R. and Ferreira, A. G., 2001. Distinct effects of auxin and light on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. Tree Physiology 21: 457-464.

Fogaca, C. M. and Fett-Neto, A. G. 2005. Role of auxin and its modulators in the adventitious rooting of *Eucalyptus species* differing in recalcitrance. Plant Growth Regulation, 45: 1-10.

Gupta, P. K. and Mascarehans, A. F., 1987. Eucalyptus, 385-399. In: Bonga, J. M. and D. J., Durzan (Ed.) Cell and Tissue Culture in Forestry,V3. Martinus Nijhoff Publishers, 416 pp.

Gupta, P. K. 2000. Soil, Plant, Water, and Fertilizer Analysis. Agrobios, New Delhi, India.

Harbage, J. F. and Stimart, D. P. 1996. Effect of pH and 1H-indole-3-butyric acid (IBA) on rooting of apple microcuttings. Journal of the American Society for Horticultur Science, 121(6): 1049-1053.

Jouki, M. and Khazaei, N. 2010. The Antimicrobial Activities of Methanolic Extracts of *Eucalyptus camaldulensis* against *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Journal of Research in Agricultural Science, 6: 63-67.

Knudsen, D., Peterson, G. A. and Pratt, P. F.. 1982. Lithium, sodium, and potassium. PP. 225-246. In: Page, A. L., R. H. Miller and Keeney, D. R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, ASA-SSA, Madison, WI, USA.

Koyuncu, F. and Senel, E. 2003. Rooting of black mulberry (*Morus nigra* L.) hardwood cuttings. Journal of Fruit Ornamental Plant Research, 11: 53-57.

Le Roux, J. J. and Van Staden, J. 1991. Micropropagation of *Eucalyptus* Species. Horticulture Science, 26(2):199-200.

Lemcoff, J. H., Guarnaschelli, A. B., Garau, A. M. and Prystupa, P. 2002. Elastic and osmotic adjustments in rooted cuttings of several clones of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. from southeastern Australia after a drought. Flora, 197: 134-142.

Luckman, G. A. and Menary R. C., 2002. Increased root initiation in cuttings of *Eucalyptus nitens* by delayed auxin application. Plant Growth Regulation, 38: 31-35.

Mclean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. PP. 199-224. In:Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition, Agronomy Monograph 9, ASA and SSSA, Madison, WI, USA.

Nelson, D. W. and Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 539-579. In:Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part II, 2nd Edition, ASA, SSSA, Madison, WI. USA.

Olsen, S. R. and Sommers, L., E. 1982. Phosphorus. PP. 403-430. In: Page, A. L., Miller, R., H. and Keeney, D. R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part II, 2nd, Edition, ASA, SSSA, Madison, WI, USA.

Polat, A. A., Durgac, C. and Kamiloglu, O. 2000. The Effects of Indole butyric acid (IBA) on rooting of fig cuttings. Journal of Agricultural Science, 5(2): 1-6.

Richards, L. A. 1969. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US Salinity Laboratory Staff, Agricultural Handbook No. 60, USDA, USA.

Rout, G. R. 2006. Effect of auxins on adventitious root development from single node cuttings of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze and associated biochemical changes. Plant Growth Regulation, 48:111-117.

Sasse, J. and Sands, R. 1997. Configuration and development of root systems of cuttings and seedlings of *Eucalyptus globulus*. New Forests, 14: 85-105.

Schwambach, J. Fadanelli C. and Fett-Neto, A. G. 2005. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. Tree Physiology, 25: 487-494.

Schwambach, J. Ruedell, C. M. de Almeida, M. R. Penchel, R. M. De Araújo, E. F. and Fett-Neto, A. G. 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 Forests, 36: 261-271.

Siddiqui, B. and Sultana, I. 2004. Triterpenoidal constituents from *Eucalyptus camaldulensis* var. *Obtusa* leaves. Phytochemistry, 54: 861-865.

Sindambiwe J. B., Calomme, M., Cos, P., Totte, J. and Pieters, L. 1999. Screening of seven selected Rwandan medicinal plants for antimicrobial and antiviral activities. Journal of Ethnopharmacology, 65(1): 71-77.

Swamy, S. L. Puri, S. and Singh, A. K. 2002. Effect of auxins (IBA and NAA) and season on rooting of juvenile and mature hardwood cuttings of *Robinia pseudoacacia* and *Grewia optiva*. New Forests, 23: 143-157.

Tibbits W. N., White, T. L., Hodge, G. R. and Joyce, K. R. 1997. Genetic control of rooting ability of stem cuttings in *Eucalyptus nitens*. Australian Journal of Botany, 45(1) : 203-210.

Interaction of IBA and Bio-Fertilizer on Rooting of Eucalyptus Cuttings

Rajabi[۱], M., Mehrdad Chaichi[۲], M. and Azizi[۳*]. A.

Abstract

The use of cuttings is one of the propagation techniques for Eucalyptus cloning. In this regard, cuttings of this plant root not simply and need usually some special hormonal treatments. A greenhouse experiment was conducted to evaluate the involvement between auxin and fertilization method in rooting process of Eucalyptus cuttings. In the present work, the influence of IBA (Indole-3-butyric acid) and bio-fertilizers on root initiation of Eucalyptus cuttings was investigated. A completely randomized design was adopted in a factorial experiment with five levels of IBA (0, 500, 1000,2000 and 4000 ppm) and four levels of bio-fertilizer (1- Barvar2 + half mineral fertilizer, 2- Nitroxin + half mineral fertilizer, 3- half mineral fertilizer and 4- complete mineral fertilizer) with five replications. The traits including: root number, root length, root fresh weight, root dry weight and rooting percentage were measured. Results showed a significant increasing in the trait expression using bio-fertilizers compared to using chemical fertilizer. The interaction between bio-fertilizer and IBA were significant for all investigated traits so that the application of relatively low doses of IBA concentration (500 ppm) with bio-fertilizers led to the greatest root dry weight and consequently, thicker roots were produced. Relatively high doses of auxin IBA concentration (2000 ppm) combined with bio-fertilizers resulted to the highest percentage of root initiation in cuttings. IBA concentration of 500 ppm caused increment in means of root dry and fresh weight. Thicker roots were produced, consequently. In spite of thicker roots, it was decreased risk of stock movement. The interaction between IBA 2000 ppm with both bio-fertilizers increased in rooting percentage. Therefore, these components with hormones enhance rooting capacity.

Keywords: Eucalyptus, Cutting, Rooting, Auxin, Bio-fertilizer

1. MSc of Agricultural Biotechnology, University of Applied Science and Technology, Jihad-Agriculture Education Center, Hamedan

2. Research Instructor, Research Center of Agriculture and Natural Resources, Hamedan

3. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Bu Ali Sina University, Hamedan

*: Corresponding author Email: Azizi@basu.ac.ir