Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 51, No 4, Winter 2021 (889-898)
DOI: 10.22059/ijhs.2019.272669.1596

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۹ (ص ۸۹۸-۸۸۹)

اثر ایندول بوتریک اسید، نوع بستر کشت و قطر قلمه بر کمیت ریشه‌زایی قلمه گل‌محمدی

احمد کریم‌زاده[۱]، علی تهرانی‌فر[۲*]، حسین نعمتی[۳] و فرشته یوسفی[٤]
۱، ۲، ۳ و ٤. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استاد، استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۱۸)

چکیده

یکی از مهم‌ترین گونه‌های رز، گل محمدی است که بعضی از رقم های آن برای تولید اسانس اهمیت دارند و بعضی دیگر به‌عنوان رزهای باغی کشت می‌شوند. به منظور بررسی اثر هورمون ایندول بوتریک اسید (IBA)، بستر کشت و قطر قلمه بر کیفیت ریشه‌زایی گل محمدی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳۰ تیمار و ۳ تکرار طراحی و اجرا شد.تیمارها شامل بستر کشت در سه سطح (۳۰٪ کوکوپیت+ ۷۰٪ پرلیت، ۵۰٪ کوکوپیت+ ۵۰٪ پرلیت، ۵۰٪ ماسه+ ۵۰٪ پرلیت)، ایندول بوتریک اسید در پنج سطح (صفر، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ٤۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و قطر قلمه در دو سطح (۱۳-۵ و ۲۰-۱۳ میلی‌متر) بودند. نتایج نشان داد درصد زنده‌مانی قلمه گل محمدی با افزایش غلظت IBA تا ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین تعداد برگ در تیمار ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و قلمه‌های قطورتر مشاهده شد. اثر متقابل غلظت هورمون IBA و قطر قلمه در اکثر پارامترها، به‌جز تعداد ریشه، معنی‌دار شد. بیشترین حجم و طول ریشه، تعداد ریشه، تعداد برگ، درصد زنده‌مانی و بلندترین طول ریشه در بستر کشت ۳۰:۷۰ کوکوپیت و پرلیت مشاهده شد. براساس نتایج می‌توان کاربرد غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هورمون IBA، قلمه‌های قطور (۲۰-۱۳ میلی‌متر) و بستر کشت ۳۰:۷۰ کوکوپیت و پرلیت را برای بیشترین درصد زنده‌مانی و تراکم ریشه توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: پرلیت، ریشه، قلمه ساقه، کوکوپیت.

The effect of IBA, medium and diameter of cuttings on quantity of rooting of Damask rose

Ahmad Karimzadeh[1], Ali Tehranifar[2*], Hossein Nemati[3] and Fereshteh Youssefi[4]
1, 2, 3, 4. Former M.Sc. Student, Professor, Assistant Professor and Former B.Sc. Student, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(Received: Feb. 12, 2109 - Accepted: June 08, 2019)

ABSTRACT

One of the most important species of roses is the Damask rose, some of whose cultivars are important for the production of essential oil and others are cultivated as garden roses. In order to investigate effect of indole buteric acid (IBA), growing media and cuttings diameter on the quality of rooting, an experiment was designed a factorial based on randomized complete design with 30 treatments and 3 replications. Treatment contained growing media at 3 levels (cocopeat 30%+perlite 70%, cocopeat 50%+perlite 50% and sand 50%+perlite 50%), IBA concentration at 5 levels (0, 1000, 2000, 3000, 4000 mg L^{-1}) and stem diameter at 2 levels (5-13 and 13-20 mm). Results showed that the survival rate of Damask rose was significantly increased by increasing the concentration of IBA up to 3,000 $mg.L^{-1}$. The highest number of leaves was observed in 2000 and 3000 $mg.L^{-1}$ of IBA and more thick cuttings. Interaction between IBA concentration and cuttings diameter in most traits was significant, except for root number. The highest root length, root number, leaf number, viability, and longest root length were observed in culture media 30:70 cocopeat and perlite. According to results, 2000 mg L^{-1} IBA, thicker cuttings and cocopeat 30%+perlite 70% growing media could be suggested for maximum survival percentage and root density.

Keywords: Cocopeat**,** perlite, root, stem cuttings.

* Corresponding author E-mail: ahmadkarimzadeh3@gmail.com

مقدمه

گل محمدی از جنس *Rosa* و از تیره *Rosaceae* است. این گیاه از مهم‌ترین گونه‌های معطر است که به‌صورت وحشی می‌روید، به‌دلیل سازگاری با شرایط آب‌وهوایی، کم‌هزینه‌بودن و سودآوری چشم‌گیر آن در مناطق گرم و خشک توسعه زیادی پیداکرده است گل محمدی به‌خاطر عطر قوی که دارد مشهور است (Tabaei-Aghdaei *et al*., 2007). تکثیر گل محمدی در درجه اول به وسیله قلمه‌های ساقه گرفته شده در زمستان صورت می‌گیرد و اکسین‌ها یکی از عوامل تحریک‌کننده تولید ریشه در قلمه به‌شمار می‌روند (Awang *et al*., 2009). بستر کشت با تأثیر بر میزان تهویه و ظرفیت نگهداری بر کیفیت ریشه‌دهی و میزان توسعه سیستم ریشه تأثیر دارد. همچنین ترکیب بستر کشت بر روی خواص فیزیکی بستر که با شکل و اندازه ذرات تشکیل‌دهنده شناخته می‌شود تأثیر زیادی دارد (Ranjbar & Ahmadi, 2016). یکی از بسترهای بدون خاک که برای بهبود خواص فیزیکی خاک استفاده می‌شود الیاف نارگیل است که به‌عنوان کوکوپیت شناخته می‌شود (Ranjbar & Ahmadi, 2016). پرلیت نیز دارای سابقه طولانی و مطلوب به‌عنوان یک بستر رشد شناخته‌شده در سراسر جهان است و به‌طور گسترده‌ای ترجیح داده می‌شود چراکه باعث توسعه سریع‌تر ریشه، کاهش خطر ابتلا به میرایی و ایجاد تعادل بهینه بین آب‌وهوا می‌شود (Dorodi *et al*., 2008). کیفیت ریشه‌دهی گل محمدی به رقم، غلظت و نوع اکسین استفاده شده، زمان و نحوه کاربرد آن و شرایط کشت بستگی دارد (Vendepol & Breukelaar, 1982). هیچ نظر جامعی برای بستر ریشه‌زایی قلمه گیاهان وجود ندارد. چون ریشه‌زایی قلمه‌های گیاهان به گونه، نوع قلمه، فصل و سیستم تکثیری بستگی دارد (Asaduzzaman *et al*., 2013). بنابراین در پژوهش حاضر ازدیاد رویشی این گیاه سخت‌ریشه‌زا از طریق قلمه در شرایط درون گلخانه‌ای تحت سیستم مه پاش و پاگرما در ۴ تیمار هورمونی اکسین، ۳ بستر متفاوت و ۲ قطر مختلف قلمه موردبررسی قرار می‌گیرد. به همین منظور هورمون اکسین مورداستفاده ایندول بوتیریک اسید (IBA) در این گیاه سخت‌ریشه‌زا استفاده شد و اثر آن روی کیفیت ریشه‌زایی قلمه‌ها بررسی خواهد شد (Khosh-Khui & Tafazoli, 1979).

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۹۶-۱۳۹۵ در گلخانه‌ای واقع در روستای قرباشلو (۱۰ کیلومتری محور بجنورد- اسفراین- استان خراسان شمالی) انجام شد. در این پژوهش از قلمه‌های چوب سخت توده گل محمدی (*Rosa damascene* Mill.) به نام گوگان استفاده شد، قلمه‌ها وقتی‌که گیاه در ابتدای فاز خفتگی بود از قسمت میانی شاخساره‌های قوی، بعد از ریزش برگ‌ها گزینش شد. قبل از انتقال قلمه‌ها به بستر، قلمه‌ها به مدت ۵ دقیقه در محلول قارچ‌کش بنومیل دو در هزار ضد عفونی شدند. برای تهیه محلول ابتدا مقادیر مورد نظر IBA با ترازوی حساس ۰/۰۰۱ گرم توزین و در چند قطره سدیم هیدروکسید حل گردید و سپس با آب مقطر به حجم مورد نظر رسید. در این آزمایش از ۲ قطر قلمه شامل ۵ تا ۱۳ و۱۳تا۲۰ (برحسب میلی‌متر) هر دو به طول ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد (Dorodi *et al*., 2008). تیمارها تحت آزمایش فاکتوریل با هورمون ایندول بوتریک اسید با غلظت‌های ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به روش فروبری سریع صورت گرفت (Hartmann *et al*., 1990). نمونه‌های شاهد فقط با آب مقطر تیمار شدند. کشت قلمه‌ها در بسترهای کوکوپیت- پرلایت به نسبت ۷۰ به ۳۰، کوکوپیت- پرلایت به نسبت ۵۰ به ۵۰ و ماسه پرلایت به نسبت ۵۰ به ۵۰ صورت گرفت. واحدهای آزمایشی با مساحت ۸۰۰ سانتی‌متر مربع (۴۰ ×۲۰ سانتی‌متر) و به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر بود. دمای گلخانه در طول روز ۲۶ و در طول شب ۲۴ و دمای بستر کشت ۳۷-۳۰ درجه سانتی‌گراد (اندازه‌گیری به‌وسیله دماسنج شیشه‌ای) و شدت نور در طول دوره آزمایش ۱۲۰۰۰-۱۵۰۰۰ لوکس بود. رطوبت نسبی ۷۰ درصد فضای گلخانه به وسیله سیستم مه‌افشان نوبتی تأمین می‌گردید (Izadi & Zarei, 2014). پس از گذشت ۸۰ روز از قرارگرفتن قلمه‌ها در بسترهای کشت، صفات مورفولوژیکی از

جمله حجم ریشه، میانگین طول ریشه، میانگین تعداد ریشه، طول بلندترین ریشه، درصد زنده‌مانی قلمه‌ها و تعداد برگ‌های جدید اندازه‌گیری شد. یک ماه پس از ریشه‌دهی قلمه‌ها از کودهای ریزمغذی به‌صورت کود آبیاری استفاده شد. پس از شستشوی قلمه، ریشه‌ها توسط چاقوی تیزی از قلمه جداشده و در استوانه مدرج به حجم ده میلی‌لیتر حاوی آب با حجم مشخص غوطه‌ور شد و با اندازه گیری تفاوت حجم افزوده‌شده، حجم ریشه محاسبه شد. آنالیز آماری داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS از روش مدل خطی تعمیم‌یافته GLM و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

حجم ریشه

اثر غلظت‌های متفاوت IBA بر توانایی ریشه‌دهی قلمه ساقه گل محمدی همچنین توسط محققان پیشین گزارش شده است (Ercişli *et al*., 2004). نتایج تجزیه واریانس نشان داد سه بستر کشت استفاده شده بر حجم ریشه به طور معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) مؤثر واقع شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در دو بستر کشت ۵۰٪ پرلیت- ۵۰٪ کوکوپیت با ۳۰٪ کوکوپیت-۷۰٪ پرلیت ازنظر حجم ریشه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که قطر قلمه به‌طور معنی‌داری بر حجم ریشه مؤثر بود (جدول ۱). قلمه‌های قطور همچنین حجم ریشه بیشتری نسبت به قلمه‌های باریک داشتند (شکل ۱). در بین تیمارهای مختلف برهمکنش ایندول بوتریک اسید و قطر قلمه، ازنظر حجم ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱) و تیمار ۲ میلی‌گرم بر لیتر اکسین روی قلمه‌های درشت، بیشترین حجم ریشه را منتج شد (شکل ۱).

Nasri *et al.* (2015) گزارش کردند که قلمه‌های گل محمدی تیمارشده با IBA دارای ریشه‌های ضخیم و حجیم‌تر بودند (Nasri *et al.*, 2015).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر ایندول بوتریک اسید، بستر کشت و قطر قلمه بر حجم ریشه، میانگین طول ریشه و میانگین تعداد ریشه قلمه گل محمدی

Table 1. Results of variance analysis effect of IBA, medium culture and diameter of cutting on root volume, average root length and average root number of Damask rose

Sources of Variation	df	Mean square (MS)		
		Average of root number	Average of root length	Root volume
A	2	46.6^{**}	64.2^{**}	3.1^{**}
B	4	677.1^{**}	499.4^{**}	11.3^{**}
C	1	97.5^{**}	113.3^{**}	21.5^{**}
A×B	8	1.3^{ns}	0.9^{ns}	0.4^{ns}
A×C	2	1.6^{ns}	0.3^{ns}	0.4^{ns}
B×C	4	1.5^{ns}	8.0^{**}	0.3^{ns}
A×B×C	4	0.6^{ns}	1.7^{ns}	0.2^{ns}
Error	60	0.8	1.6	0.48

A: بستر کشت، B: ایندول بوتریک اسید، C: قطر قلمه.

*، ** و ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD.

A: medium, B: indole butyric acid, C: cutting diameter.

*, **, ns: Significantly difference at 5 and 1% of probability levels, non-significant difference based on LSD's test, respectively.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر ایندول بوتریک اسید، بستر کشت و قطر قلمه بر طول بلندترین ریشه، درصد زنده‌مانی و تعداد برگ‌های جدید قلمه گل محمدی

Table 2. Results of variance analysis effect of IBA, medium culture and diameter of cutting on the longest root length, viability percentage and number of new leaves of Damask rose

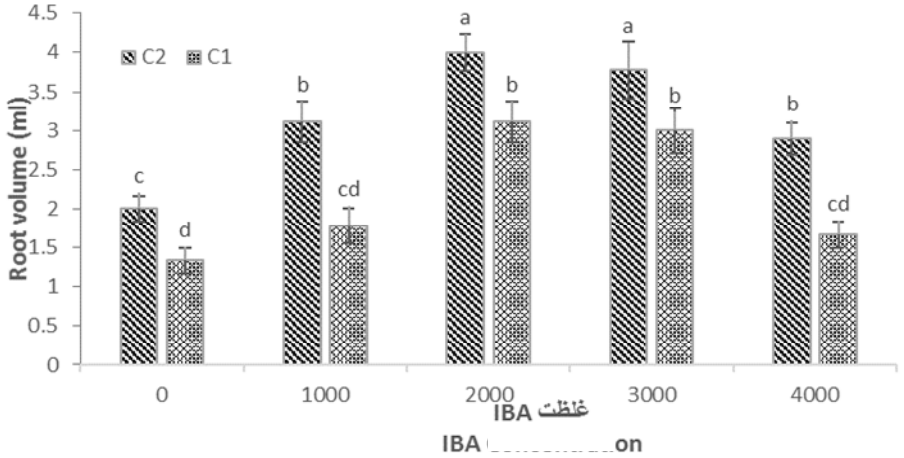
Sources of variation	df	Mean square (MS)		
		Number of new leaves	Percentage of viability	The longest root length
A	2	37.5	1485.3	72.7
B	4	2260.1^{**}	2487.3^{**}	770.1^{**}
C	1	2.0^{ns}	230.4^{*}	42.8^{**}
A×B	8	0.5^{ns}	106.8^{*}	8.2^{ns}
A×C	2	0.2^{ns}	4.2^{ns}	9.0^{ns}
B×C	4	2.2*	9.4^{ns}	3.5^{ns}
A×B×C	4	0.7^{ns}	3.5^{ns}	3.7^{ns}
Error	60	0.8	8.0	1.7

A: بستر کشت، B: ایندول بوتریک اسید، C: قطر قلمه.

*، ** و ns: تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD.

A: medium, B: indole butyric acid, C: cutting diameter.

*, **, ns: Significantly differences at 5 and 1% of probability levels, non-significant difference based on LSD's test, respectively.

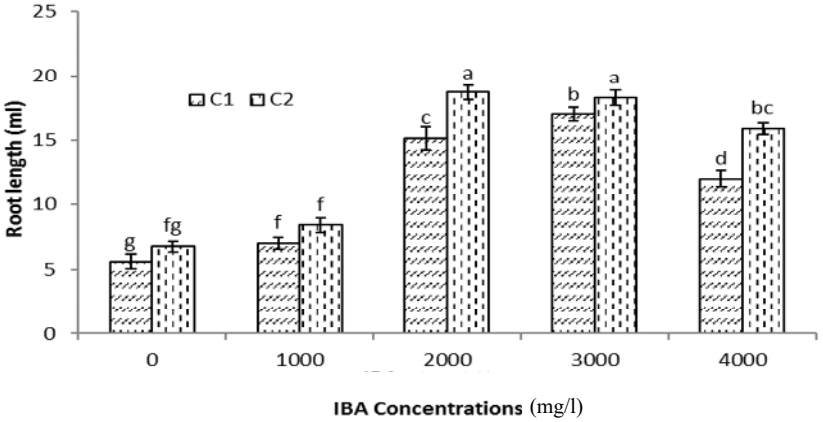


شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل ایندول بوتریک اسید و قطر قلمه بر حجم ریشه‌زایی قلمه گل محمدی (C1: قلمه‌های باریک، C2: قلمه‌های درشت)

Figure 1. Mean comparison interaction effect of IBA and cutting diameter on rooting of Damask rose (C1: Slim cuttings, C2: Coarse cuttings)

میانگین طول ریشه

در آزمایشی که توسط Khosh-Khui & Tafazoli (1979) انجام شد، مشخص گردید ریشه‌دهی به‌طور قابل‌توجهی با پیش تیمار اکسین IBA و NAA افزایش می‌یابد و غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اکسین مناسب‌ترین غلظت برای افزایش ریشه‌دهی گل محمدی تحت آن شرایط است. در این غلظت، اکسین بیشترین تعداد برگ، ریشه، وزن خشک‌ریشه و طول ریشه در قلمه‌های گل محمدی مشاهده شد و با افزایش غلظت اکسین به ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر این صفات کاهش پیدا کردند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در این پژوهش نشان داد اثر سه بستر کشت استفاده‌شده بر میانگین طول ریشه به‌طور معنی‌داری (در سطح ۱٪) مؤثر واقع شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیشترین طول ریشه در دو بستر کشت ۵۰٪ پرلیت- ۵۰٪ کوکوپیت با ۳۰٪ کوکوپیت-۷۰٪ پرلیت بود که با هم از نظر طول ریشه تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که قطر قلمه به‌طور معنی‌داری بر طول و تعداد ریشه مؤثر بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که قلمه‌های قطور طول ریشه بیشتری نسبت به قلمه‌های باریک داشتند. در بین تیمارهای مختلف ایندول بوتریک اسید، از نظر طول ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد همچنین تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که بر همکنش سطوح اکسین و قطر قلمه بر میانگین طول ریشه به‌طور معنی‌داری مؤثر بوده است (جدول ۱). بیشترین طول ریشه در قلمه‌های درشت تیمار شده با ۲ میلی‌گرم بر لیتر اکسین مشاهده شد (شکل ۲). رطوبت در محیط کشت باید به اندازه‌ای باشد که نیاز به آبیاری را کاهش دهد؛ چرا که حفظ رطوبت کافی در محیط موجب افزایش ریشه‌زایی در قلمه‌ها می‌شود (Kumar *et al.*, 2011) و همچنین IBA به‌طور معنی‌داری باعث افزایش تعداد ریشه‌های اولیه در هر قلمه و طول ریشه می‌شود (Dick & Magingo, 2001). تفاوت در توانایی ریشه‌زایی قلمه‌های یک ژنوتیپ ناشی از فاکتورهای آناتومیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و محیطی زیادی است. همچنین عوامل محیطی و درونی مختلفی نیز در این امر دخالت دارند (Macdonald, 1986). هورمون IBA باعث افزایش تعداد برگ‌های جدید در قلمه‌های ریشه‌دار می‌شود و این را به افزایش تعداد و طول ریشه قلمه‌های تیمار شده نسبت دادند چراکه منجر به جذب بیشتر آب و مواد غذایی از محیط کشت‌شده و در نهایت باعث افزایش رشد و تولید برگ‌های جدید می‌شود (Nasri *et al.*, 2015). این نتایج همچنین با نتایجی که توسط Ingle & Venugopal (2009) بر روی استویا انجام شده است، مطابقت دارد. کمترین طول ریشه در بستر ماسه + پرلایت حاصل شد.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل ایندول بوتریک اسید و قطر قلمه بر میانگین طول ریشه قلمه گل محمدی (C1 : قلمه‌های باریک، C2: قلمه‌های درشت)

Figure 2. Mean comparison interaction effect of IBA and cutting diameter on average of Damask rose root length (C1: slim cuttings, C2: coarse cuttings)

بستر ماسه نیز به‌تنهایی به علت ظرفیت تبادل کاتیونی کم، بستر مناسبی نیست. ماسه و پرلایت به‌تنهایی یا در ترکیب با یکدیگر به‌دلیل داشتن نمک‌های مختلف، شوری بستر را افزایش می‌دهند که خود موجب نامناسب‌شدن بستر و افزایش نیاز به آبشویی خواهد شد (Hartmann *et al*., 1990). پرلایت در بستر ریشه‌زایی گرچه سبب تهویه خواهد شد، اما به دلیل نداشتن مواد غذایی و ضعیف بودن قابلیت نگهداری رطوبت و همچنین بالا بودن میزان نمک‌های مختلف در ترکیب با ماسه، کمترین طول ریشه را به‌دنبال داشت (Scagel *et al*., 2003).

میانگین تعداد ریشه

نتایج متعدد نشان می‌دهد که بسترهای ریشه‌زایی در توسعه ریشه‌های ظاهرشده نسبت به القای ریشه نقش بیشتری دارند (Ahmadi, 2011). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سه بستر کشت استفاده شده بر تعداد ریشه‌ها به‌طور معنی‌داری (در سطح ۱٪) مؤثر واقع شد (جدول۱). مقایسه میانگین‌ها صفات مورد بررسی نشان دادند که تعداد ریشه در بستر کشت ۳۰٪ کوکوپیت+ ۷۰٪ پرلیت به‌طور معنی‌داری بیشتر از بستر کشت ۵۰٪ کوکوپیت+ ۵۰٪ پرلیت بود (جدول۴). نتایج تجزیه واریانس همچنین نشان داد که قطر قلمه به‌طور معنی‌داری بر تعداد ریشه مؤثر بود (جدول ۱) به طوری که قلمه‌های قطور تعداد ریشه بیشتری نسبت به قلمه‌های باریک داشتند (جدول ۳). در بین تیمارهای مختلف ایندول بوتریک اسید، از نظر تعداد ریشه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱) و تیمارهای ۲ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر اکسین بیشترین تعداد ریشه را داشتند (جدول ۳).

این موضوع به اثبات رسیده است که اکسین تشکیل ریشه نابجا در قلمه‌های ساقه را از طریق تحریک فعالیت آغازنده‌های ریشه و افزایش انتقال کربوهیدرات به انتهای قلمه تسهیل می‌کند و افزایش تعداد ریشه در قلمه‌ها به نظر می‌رسد تا حدودی به‌واسطه افزایش هیدرولیز ذخایر غذایی تحت، تأثیر اکسین‌ها باشد (Ingle & Venugopal, 2009). عامل مهم دیگر پس از درصد ریشه‌زایی در ارزیابی میزان ریشه‌زایی، میانگین تعداد ریشه در قلمه است. کیفیت نهال تولیدی به تعداد و طول ریشه و نبود کالوس در قاعده ساقه بستگی دارد که این موارد نقش مهمی در سازگاری گیاه بعد از انتقال به زمین اصلی دارند (Nair *et al*., 2008).

طول بلندترین ریشه

بین ژنوتیپ‌های مختلف گل محمدی ازنظر ریشه‌دهی تفاوت‌هایی وجود دارد که ممکن است به دلیل سطوح متفاوت اکسین درونی و ویژگی‌های اصلی ژنوتیپ‌ها باشد (Nasri *et al*., 2015).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر قطر قلمه و ایندول بوتریک اسید بر میانگین تعداد ریشه و طول بلندترین ریشه قلمه گل محمدی
Table 3. Mean comparison effect of cutting diameter and IBA on average of root number and the longest root length of Damask rose

	Cuttings diameter (mm)				
	C2			C1	
Average of root number (n)	10.4a			8.3b	
The longest root (cm)	15.8a			14.4b	
	IBA (mg/l)				
	B4	B3	B2	B1	B0
Average of root number (n)	5.6c	16.0a	15.9a	6.3b	3.0d
The longest root (cm)	17.0c	20.5b	21.7a	8.7d	7.7e

B0: تیمار شاهد (آب مقطر)، B1: 1000 mg/l، B2: 2000 mg/l، B3: 3000 mg/l و B4: 4000 mg/l ایندول بوتریک اسید. C1: قلمه‌های باریک، C2: قلمه‌های قطور.
* در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD هست.
B0: Control (distilled water), B1: 1000 mg / l, B2: 2000 mg / l, B3: 3000 mg / l, and B4: 4000 mg / l Indole Butyric Acid. C1: slim Cuttings, C2: coarse Cuttings.
* In each column the same letters demonstrate a non-significant difference by the LSD's test (P≤0.05).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر بستر کشت بر حجم ریشه، میانگین طول ریشه، میانگین تعداد ریشه، طول بلندترین ریشه، درصد زنده‌مانی و تعداد برگ قلمه گل محمدی.
Table 4. Mean comparison effect of medium culture on root volume, average of root number, the longest root length, viability percentage and number of leaves of Damask rose

Medium	Number of leaves (n)	The longest root length (cm)	Average of root number (n)	Average of root length (cm)	Root volume (ml)
A1	16.5a	15.9a	9.8b	13.0a	9.2a
A2	16.6a	16.2a	10.4a	13.5a	8.2a
A3	14.6b	13.3b	8.0c	10.7b	3.2b

A1: ۵۰٪ کوکوپیت + ۵۰٪ پرلیت، A2: ۳۰٪ کوکوپیت + ۷۰٪ پرلیت و A3: ۵۰٪ ماسه+۵۰٪ پرلیت.
* در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD هست.
A1: 50% cocopeat + 50% perlite, A2: 30% cocopeat + 70% perlite and A3: 50% sand + 50% perlite.
* In each column the letters demonstrate a non-significant difference by the LSD's test (P≤0.05).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بسترهای کشت، سطوح مختلف اکسین و قطر قلمه بر میزان بلندترین ریشه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میزان طول ریشه در دو بستر کشت ۵۰٪ پرلیت+ ۵۰٪ کوکوپیت و ۷۰٪ پرلیت ۳۰٪ کوکوپیت مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند (جدول ۴). بیشترین میزان طول ریشه در تیمار ۲ میلی گرم بر لیتر هورمون IBA مشاهده شد. از نظر بلندترین طول ریشه، قلمه‌های قطور نسبت به قلمه‌های باریک به‌طور معنی‌داری عملکرد بهتری نشان دادند (جدول ۳).

طول ریشه به مقدار مواد معدنی و همچنین خلل و فرج بستر بستگی دارد. وجود اکسیژن و تهویه کافی ممکن است به‌خودی‌خود در القای ریشه حساسیت کمتری نشان دهد، اما در طول روند رشد ریشه که به‌سرعت رخ می‌دهد نیاز به اکسیژن و تهویه امری ضروری خواهد بود (Nasri *et al.*, 2015). به این ترتیب بالا بودن خلل و فرج موجود در بستر کشت ۵۰٪ ماسه+۵۰٪ پرلیت ممکن است عامل کاهنده ریشه‌زایی در مراحل اول خروج ریشه‌چه باشد. Shokri *et al.* (۲۰۱۳) نیز مشاهده کردند که بیشترین طول ریشه قلمه‌های گیاه شیشه‌شور مجنون (*Callistemon viminalis*) در بستر کشت ماسه+ کوکوپیت مشاهده شد که دلیل آن را وجود مقادیر زیاد نیتروژن در این بستر اعلام کردند. نیتروژن برای سنتز پروتئین و اسید نوکلئیک در مرحله آغازیدن ریشه کاملاً لازم و ضروری است. اکسین می‌تواند بزرگ‌شدن سلولی را کنترل کند (Kumar *et al.*, 2011).

تعداد برگ‌های رشد یافته

Nasri *et al.* (2015) نشان دادند که IBA باعث افزایش تعداد برگ‌های جدید در قلمه‌های ریشه‌دار می‌شود و این را به افزایش تعداد و طول ریشه قلمه‌های تیمارشده نسبت دادند، چرا که منجر به جذب بیشتر آب و مواد غذایی از محیط کشت‌شده و درنهایت باعث افزایش رشد و تولید برگ‌های جدید می‌شود (Nasri *et al.*, 2015). نتایج تجزیه واریانس‌ها نشان داد که اثر بستر کشت و سطوح مختلف اکسین

به‌طور معنی‌داری بر تعداد برگ مؤثر است. بین دو قطر قلمه از نظر تعداد برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). برهمکنش قطر قلمه و سطوح اکسین بر تعداد برگ در سطح ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد برگ در دو قطر قلمه تیمارشده با ۵ سطح اکسین بر اساس شکل ۳، قلمه‌های تیمارشده با ۲ و ۳ هزار میلی‌گرم بر لیتر اکسین و کمترین تعداد برگ در قلمه‌های باریک تیمارشده با آب مقطر، مشاهده شد.

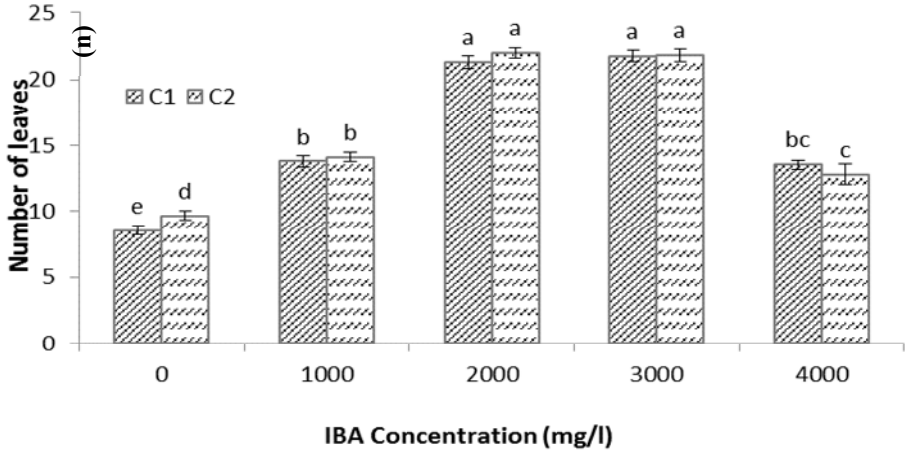
درصد زنده‌مانی قلمه‌ها پس از انتقال به گلدان

نتایج تجزیه واریانس‌ها نشان داد فاکتورهای بستر کشت و سطوح مختلف اکسین به‌طور معنی‌داری (در سطح ۱٪) بر درصد زنده‌مانی قلمه‌ها بعد از انتقال به گلدان مؤثر بوده است همچنین قطر قلمه بر درصد زنده‌مانی قلمه‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) و قلمه‌های درشت بعد از انتقال به گلدان درصد زنده‌مانی بیشتری داشتند (شکل ۵). برهمکنش بستر کشت و سطوح اکسین بر درصد زنده‌مانی قلمه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان زنده‌مانی (۱۰۰٪) در تیمار ۲۰۰۰ اکسین و بستر کشت ۳۰٪ کوکوپیت-۷۰٪ پرلیت مشاهده شد که با تیمار ۵۰٪ کوکوپیت-۵۰٪ پرلیت در همین سطح اکسین و تیمارهای ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ اکسین در بستر ۳۰٪ کوکوپیت-۷۰٪ پرلیت تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴).

Darodi *et al.* (2008) نیز با بررسی اثر قطر قلمه‌های سماق بر درصد زنده‌مانی بیان کردند که بیشترین درصد زنده‌مانی در تیمارهای قطر درشت و کمترین درصد زنده‌مانی در تیمار قطر ریز مشاهده شد (Arteca, 2013). این نتایج همچنین با نتایج به‌دست‌آمده توسط Brennan & Mudge (1998) و Magingo & Dick (2001) مطابقت دارد.

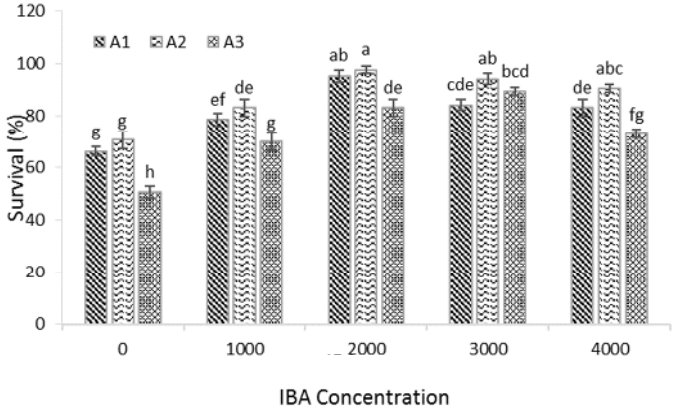
تجزیه و برآورد ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیک قلمه نشان داد که بین حجم ریشه با میانگین طول ریشه، میانگین تعداد ریشه، طول بلندترین ریشه، درصد زنده‌مانی و تعداد برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (جدول ۵).

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون ساده، معنی‌داری آماره F نشان داد که یک ارتباط درجه دو بین درصد زنده‌مانی و اکسین برقرار است. به‌عبارتی مدل رگرسیونی یک مدل غیرخطی است که از دقت قابل قبولی برخوردار است (R^2=۰/۹۸). همچنین ۵۸/۱ درصد از تغییرات درصد زنده‌مانی قلمه‌ها توسط هورمون IBA پیش‌بینی می‌شود. این معادله چند جمله ای درجه دو نشان می‌دهد که در مقادیر کم اکسین درصد زنده‌مانی به صورتی خطی افزایش پیدا می‌کند و در مقادیر بالای اکسین، افت خواهد کرد.



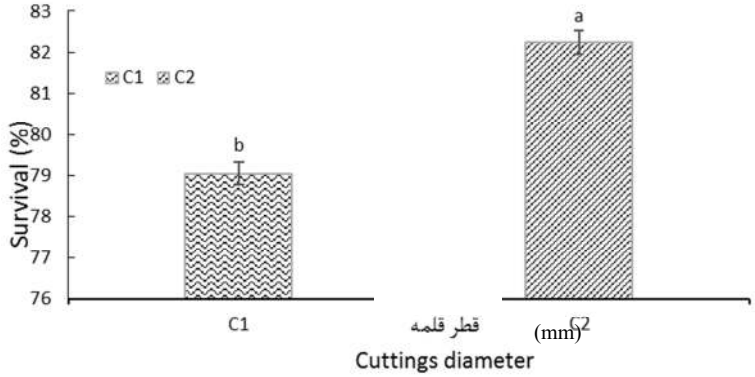
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل ایندول بوتریک اسید و قطر قلمه بر تعداد برگ قلمه گل محمدی(C1: قلمه‌های باریک، C2: قلمه‌های درشت)

Figure 3. Mean comparison interaction effect of IBA and cutting diameter on the number of cuttings Damask rose (C1: Slim cuttings, C2: coarse cuttings)



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل ایندول بوتریک اسید و بستر کشت بر درصد زنده‌مانی قلمه گل محمدی(A1: ۵۰٪ کوکوپیت+ ۵۰٪ پرلیت، A2: ۳۰٪ کوکوپیت+ ۷۰٪ پرلیت و A3: ۵۰٪ ماسه+۵۰٪ پرلیت)

Figure 4. Mean comparison interaction effect of IBA and medium culture on viability percentage of Damask rose (A1: Cocopeat 50% + perlite 50%, A2: Cocopeat 30% + perlite 70% and A3: Sand 50% + perlite 50%)



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر قطر قلمه بر درصد زنده‌مانی قلمه‌های گل محمدی بعد از انتقال به گلدان (C1: قلمه‌های باریک، C2: قلمه‌های درشت)

Figure 5. Mean comparison effect of cutting diameter on viability percentage of Damask rose after transferring to the pot (C1: Slim cuttings, C2: Coarse cuttings)

جدول ۵. همبستگی بین صفات مورفولوژیک قلمه گل محمدی

Table 5. Correlation between morphological traits of cutting of Damask rose

	Number of leaves (n)	Viability (%)	The longest root length (cm)	Average of root number (n)	Average of root length (cm)	Root volume (ml)
Root volume (ml)	1.00					
Average of root length (cm)	0.63**	1.00				
Average of root number (n)	0.72**	0.84**	1.00			
The longest root length (cm)	0.62**	0.95**	0.83**	1.00		
Viability (%)	0.61**	0.76**	0.74**	0.76**	1.00	
Number of leaves (n)	0.64**	0.82**	0.94**	0.82**	0.75*	1.00

* در هر ستون، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD هست.

* In each column the same letters demonstrate a non-significant difference by the LSD's test (P≤0.05).

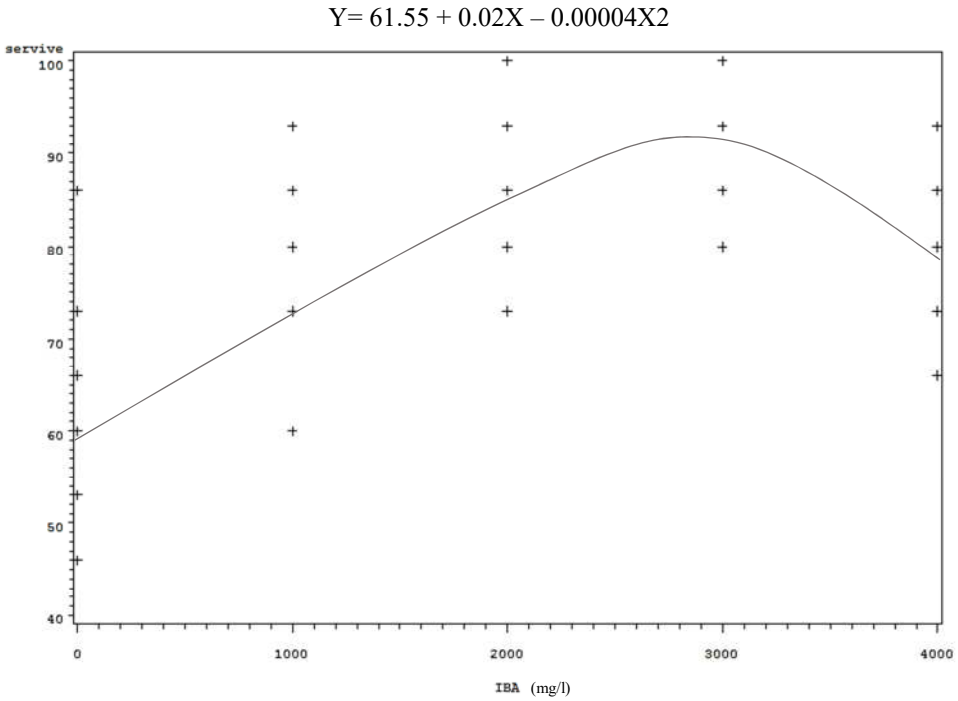
جدول ۶. تجزیه رگرسیون درصد زنده‌مانی قلمه گل محمدی تحت تأثیر ایندول بوتریک اسید

Table 6. Regression analysis of percentage of viability of cutting of Damask rose under the influence of IBA

Sources of variation	Degree of freedom	Average of squares
Regression	1	4813.72**
Deviation of regression	87	79.78
R^2		58.10

*، ** و ns: به ترتیب تفاوت معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار براساس آزمون t.

*, **, ns: Significantly differences at 5 and 1% of probability levels, and non-significantly difference based on t's test, respectively.



شکل ۶. خط رگرسیونی اثر ایندول بوتریک اسید بر درصد زنده‌مانی قلمه‌های گل محمدی

Figure 6. Regression line effect of IBA on percentage of viability of cuttings of Damask rose

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان گفت که جهت تسریع ریشه‌دار کردن، تولید قلمه‌های با کیفیت و با درصد زنده‌مانی بالا، تلفات کم و کاهش هزینه‌ها بهتر است از قلمه‌های درشت با تیمار هورمون ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هورمون IBA و در بستر کشت ۷۰٪ پرلیت+ ۳۰٪ کوکوپیت تحت سیستم پا گرما و میست استفاده کرد. از آنجا که بهترین عملکرد ریشه‌زایی (تعداد ریشه، طول ریشه و حجم ریشه) در تیمار ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اکسین مشاهده شد و افزایش غلظت از ۲۰۰۰ به ۳۰۰۰ تأثیر معنی‌داری بر افزایش صفات کمی قلمه‌ها نداشت، برای کاهش هزینه بهتر است از غلظت کم هورمون IBA استفاده شود. در دو بستر کشت A1 و A2 بهترین عملکرد را داشتیم و این دو از نظر راندمان تولید تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، ولی برای داشتن صرفه اقتصادی بهتر است از بستر کشت A2 که حجم کمتری کوکوپیت نیاز دارد، می‌توان استفاده نمود.

REFERENCES

1. Ahmadi, N. (2011). Rooting and growth of cuttings from ethylene-low or ethylene-high sensitive miniature rose genotypes under mist condition. *International Society for Horticultural Science*, 952, 893-898.
2. Arteca, R.N. (2013). Plant growth substances: principles and applications. *Springer Science & Business Media*, 321-361.
3. Asaduzzaman, M., Kobayashi, Y., Mondal, M. F., Ban, T., Matsubara, H., Adachi, F. & Asao, T. (2013). Growing carrots hydroponically using perlite substrates. *Scientia Horticulturae*, 159, 113-121.
4. Awang, Y., Shaharom, A. S., Mohamad, R. B. & Selamat, A. (2009). Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media mixtures and their effects on the growth and development of *Celosia cristata*. *American journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4, 63-71.
5. Brennan, E. B. & Mudge, K. W. (1998). Vegetative propagation of Inga feuillei from shoot cuttings and air layering. *New Forests*, 15, 37-51.
6. Darodi, H., Akbarinia, M. A., Jalali, S. & Khosrojeardi, A. (2008). The effect of diameter of cutting and medium on rooting and viability of cutting (*Rhus coriaria* L). *Biological Science Promotion*, 21(2), 270-277. (in Farsi)

7. Ercişli, S., Eşitken, A., Anapali, O. & Şahin, U. (2004). Effects of substrate and IBA concentration on adventitious root formation on hardwood cuttings of *Rosa dumalis*. In "*I International Rose Hip Conference 690*", pp. 149-152.
8. Hartmann, H., Kester, D. & Davies, F. (1990). Theoretical aspects of grafting and budding. *Plant Propagation*, 5, 305-348.
9. Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T. & Geneve, R.L. (1997). *Plant propagation: principles and practices* (No. Ed. 6). Prentice-Hall Inc.
10. Ingle, M. & Venugopal, C. (2009). Effect of different growth regulators on rooting of stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) cuttings. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 22, 455-456.
11. Izadi, Z. & Zarei, H. (2014). Evaluation of propagation of Chinese hibiscus (*Hibiscus rosa-sinensis*) through stenting method in response to different IBA concentrations and rootstocks. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 18-36.
12. Keisling, T.C. & Fuqua, M.C. (1979). Aluminum and manganese toxicity of rose plants grown in East Texas. *HortScience (USA)*, 21, 43-49.
13. Kumar, R., Tyagi, A.K. & Sharma, A. K. (2011). Genome-wide analysis of auxin response factor (ARF) gene family from tomato and analysis of their role in flower and fruit development. *Molecular Genetics and Genomics*, 285, 245-260.
14. Khalaj, M. A. & Amiri, M. (2011). The effect of different mediumes on quantity and quality of gerbera in non-rotating soilless culture. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 2(8), 47-54. (in Farsi).
15. Khosh-Khui, M. & Tafazoli, E. (1979). Effect of acid or base pretreatment on auxin response of Damask rose cuttings. *Scientia Horticulturae*, 10, 395-399.
16. Macdonald, B. (1986). *Practical woody plant propagation for nursery growers*. Volume I, Timber Press.
17. Magingo, F. & Dick, J. M. (2001). Propagation of two miombo woodland trees by leafy stem cuttings obtained from seedlings. *Agroforestry Systems*, 51, 49-55.
18. Marandi, R. (1997). Investigation on the effect of the medium on rooting of grape cuttings. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 23, 65-70. (in Farsi).
19. Nair, A., Zhang, D., Smagula, J. & Hu, D. (2008). Rooting & overwintering stem cuttings of *Stewartia pseudocamellia* Maxim. relevant to hormone, media, and temperature. *HortScience*, 43, 2124-2128.
20. Nasri, F., Fadakar, A., Saba, M.K. & Yousefi, B.(2015). Study of indole butyric acid (IBA) effects on cutting rooting improving some of wild genotypes of damask roses (*Rosa damascena* Mill.). *Journal of Agricultural Sciences*, *Belgrade*, 60, 263-275.
21. Ranjbari, A. & Ahmadi, N. (2016). The effect of Two types Auxin IBA, NAA and medium on rooting of cuttings (*Rosa hybrid*). *Journal of HorticulturalScience*, 30, 528-520. (in Farsi).
22. Scagel, C., Reddy, K. & Armstrong, J. (2003). Mycorrhizal fungi in rooting substrate influences the quantity and quality of roots on stem cuttings of hick's yew. *HortTechnology*, 13(2), 62-66.
23. Shokri, S., Zarei, H. & Alizadeh, M. (2013). The effect of several rooting media on rooting of semi-hard cutting (*Callistemon viminalis*) in greenhouse conditions, 19(5), 173-182. (in Farsi).
24. Singh, K., Rawat, J., Tomar, Y. & Kumar, P. (2013). Effect of IBA concentration on inducing rooting in stem cuttings of *Thuja compecta* under mist house condition. *HortFlora Reserch Spectrum*, 2, 30-34.
25. Tabaei-Aghdaei, S. R., Babaei, A., Khosh-Khui, M., Jaimand, K., Rezaee, M. B., Assareh, M. H. & Naghavi, M.R. (2007). Morphological and oil content variations amongst Damask rose (*Rosa damascena* Mill.) landraces from different regions of Iran. *Scientia Horticulturae*, 113, 44-48.
26. Van de Pol, P.A. & Breukelaar, A. (1982). Stenting of roses; a method for quick propagation by simultaneously cutting and grafting. *Scientia Horticulturae*, 17(2) 187-196.