گل و گیاهان زینتی (۱۴۰۲)، ۸(۱): ۱۵۵-۱۷۰
مقاله پژوهشی

اثرهای پوترسین، ایندول بوتیریک اسید و زخم‌زنی بر ریشه‌زایی قلمه ورد مینیاتور (*Rosa hybrida* L. cv. Sanaz-e-Zard) در شرایط گلخانه و کشت درون شیشه‌ای

محمد موسوی احمدآباد[۱]، مریم دهستانی اردکانی[۲و۳*]، نیما احمدی[۱*]

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان
۳. پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی، دانشگاه اردکان، اردکان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۱۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۲۶
mdehestani@ardakan.ac.ir
ahmadin@modares.ac.ir

چکیده

ورد (رز) مینیاتور گونه‌ای زینتی است که به‌صورت گسترده در فضای سبز و به‌عنوان گیاه گلدانی و گل بریدنی مورداستفاده قرار می‌گیرد. استفاده از روش‌های سنتی برای افزایش این گونه‌ها با محدودیت زمانی و کمبود پایه همراه است، و روش‌های ریزافزایی روبه افزایش است. ریشه‌دار کردن قلمه‌های ورد با استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد مختلف اهمیت دارد. در پژوهش حاضر نقش غلظت‌های مختلف پوترسین و ایندول-۳- بوتیریک اسید (IBA)، به‌صورت همراه و ایجاد زخم‌زنی انتهای قلمه بر ریشه‌زایی قلمه‌های ورد میناتوری رقم ساناز زرد (*Rosa hybrida* cv. Sanaz-e-Zard) در شرایط گلخانه و کشت درون شیشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. ریشه‌زایی در ریز قلمه‌ها روی محیط کشت پایه MS حاوی پنج غلظت (۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر) IBA و پوترسین بررسی شد. قلمه‌ها نیز با پنج سطح (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۲ گرم بر لیتر) IBA، پوترسین و دو سطح زخم‌زنی (با و بدون زخم) تیمار شدند. آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار صورت گرفت. نتایج در شرایط گلخانه نشان داد که بیشترین طول و تعداد ریشه در تیمار ۱ گرم در لیتر IBA (به‌ترتیب ۳۱/۵ سانتی‌متر و ٦/۵ عدد) حاصل شد. زخم‌زنی انتهای قلمه ۳۳/۳۳٪ تعداد ریشه را افزایش داد. در شرایط درون شیشه نیز بیشترین تعداد ریشه در تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر IBA همراه با ۲ میلی‌گرم در لیتر پوترسین (٦ عدد) و بیشترین تعداد شاخساره با کاربرد هم‌زمان ۰/۲۵، ۰/۵ و ۲ گرم در لیتر IBA + تمام سطوح پوترسین به‌دست آمد. به‌صورت کلی، به‌نظر می‌رسد که کاربرد هم‌زمان IBA و پوترسین باعث افزایش ریشه‌زایی قلمه‌های ورد مینیاتور در شرایط درون و برون شیشه‌ای می‌شود. همچنین زخم‌زنی انتهای قلمه‌ها نقش مؤثری در بهبود ریشه‌زایی در محیط گلخانه دارد.

واژه‌های کلیدی: ایندول-۳- بوتیریک اسید، پرآوری، ریز قلمه، کشت‌بافت، محیط‌کشت.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]
[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]

مقدمه

ورد (رز) یکی از محبوب‌ترین گل‌ها در دنیاست (Castilon *et al.*, 2006). ورد مینیاتوری امروزی با نام علمی *Rosa hybrida* L. از گونه *Rosa chinensis* L. منشاء گرفته که از تیره Rosaceae می‌باشد. این گیاه بومی چین مرکزی است و در ارتفاعات بین ۱۹۵۰-۵۰۰ متر دیده می‌شود (Duke & Ayensu, 1985). رنگ گل‌های ورد مینیاتوری بسیار متنوع است و ممکن است قرمز، سفید کرمی یا صورتی کم رنگ باشد که بعدا قرمز می‌شود. امروزه ورد مینیاتور اهمیت اقتصادی بیشتری نسبت به سایر گل‌ها دارد. این گیاه در سراسر جهان به طور گسترده کشت می‌شود و به عنوان گیاه باغچه‌ای، گلدانی، یا شاخه بریدنی فروخته می‌شود که مورد دوم ۳۰٪ از سهم بازار را به خود اختصاص داده است (Nybom & Werlemark, 2017).

روش‌های متداول برای افزایش ارقام گل ورد از طریق قلمه ساقه، پیوند جوانه و پیوند استنتینگ (قلمه و پیوند همزمان) و در برخی موارد از طریق بذر است (Salehi & Khosh-Khui, 1997; Azadi *et al.*, 2013). روش‌های کشت بافت به‌طور گسترده برای ازدیاد "هم‌گروهی" بسیاری از گیاهان زینتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش فناوری مناسبی است که امکان تولید انبوه، سریع و کارآمد گیاهچه‌های یکنواخت و در برخی موارد عاری از عوامل بیماری‌زا را فراهم می‌کند. در این راستا، پژوهش‌های زیادی برای ایجاد شیوه‌نامه‌های ریزازدیادی مناسب برای چندین گونه و رقم گل ورد انجام شده است (Pourhosseini *et al.*, 2013; Malik *et al.*, 2017; Wojtania & Mat, 2018; Samiei *et al.*, 2021).

با توجه به اینکه گیاهان تولید شده از بذر شبیه گیاهان مادری نمی‌باشند، افزایش رویشی برای حفظ ویژگی‌های مطلوب ارقام گیاهان زینتی تجاری به‌صورت عمده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ahmadi, 2012). تشکیل ریشه‌های نابجا یک مرحله ضروری برای افزایش قلمه‌ها است. ریشه‌های نابه‌جا از بافت‌های غیر از جنین، مانند ساقه و برگ، معمولاً در پاسخ به شرایط محیطی چالش‌برانگیز توسعه می‌یابند. آنها همچنین ممکن است در اثر آسیب مکانیکی یا در شرایط کشت بافت آزمایشگاهی ایجاد شوند (Bellini *et al.*, 2014; Druege *et al.*, 2019; Gonin *et al.*, 2019). تشکیل ریشه‌های نابه‌جا شامل چندین مرحله رشدی است (de Klerk *et al.*, 1999) و رویدادهای تنظیمی کلیدی که در مرحله القاء رخ می‌دهند، منجر به برنامه‌ریزی مجدد مولکولی برخی از یاخته‌های مرتبط با آوندها می‌شود (Lakehal & Bellini, 2019). پس از قلمه‌گیری، زخم موجب تجمع اولیه اسید جاسمونیک و اتیلن در انتهای ساقه می‌شود، در حالی‌که تجمع بعدی اکسین فعال، اسید ایندول-۳-استیک، در انتهای پایه برش‌خورده بستگی به انتقال اکسین قطبی پیش‌ساخته از ساقه دارد (Ahkami *et al.*, 2014; Druege *et al.*, 2014; Lischweski *et al.*, 2015). در تحقیقات نشان داده شده است که اکسین خارجی در تشکیل ریشه در قلمه‌های ساقه نقش ضروری دارد و سرعت و درصد ریشه‌زایی را افزایش می‌دهد (Galavi *et al.*, 2013). در گل ورد، از اکسین‌ها، به‌ویژه اسید ایندول-۳-بوتیریک، به‌طور گسترده برای تسریع تشکیل ریشه‌های نابجا در ارقام خاص در شرایط درون و برون‌شیشه‌ای استفاده می‌شود (Rather & Tsewang Tamchos, 2017; Ranjbar & Ahmadi, 2017; Pourghorban *et al.*, 2020, Nguyen *et al.*, 2020). بنابراین، توانایی تشکیل ریشه‌های نابجا از اهمیت اقتصادی بالایی در صنعت گل ورد برخوردار است (Nguyen *et al.*, 2020).

پلی‌آمین‌ها نقش مهمی در مجموعه‌ای از فرآیندهای رشد و نمو گیاه دارند. آنها در فرآیندهای یاخته ای مانند ازدیاد یاخته ای،

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]

تمایز، تشکیل ریشه، مرگ برنامه‌ریزی‌شده یاخته، پیری، رشد و رسیدن میوه موثر هستند. همچنین این ترکیبات در تحمل گیاه یا مقاومت در برابر تنش‌های زنده یا غیرزنده نقش دارد (Fern´andez-Crespo *et al*., 2015; Hussain *et al*., 2011; Kusano *et al*., 2008; Liu *et al*., 2015). پوترسین در هر دو شرایط درون و برون‌شیشه‌ای برای افزایش تشکیل ریشه و طول ریشه در برخی گیاهان مانند گلابی، سیب (پایه M9، کلون P3)، زیتون و فندق استفاده می‌شود (Rugini *et al*., 1993; Cristofori *et al*., 2010; Denaxa *et al*., 2014).

با توجه به اهمیت اقتصادی و کاربردهای فراوان ورد مینیاتوری در صنعت گیاهان زینتی، در پژوهش حاضر اثر IBA و پوترسین با غلظت‌های مختلف بر ریشه‌زایی قلمه گل ورد مینیاتوری رقم ساناز زرد در شرایط درون و برون شیشه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین تأثیر زخم بر تشکیل ریشه نابجا در قلمه‌ها در شرایط گلخانه مطالعه شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

شاخساره‌های سالم و قوی از قسمت بالایی درختچه‌های ورد مینیاتوری رقم "ساناز زرد" (گیاهان سه تا چهار ساله) از دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران تهیه و مورد استفاده قرار گرفتند. ریز قلمه‌ها (قلمه‌های تک گره)، حاوی یک جوانه جانبی به طول حدود ۲-۱ سانتی‌متر تهیه شد (شکل A۱). برای آزمایش برون شیشه، قلمه‌های نیمه‌سخت با طول متوسط در حدود ۲۰-۱۵ سانتی‌متر شامل پنج تا شش گره تهیه شد. آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در دانشگاه اردکان انجام شد.

انگیزش ریشه در شرایط درون شیشه

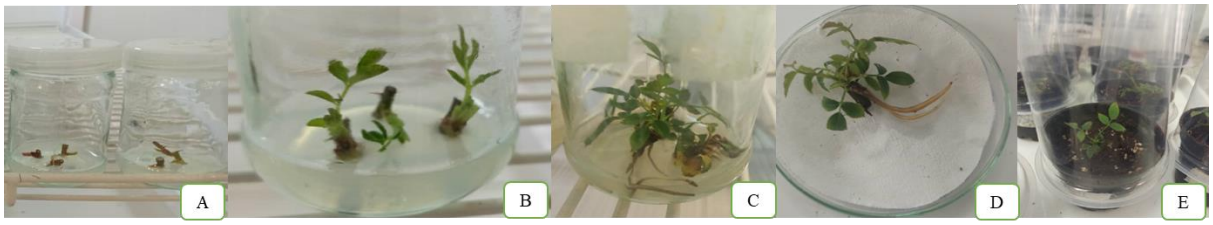
ریزنمونه‌ها ابتدا با آب مقطر استریل سه بار شستشو شدند، سپس به محلول ضدعفونی حاوی ۰/۰۵٪ اسید سیتریک و ۰/۱٪ کلرید جیوه منتقل و به مدت ٤-۳ دقیقه گندزدایی شدند. در نهایت ریزنمونه‌ها در محلول اسید سیتریک ۰/۰۵٪ به مدت سه دقیقه مورد شستشو داده قرار گرفتند. لازم به ذکر است که ریزنمونه‌ها در طول زمان ضدعفونی به‌طور مرتب تکان داده شدند (Khamushi *et al*., 2019). ریزنمونه‌ها، درون شیشه‌هایی با ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و قطر ٦ سانتی‌متر در محیط کشت MS (Murashige & Skoog, 1962) کشت شدند (شکل A۱). این آزمایش شامل سه تکرار بود که هر شیشه یک تکرار در نظر گرفته شد و در هر شیشه سه ریزنمونه کشت شد. به محیط کشت پایه MS ۸/۵ گرم در لیتر آگار و ۳۰ گرم در لیتر ساکارز اضافه شد. pH محیط کشت روی ۵/۷ تنظیم شد و محیط کشت به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس در اتوکلاو قرار گرفت.

جهت ریشه‌زایی ریز قلمه‌ها از محیط‌کشت پایه MS با غلظت‌های مختلف IBA و پوترسین (۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) استفاده شد. ظروف در اتاقک رشد با ١٦ ساعت روشنایی با دمای ۲ ± ۲۳ درجه سلسیوس و ۸ ساعت تاریکی با دمای ۲ ± ۱۸ درجه سلسیوس نگهداری شدند. شدت نور در دوره روشنایی برابر با ٤٠-٣٤ $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ بود. در هر ریزنمونه ۵۰ روز پس از کشت، فاکتورهای رشدی مانند طول و تعداد ریشه، طول و تعداد شاخساره و همچنین شاخص سبزینگی برگ اندازه‌گیری شد. شاخص سبزینگی برگ با استفاده از دستگاه Minolta SPAD CCM-200 اندازه‌گیری شد.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]

ریز قلمه‌های ریشه‌دار شده پس از طی یک دوره شش هفته‌ای، از محیط کشت خارج شدند، با آب مقطر استریل برای از بین بردن آثار آگار شستشو داده شدند و سپس درون گلدان‌های پلاستیکی حاوی پرلیت و کوکوپیت (۱: ۱) استریل کشت شدند (شکل D۱). جهت حفظ رطوبت، گلدان‌ها توسط لیوان‌های پلاستیکی شفاف پوشانده شدند (شکل E۱). پس از طی دو هفته، لیوان‌ها سوراخ شدند و در هفته سوم لیوان‌های پلاستیکی از روی گلدان‌ها برداشته شدند. چهار هفته بعد، جهت سازگاری گیاهچه‌ها به شرایط کنترل شده، درون گلخانه قرار گرفتند و در نهایت گیاهان در خارج از گلخانه کشت شدند.



شکل ۱- فرایند افزایش درون شیشه‌ای ریزقلمه‌های ورد مینیاتوری رقم ساناز زرد. A. کشت درون شیشه‌ای ریزنمونه‌های قلمه تک گره در شیشه مربایی، B. پرآوری شاخساره ریزنمونه‌های قلمه تک گره در محیط کشت MS حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA + ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر پوترسین پس از سه هفته، C. انگیزش ریشه در محیط کشت MS حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA + ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر پوترسین پس از شش هفته، D. ریزقلمه‌های ریشه‌دار آماده شده برای انتقال به گلدان، E. سازگاری گیاهچه‌ها در شرایط کنترل‌شده در اتاقک رشد پس از هفت هفته.

Figure 1- *In vitro* propagation of *R. hybrida* cv. Sanaz-e-Zard micro-cutting procedure. A. *In vitro* culture of nodal explants in jam glasses, B. Shoot proliferation of single node explants which were incubated on the MS medium + 0.5 mg/l IBA + 0.5 mg/l putrescine after 3 weeks. C. Root induction on the MS medium + 0.5 mg/l IBA + 0.5 mg/l putrescine after a period of 6 weeks. D. Rooted micro-cutting ready for transferring to pot E. Acclimatized plantlets after 7 weeks under controlled conditions of growth chamber.

انگیزش ریشه در شرایط گلخانه

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار روی ورد مینیاتوری رقم "ساناز زرد" صورت گرفت. تیمارها شامل IBA و پوترسین هریک در پنج سطح (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۲ گرم بر لیتر)، به همراه دو سطح زخم‌زنی (با و بدون زخم) بود. قلمه‌ها از شاخه‌های نیمه‌چوبی یک‌ساله به طول ۲۰ سانتی‌متر تهیه گردید، سپس در قسمت پائین قلمه‌ها توسط یک تیغ استریل و تیز دو خراش طولی به طول دو سانتی‌متر ایجاد گردید؛ به‌طوری‌که قسمتی از بافت چوب قلمه نیز زخمی شد ولی آسیبی به جوانه موجود در انتهای قلمه وارد نشد. انتهای پایه قلمه‌ها به مدت ۶۰ ثانیه در بنومیل (۲۰٪) برای جلوگیری از بیماری‌های قارچی قرار داده شد و سپس بلافاصله در غلظت‌های مختلف IBA و پوترسین به مدت ۶۰ ثانیه قرار داده شد. نهایتاً قلمه‌ها در گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۱۰ سانتی‌متر حاوی ۱۰۰٪ ماسه کشت گردیدند. آبیاری گلدان‌ها به‌صورت روزانه صورت گرفت. هر واحد آزمایشی شامل سه قلمه بود که هر قلمه در یک گلدان کشت شد. شرایط گلخانه مورداستفاده به‌شکل نیمه کنترل‌شده با دمای متوسط ۵ ± ۲۰ درجه سلسیوس و به‌ترتیب ۱۳ و ۱۱ ساعت روشنایی / تاریکی بود. پس از ۸ هفته، تعداد و طول ریشه در قلمه و طول و تعداد شاخساره در هر قلمه مورد ارزیابی قرار گرفت.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]

واکاوی آماری داده‌ها

واکاوی آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ صورت گرفت. مقایسه‌ی میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۱٪ انجام شد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۱۰ انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

آزمایش‌های درون شیشه

تعداد و طول ریشه

بیشترین تعداد ریشه در شرایط درون شیشه مربوط به کاربرد ۱ میلی‌گرم در لیتر IBA+۲ میلی‌گرم در لیتر پوترسین (٦ عدد) بود (شکل ۲A). کاربرد هم زمان ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA+۰/۵ میلی‌گرم در لیتر پوترسین منجر به کاهش ریشه‌زایی به ۱/٦٦ عدد شد (شکل ۲A).

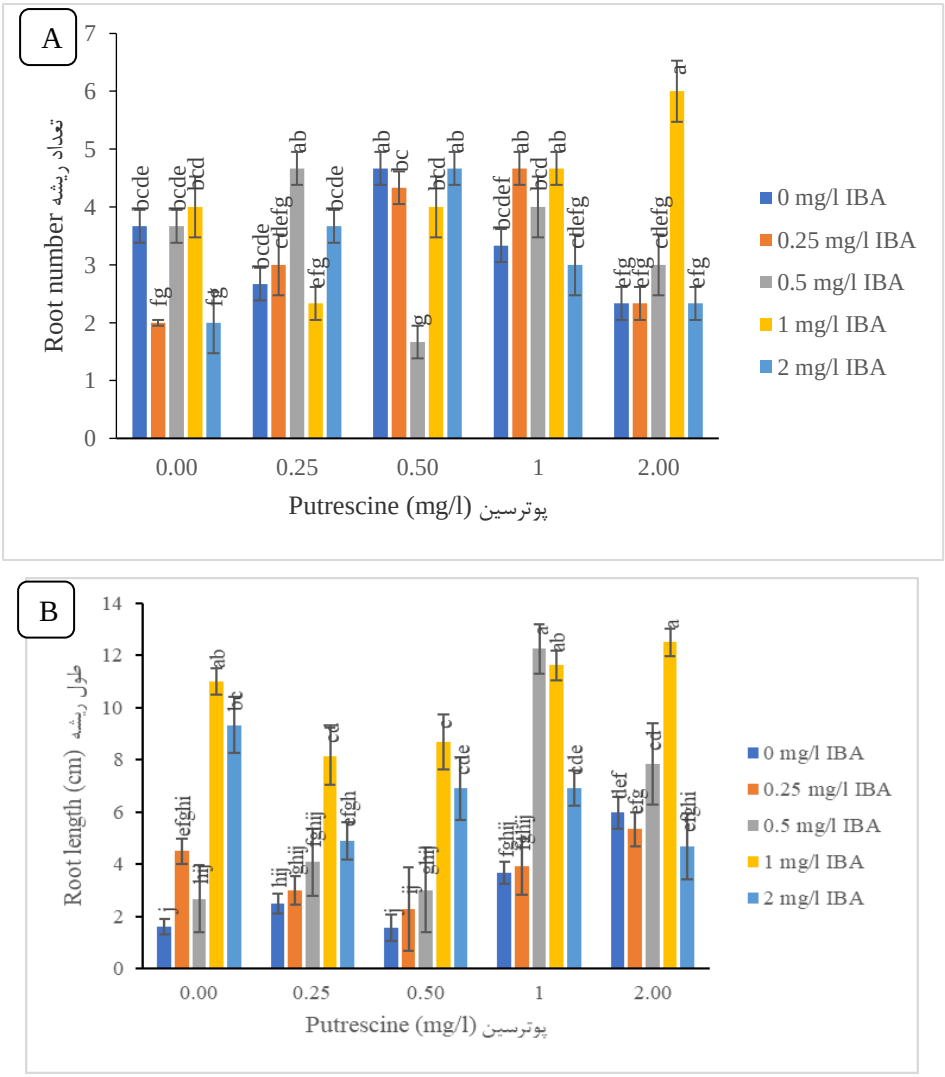
برهمکنش غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد IBA و پوترسین بر طول ریشه قلمه ورد مینیاتوری در شرایط درون شیشه نشان داد که بیشترین طول ریشه برحسب سانتی‌متر مربوط به کاربرد تیمارهای ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA + ۱ میلی‌گرم در لیتر پوترسین با طول ریشه ۱۲/۲۵ سانتی‌متر و ۱ میلی‌گرم در لیتر IBA + ۲ میلی‌گرم در لیتر پوترسین با طول ریشه ۱۲/۵۰ سانتی‌متر بود (شکل ۲B). کمترین طول ریشه نیز در تیمار شاهد و ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر پوترسین مشاهده شد (شکل ۲B).

ریشه‌زایی را می‌توان مرحله مهمی از ریزازدیادی دانست و موفقیت سیستم ریزازدیادی تجاری به کارایی ریشه‌زایی ریز قلمه‌ها و کیفیت ریشه بستگی دارد (Goel *et al.*, 2018). نقش آشکار اکسین که به‌طور طبیعی در اندام‌های گیاهی تولید می‌شود، در تشکیل ریشه به‌خوبی به اثبات رسیده است. امروزه از اکسین مصنوعی تجاری برای تسریع ریشه‌زایی قلمه‌ها و جلوگیری از مرگ آن‌ها استفاده می‌شود (Kasim et al., 2009). نقش مفید اکسین در انگیزش ریشه‌های نابجا، به‌ویژه IBA، در تعداد قابل‌توجهی از مطالعات نشان داده شده است (Han *et al.*, 2009; Tchinda *et al.*, 2013; Sarv *et al.*, 2022). در پژوهشی، Mirza و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که بیشترین درصد ریشه‌زایی در وردهای موردمطالعه در محیط کشت MS حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA حاصل شد. افزایش پلی‌آمین‌ها با افزایش فعالیت میتوزی و افزایش ریشه‌های اولیه و جانبی همراه است. همچنین حضور و دخالت ژن‌ها هم مرتبط با سنتز پلی‌آمین‌ها است که نقش آن‌ها در توسعه ریشه در حضور پلی‌آمین‌ها صورت می‌گیرد (Hummel *et al.*, 2002). می‌توان پلی‌آمین‌ها را به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد در نظر گرفت که در گیاهان عالی دامنه وسیعی از فرایندهای نموی ازجمله ریشه‌زایی و طول ریشه را کنترل می‌کنند (Liu & Moriguchi, 2007). نتایج به‌دست‌آمده با Amghar و همکاران (2021) روی ریشه‌زایی گیاه آرگان[1] مطابقت نشان داد. آن‌ها گزارش کردند که کاربرد هم زمان پوترسین و IBA منجر به بهبود ریشه‌زایی شد.

[1]- *Argania spinosa* L.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]



شکل ۲- برهمکنش IBA و پوترسین بر تعداد (A) و طول (B) ریشه ریزقلمه‌های ورد مینیاتوری رقم ساناز زرد در شرایط درون‌شیشه‌ای (حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن می‌باشد و شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است).

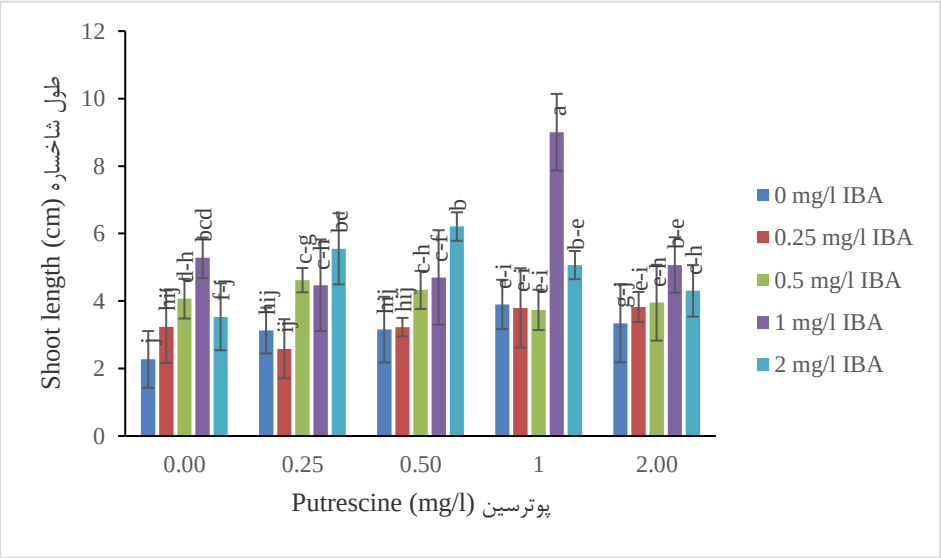
Figure 2- Interaction of IBA and putrescine on the number (a) and length (b) of roots of *Rosa hybrida* cv. Sanaz-e-Zard micro-cuttings in *in vitro* culture (Non-identical letters indicate a significant difference at 5% level using DMRT test and the vertical index above the columns represents a standard error).

طول شاخساره

برهمکنش غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد IBA و پوترسین بر طول شاخساره نشان داد که بیشترین طول شاخساره با کاربرد ۱ میلی‌گرم در لیتر IBA+ ۱ میلی‌گرم در لیتر پوترسین با طول شاخساره ۹ سانتی‌متر حاصل شد (شکل ۳). کمترین طول شاخساره نیز در محیط‌های کشت بدون پوترسین و IBA مشاهده شد (شکل ۳). در پژوهشی، Ramtin و همکاران (2011) در پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیدند که تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اکسین باعث افزایش طول شاخساره در گیاه بنت قنسول می‌گردد که با داده‌های به‌دست‌آمده در این پژوهش همخوانی نشان داد. پوتریسین و IBA با ایجاد شرایط

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]
[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]

مناسب جهت رشد ریشه این امکان را برای گیاه ایجاد می‌نمایند تا بتواند میزان آب و مواد غذایی بیشتری جذب گیاه نماید و این خود باعث می‌گردد که میزان رشد و فعالیت‌های گیاه افزایش یابد (Ramtin *et al.*, 2011).



شکل ۳- برهمکنش IBA و پوترسین بر طول شاخساره ریزقلمه ورد مینیاتوری رقم ساناز زرد در شرایط درون شیشه‌ای (حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن می‌باشد و شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است).

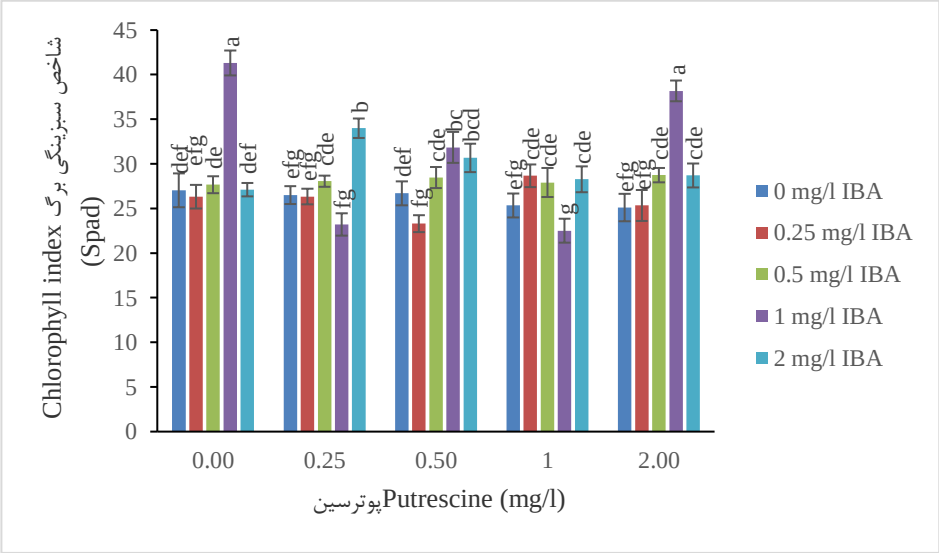
Figure 3- Interaction of IBA and putrescine on the length of shoots of *Rosa hybrida* cv. Sanaz-e-Zard micro-cuttings in *in vitro* culture (Non-identical letters indicate a significant difference at 5% level using DMRT test and the vertical index above the columns represents a standard error).

شاخص سبزینگی برگ

برهمکنش غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد IBA و پوترسین نشان داد که بیشترین شاخص سبزینگی برگ مربوط به کاربرد تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر IBA به‌تنهایی (۴۱/۳۰ اسپد) و تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر IBA + ۲ میلی‌گرم در لیتر پوترسین (۳۸/۱۶ اسپد) بود (شکل ٤). گزارش‌شده است که کاربرد برون‌زای پلی‌آمین‌ها در حفظ فتوسنتز بسیار مؤثر است و موجب تثبیت pH جهت انجام فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و افزایش فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو می‌شود (Wang *et al.*, 2008). به نظر می‌رسد که در پژوهش حاضر پوترسین با نقش آنتی‌اکسیدانی خود موجب ثبات غشای تیلاکوئیدی و حفظ پروتئین‌ها و لیپیدهای آن و درنتیجه حفظ سبزینگی برگ شده است.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]



شکل ٤- برهمکنش IBA و پوترسین بر شاخص سبزینگی برگ ریزقلمه ورد مینیاتوری رقم ساناز زرد در شرایط درون شیشه‌ای (حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن می‌باشد و شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است).

Figure 4- Interaction of IBA and putrescine on the chlorophyll index of shoots of *Rosa hybrida* cv. Sanaz-e-Zard micro-cuttings in *in vitro* culture (Non-identical letters indicate a significant difference at 5% level using DMRT test and the vertical index above the columns represents a standard error).

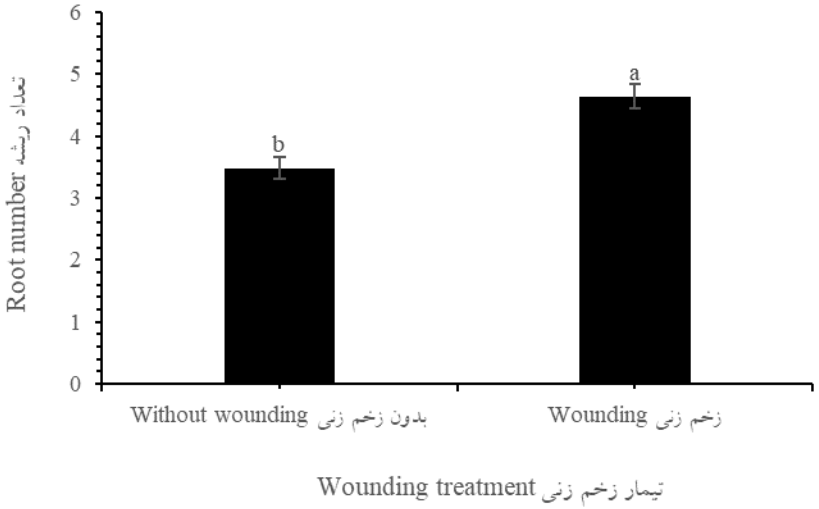
آزمایش‌های برون شیشه‌ای

تعداد و طول ریشه

مقایسه میانگین اثر تیمار زخم‌زنی بر تعداد ریشه رقم ورد مینیاتوری در محیط گلخانه نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد ریشه به ترتیب مربوط به زخم‌زنی (٤/٦٤ عدد) و بدون زخم‌زنی (۳/۳۸ عدد) بود (شکل ۵). تشکیل ریشه نابجا یک فرآیند توسعه حیاتی در ازدیاد قلمه‌ها در صنعت باغبانی است (Druege *et al.*, 2019). زخم‌های ناشی از برش در انتهای قلمه، تقسیم یاخته ای در آبکش، آوند چوبی و پارانشیم را تحریک کرده و باعث تشکیل پینه می‌شود (Soleimani *et al.*, 2010). پژوهش‌های پیشین نشان داده است که انتقال اکسین قطبی از طریق هیپوکوتیل برای راه‌اندازی منطقه تشکیل ریشه نابجا در طول تشکیل ریشه نابجا ناشی از زخم موردنیاز است (Alaguero-Cordovilla *et al.*, 2021). در طول تشکیل ریشه نابجا ناشی از زخم در ریزنمونه‌های برگ آرابیدوپسیس، اسید جاسمونیک انگیخته‌شده با زخم به‌طورمستقیم *ETHYLENE RESPONSE FACTOR109* (ERF109) را انگیخته می‌کند که به‌عنوان یک ژن کلیدی در مسیر زیست‌ساخت اکسین عمل می‌کند (Ye *et al.*, 2020). به‌تازگی، شواهد بیشتری از یک مدل مکانیکی برای بازسازی یاخته‌های بنیادی ناشی از زخم ارائه‌شده است که شامل احساس یاخته‌های آسیب‌دیده و فعال‌سازی پیام‌دهی محلی اکسین برای هماهنگ کردن پاسخ‌های رونویسی در نزدیکی زخم از طریق فعالیت ERF115 است (Canher *et al.*, 2020).

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]



شکل ۵- اثر زخم‌زنی در انتهای قلمه بر تعداد ریشه ورد مینیاتوری رقم ساناز زرد در شرایط گلخانه (حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن می‌باشد و شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است).

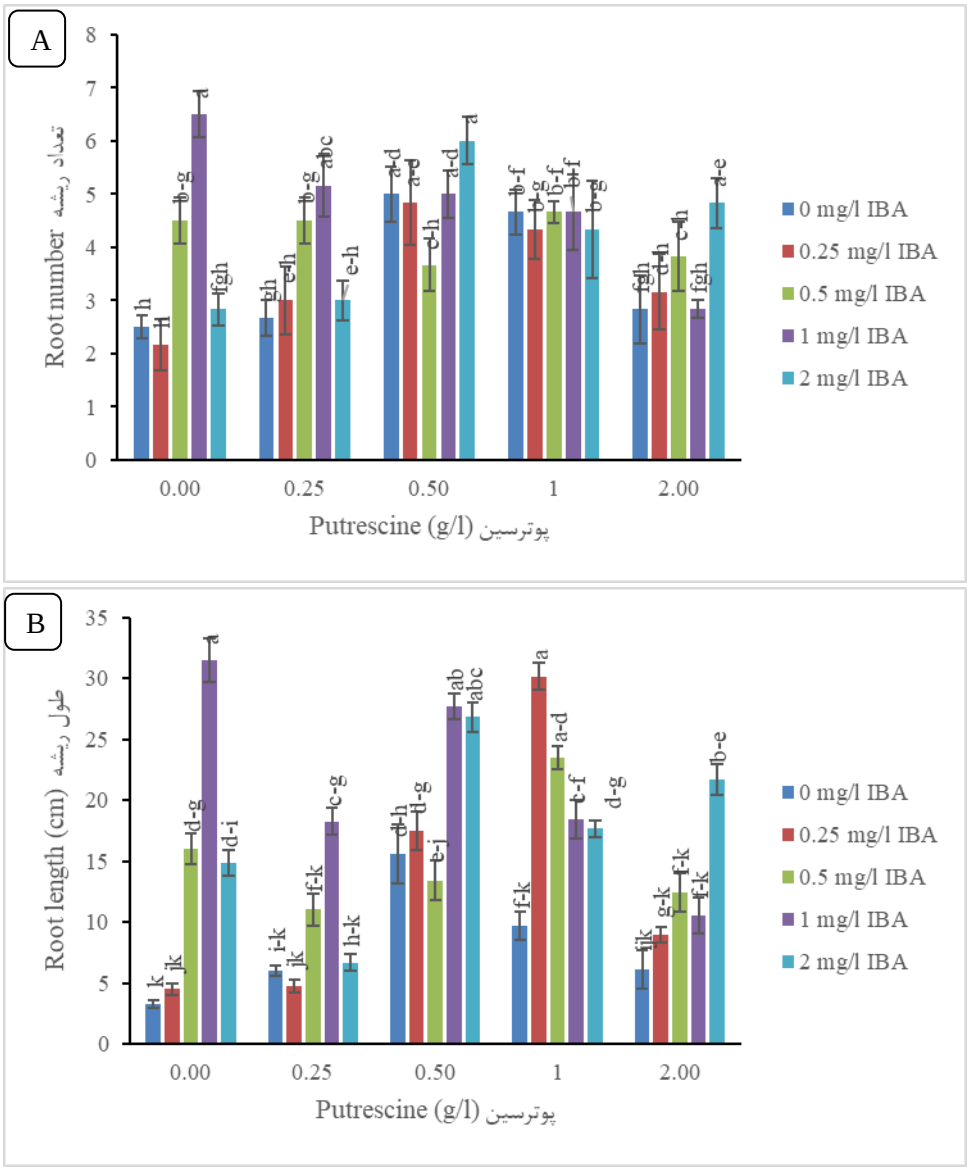
Figure 5- Effect of wounding at the base of cutting on the root number of *Rosa hybrida* cv. Sanaz-e-Zard cuttings under greenhouse condition (Non-identical letters indicate a significant difference at 5% level using DMRT test and the vertical index above the columns represents a standard error).

بیشترین تعداد ریشه در تیمارهای ۱ گرم در لیتر IBA بدون حضور پوترسین (٦/٥٠ عدد) و ۲ گرم در لیتر IBA + ۰/۵ گرم در لیتر پوترسین (٦ عدد) حاصل شد (شکل ٦A). در تیمارهای ۰ و ۰/۲۵ گرم در لیتر IBA و بدون پوترسین تعداد ریشه کاهش یافت (شکل ٦A).

بیشترین طول ریشه در تیمارهای ۱ گرم در لیتر تنظیم‌کننده IBA (به تنهایی و بدون پوترسین) به میزان ۳۱/۵ سانتی‌متر و ترکیب ۰/۲۵ گرم در لیتر IBA + ۱ گرم در لیتر پوترسین (۳۰/۱٦ سانتی‌متر) مشاهده گردید. کمترین میزان طول ریشه مربوط به تیمارهای بدون کاربرد IBA و پوترسین (۲/۵ سانتی‌متر) بود (شکل ٦B). نقش IBA در ریشه‌زایی در مطالعات زیادی مشخص‌شده است (Dawa *et al*., 2013; Pourghorban *et al*., 2020). کاربرد ۱ گرم در لیتر IBA به‌تنهایی نقش مؤثری در ریشه‌زایی قلمه‌های ورد مینیاتوری موردمطالعه نشان داد که با نتایج پژوهش Pourghorban و همکاران (2020) روی گل محمدی همسویی دارد.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]



شکل ٦- برهمکنش IBA و پوترسین بر تعداد (A) و طول (B) ریشه قلمه ورد مینیاتوری رقم ساناز زرد در شرایط گلخانه (حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن می‌باشد و شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است).

Figure 6- Interaction of IBA and putrescine on the number (a) and length (b) of roots of *Rosa hybrida* cv. Sanaz-e-Zard cuttings under greenhouse environment (Non-identical letters indicate a significant difference at 5% level using DMRT test and the vertical index above the columns represents a standard error).

تعداد شاخساره

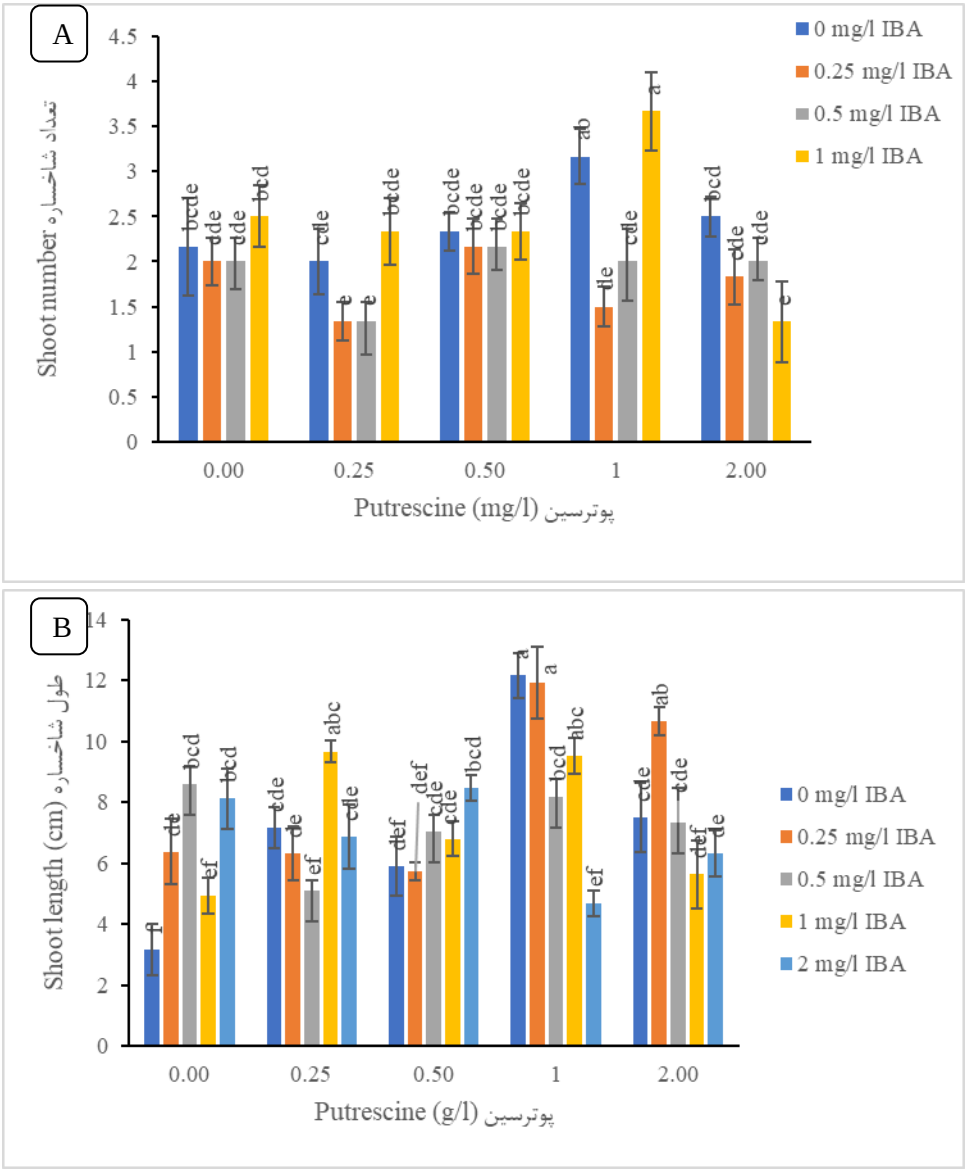
بیشترین تعداد شاخساره با کار بردن هم‌زمان ۱ گرم در لیتر IBA + ۱ گرم در لیتر پوترسین به‌میزان ۳/٦٦ عدد مشاهده گردید (شکل ۷A).

طول شاخساره در تیمارهای ۱ گرم در لیتر IBA + صفر و ۰/۲۵ گرم در لیتر پوترسین (به‌ترتیب ۱۲/۱۷ و ۱۱/۹۲ سانتی‌متر) بیشترین افزایش را نشان داد (شکل ۷B). کمترین طول شاخساره (۳/۱۵ سانتی‌متر) در گیاهان شاهد به‌دست آمد (شکل ۷B). نقش اکسین در انگیزش کالوس، تحریک تقسیم یاخته ای، تشکیل لایه کامبیوم و تمایز بافت آوندی به‌خوبی ثابت‌شده است

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]

(Kazankaya *et al.*, 1997). نقش تنظیم‌کنندگی پوتریسین ازجمله افزایش میزان رشد و اندام‌زایی در پژوهش‌های بسیاری تأییدشده است که در این رابطه می‌توان به کارکرد پوتریسین به‌عنوان منبع نیتروژن و همچنین افزایش تقسیم یاخته ای و رشد گیاه در زمان تیمار اشاره نمود (Liu *et al.*, 2006).

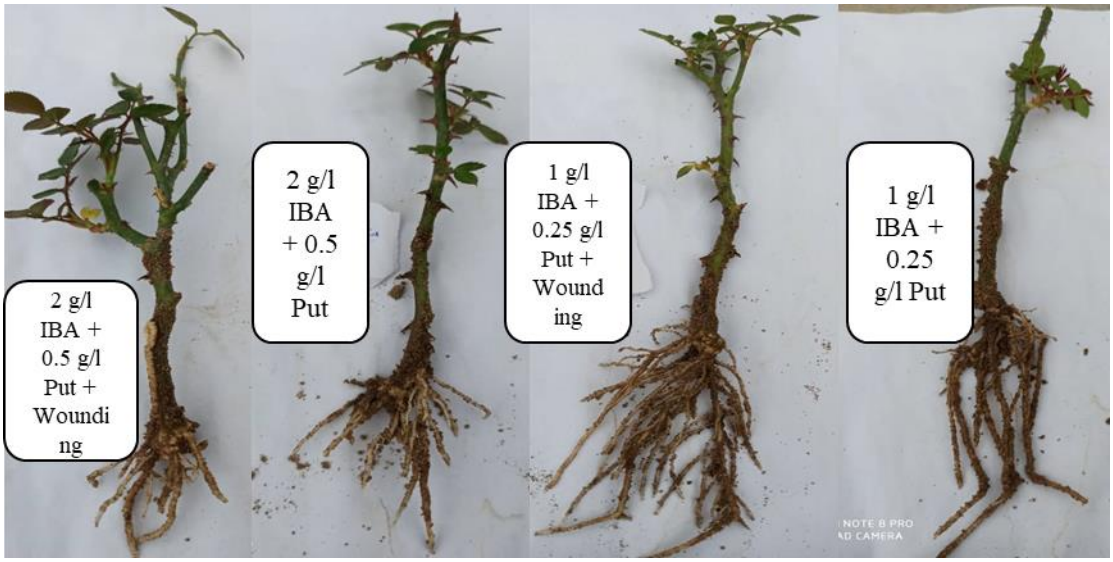


شکل ۷- برهمکنش IBA و پوترسین بر تعداد (A) و طول (B) شاخساره قلمه ورد مینیاتوری رقم ساناز زرد در شرایط گلخانه (حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن می‌باشد و شاخص عمودی بالای ستون‌ها معرف خطای استاندارد است).

Figure 7- Interaction of IBA and putrescine on the number (a) and length (b) of shoots of *Rosa hybrida* cv. Sanaz-e-Zard cuttings under greenhouse environment (Non-identical letters indicate a significant difference at 5% level using DMRT test and the vertical index above the columns represents a standard error).

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]



شکل ۸- تشکیل ریشه‌های نابه‌جا در قلمه‌های ورد مینیاتوری رقم ساناز زرد در برخی تیمارها پس از ۷ هفته در شرایط گلخانه.

Figure 8 - Adventitious root formation in some treatments of *R. hybrida* cv. Sanaz-e-Zard 7-week cuttings under greenhouse conditions.

نتیجه‌گیری

بر اساس فرضیه‌های طرح‌شده در این پژوهش، تیمارهای مختلف انگیزش ریشه با استفاده از غلظت‌های مختلف IBA و پوترسین در هر دو شرایط درون شیشه و گلخانه به‌همراه ایجاد زخم عمودی در انتهای قلمه ورد مینیاتوری انجام شد. تفاوت زیادی در صفات ریشه‌زایی بین تیمارهای IBA و پوترسین در هر دو شرایط مشاهده شد. در هر دو حالت در همه تیمارها ریشه‌های نابجا، هرچند به میزان متفاوت، شکل گرفت. بیشترین تعداد ریشه کل در شرایط درون شیشه مربوط در تیمارهای ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر پوترسین به‌تنهایی، ۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر IBA+۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر پوترسین، ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر IBA+۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر پوترسین، ۱ میلی‌گرم در لیتر IBA+۲ میلی‌گرم در لیتر پوترسین و کاربرد ۲ میلی‌گرم در لیتر IBA+۰/۵ میلی‌گرم در لیتر پوترسین در میکرو قلمه‌های ورد مشاهده شد. تمام شاخص‌های رشد مورد ارزیابی در قلمه‌ها در شرایط درون و برون شیشه، با افزایش IBA به ۱ میلی‌گرم در لیتر به‌تنهایی یا در ترکیب با پوترسین بهبود یافت. بااین‌حال، افزایش بیشتر در غلظت IBA و پوترسین (بیش از ۱ میلی‌گرم در لیتر) منجر به کاهش این شاخص‌ها در هر دو موقعیت شد. در آزمایش برون شیشه، تمام پارامترهای رشد در قلمه‌های زخمی بهتر بود. این مطالعه نشان داد که IBA، پوترسین و زخم می‌توانند در ریشه‌زایی ورد مینیاتوری مؤثر باشند.

منابع

Ahkami, A., Scholz, U., Steuernagel, B., Strickert, M., Haensch, K.-T., Druege, U., Hajirezaei, M. R. (2014). Comprehensive transcriptome analysis unravels the existence of crucial genes regulating primary metabolism during adventitious root formation in *Petunia hybrida*. *PLoS One, 9*, e100997. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100997.

Ahmadi, N. (2012). Rooting and growth of cuttings from ethylene-low or ethylene-high sensitive miniature rose genotypes under mist condition. *Acta Horticulture, 952*, 893-898. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.952.113.

Alaguero-Cordovilla, A., Sánchez-García, A. B., Ibáñez, S., Albacete, A., Cano, A., Acosta, M., Pérez-Pérez, J. M.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]

(2021). An auxin-mediated regulatory framework for wound-induced adventitious root formation in tomato shoot explants. *Plant, Cell & Environment*, *44*(5), 1642-1662.

Amghar, I., Ibriz, M., Ibrahimi, M., Boudra, A., Gaboun, F., Meziani, R., Iraqi, D., Mazri, M.A., Diria, G., Abdelwahd, R. (2021). *In vitro* root induction from argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) adventitious shoots: Influence of ammonium nitrate, auxins, silver nitrate and putrescine, and evaluation of plantlet acclimatization. *Plants*, *10*(6), 1062. https://doi.org/10.3390/plants10061062.

Azadi, P., Beyrami Zadeh, E. Otang Ntui, V. (2013). A simple protocol for somatic embryogenesis in *Rosa hybrida* L. cv. Apollo. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *88*(4), 399-402. https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11512982.

Bellini, C., Pacurar, D. I., Perrone, I. (2014). Adventitious roots and lateral roots: Similarities and differences. *Annual Review of Plant Biology, 65*, 639–666. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-035645.

Canher, B., Heyman, J., Savina, M., Devendran, A., Eekhout, T., Vercauteren, I., De Veylder, L. (2020). Rocks in the auxin stream: Wound-induced auxin accumulation and ERF115 expression synergistically drive stem cell regeneration. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 117*, 16667–16677. https://doi.org/10.1073/pnas.2006620117.

Castilon, J., Jones, B., Kamo, K. (2006). Efficient Regeneration of Rose Plants from Somatic Embryos of Three Genetically Diverse Cultivars. Floral Nursery Plants Research Unit, US National Arboretum, Beltsville, MD, USA.

Cristofori, V., Rouphael, Y., Rugini, E. (2010). Collection time, cutting age, IBA and putrescine effects on root formation in *Corylus avellana* L. cuttings. *Scientia Horticulturae, 124*, 189–194. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.12.034.

de Jong, M., Wolters-Arts, M., Schimmel, B. C., Stultiens, C. L., de Groot, P. F., Powers, S. J., Rieu, I. (2015). *Solanum lycopersicum* auxin response factor 9 regulates cell division activity during early tomato fruit development. *Journal of Experimental Botany*, *66*, 3405–3416. https://doi.org/10.1093/jxb/erv152.

de Klerk, G. J., van der Krieken, W., de Jong, J. C. (1999). Review the formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. *In Vitro Cellular & Developmental Biology- Plant, 35*, 189–199. https://doi.org/10.1007/s11627-999-0076-z.

Denaxa, N.K., Roussos, P.A., Vemmos, S.N. (2014). The Possible Role of Polyamines to the Recalcitrance of ‘‘Kalamata’’ Olive Leafy Cuttings to Root. *Journal of Plant Growth Regulators, 33*, 579–589. https://doi.org/10.1007/s00344-013-9407-8.

Druege, U., Franken, P. (2019). Petunia as a model for elucidating adventitious root formation and mycorrhizal symbiosis: At the nexus of physiology, genetics, microbiology and horticulture. *Physiologia Plantarum, 165*, 58–72. https://doi.org/10.1111/ppl.12762.

Druege, U., Franken, P., Lischewski, S., Ahkami, A. H., Zerche, S., Hause, B., Hajirezaei, M. R. (2014). Transcriptomic analysis reveals ethylene as stimulator and auxin as regulator of adventitious root formation in petunia cuttings. *Frontiers in Plant Science*, *5*, 494. https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00494.

Druege, U., Hilo, A., Pérez-Pérez, J. M., Klopotek, Y., Acosta, M., Shahinnia, F., Hajirezaei, M. R. (2019). Molecular and physiological control of adventitious rooting in cuttings: Phytohormone action meets resource allocation. *Annals of Botany, 123*, 929–949. https://doi.org/10.1093/aob/mcy234.

Duke, J. A. Ayensu, E. S. (1985). Medicinal Plants of China. Reference Publications.

Fern´andez-Crespo, E., Scalschi, L., Llorens, E., García-Agustín, P., Cama˜nes, G. (2015). NH4+ protects tomato plants against *Pseudomonas syringae* by activation of systemic acquired acclimation. *Journal of Experimental Botany*, *66*, 6777–6790. https://doi.org/10.1093/jxb/ erv382.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]

Galavi, M., Karimian, M. A., Mousavi, S. R. (2013). Effects of different auxin (IBA) concentrations and planting-beds on rooting grape cuttings (*Vitis vinifera*). *Annual Research & Review in Biology*, *3*(4), 517-523.

Goel, A., Kaur, A., Kumar A. (2018). Biochemical and histological changes during in vitro rooting of microcuttings of *Bacopa monnieri* (L.) Wettst. *Acta Physiologiae Plantarum*, *40*(3), 1-12. https://doi.org/10.1007/s11738-018-2641-8.

Gonin, M., Bergougnoux, V., Nguyen, T. D., Gantet, P., Champion, A. (2019). What makes adventitious roots? *Plants*, *8*, 240. https://doi.org/10.3390/plants8070240.

González-Hernández, A. I., Scalschi, L., Troncho, P., García-Agustín, P., Camañes, G. (2022). Putrescine biosynthetic pathways modulate root growth differently in tomato seedlings grown under different N sources. *Journal of Plant Physiology*, *268*, 153560. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2021.153560.

Han, H., Zhang, S., Sun, X. (2009). A review on the molecular mechanism of plants rooting modulated by auxin. *African Journal of Biotechnology*, *8*(3), 348-353.

Hummel, I., Couee, I., Amrani, A., Tanguy, J.M. Hennion, F. (2002). Involvement of polyamines in root development at low temeprature in the subantartic cruciferous species *Pringlea. antiscorbutica*. *Journal of Experimental Botany*, *53*, 1436-1473. https://doi.org/10.1093/jexbot/53.373.1463.

Hussain, S.S., Ali, M., Ahmad, M., Siddique, K.H.M. (2011). Polyamines: natural and engineered abiotic and biotic stress tolerance in plants. *Biotechnology Advances*, *29*, 300–311. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.01.003.

Kasim, N. E., Abou Rayya, M. S., Shaheen, M. A., Yehia, T. A., Ali, E. L. (2009). Effect of different collection times and some treatments on rooting and chemical internal constituents of Bitter Almond hardwood cuttings. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, *5*(2), 116-122.

Kasim, N. E., Abou Rayya, M. S., Shaheen, M. A., Yehia, T. A., Ali, E. L. (2009). Effect of different collection times and some treatments on rooting and chemical internal constituents of Bitter Almond hardwood cuttings. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, *5*(2), 116-122.

Kazankaya, A., Mehmet, S., Tekintas, F.G. (1997). Relations between Graft Success and Structural Hormones on Walnut (*Juglans regia* L.). *International Society for Horticultural Science*, *442*, 295-298. DOI: 10.17660/ActaHortic.1997.442.45.

Khamushi, M., Dehestani-Ardakani, M., Zarei, A., Kamali Aliabad, K. (2019). An efficient protocol for micropropagation of old cypress of Abarkuh (*Cupressus sempervirens* var. horizontalis [Mill.]) under *in vitro* condition. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *138*(3), 597-601. https://doi.org/10.1007/s11240-019-01645-z.

Kusano, T., Berberich, T., Tateda, C., Takahashi, Y. (2008). Polyamines: essential factors for growth and survival. *Planta 228*, 367–381. https://doi.org/10.1007/s00425- 008-0772-7.

Lakehal, A., Bellini, C. (2019). Control of adventitious root formation: Insights into synergistic and antagonistic hormonal interactions. *Physiologia Plantarum*, *165*, 90–100. https://doi.org/10.1111/ppl.12823.

Lischweski, S., Muchow, A., Guthörl, D., Hause, B. (2015). Jasmonates act positively in adventitious root formation in petunia cuttings. *BMC Plant Biology*, *15*, 229. https://doi.org/10.1186/s12870-015-0615-1.

Liu, J.H., Moriguchi, T. (2007). Changes in free polyamine titers and expression of polyamine biosynthetic genes during growth of peach *in vitro* callus. *Plant Cell Reports*, *26*, 125-131. https://doi.org/10.1007/s00299-006-0223-5.

Liu, J. H., Nada, K., Honda, C., Kitashiba, H., Wen, X. P., Pang, X. M., & Moriguchi, T. (2006). Polyamine biosynthesis of apple callus under salt stress: importance of the arginine decarboxylase pathway in stress response. *Journal of Experimental Botany*, *57*(11), 2589-2599. https://doi.org/10.1093/jxb/erl018.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]

Liu, J.H., Wang, W., Wu, H., Gong, X., Moriguchi, T. (2015). Polyamines function in stress tolerance: from synthesis to regulation. *Frontiers in Plant Science*, *6*, 827. https://doi.org/ 10.3389/fpls.2015.00827.

Malik, M., Warchoł, M., Kwaśniewska, E., Pawłowska, B. (2017). Biochemical and morphometric analysis of *Rosa tomentosa* and *Rosa rubiginosa* during application of liquid culture systems for *in vitro* shoot production. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *92*(6), 606–613. https://doi.org/10.1080/14620316.2017.1324744.

Mirza, M.Q.B., Ishfaq, A.H., Azhar, H., Touqeer, A., Nadeem, A.A. (2011). An efficient protocol for *in vitro* propagation of *Rosa gruss-an-teplitz* and *Rosa centifolia*. *African Journal of Biotechnology, 10* (22), 4564-4573.

Murashige T., Skoog F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio-assay with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, *15*, 473–497.

Nguyen, T. H. N., Tänzer, S., Rudeck, J., Winkelmann, T., Debener, T. (2020). Genetic analysis of adventitious root formation *in vivo* and *in vitro* in a diversity panel of roses. *Scientia Horticulturae*, *266*, 109277. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109277.

Nybom, H., Werlemark, G. (2017) 'Realizing the potential of health-promoting rosehips from dogroses (*Rosa sect. Caninae*)', *Current Bioactive Compounds*, *13*(1), 3–17.

Pourghorban, M., Azadi, P., Khaghani, S., Mirzakhani, A., Changizi, M., Edrisi, B. (2020). Propagation of Three Cultivars of *Rosa hybrida* L. through Stenting Method. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, *7*(1), 27-36. https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.280528.293.

Pourhosseini, L., Kermani, M.J., Habashi, A.A., Khalighi, A. (2013). Efficiency of direct and indirect shoot organogenesis in different genotypes of *Rosa hybrida*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, *112*(1),101–108. https://doi.org/10.1007/s11240-012-0210-1.

Ramtin, A., Khalighi, A., Hadavi, E., Hekmati, J. (2011). Effect of different IBA concentrations and types of cuttings on rooting and flowering *Poinsettia pulcherrima* L. *International Journal of Agricultural Science*, *1*(5), 303-310.

Ranjbar, A., Ahmadi, N. (2017). Increasing rooting of two genotypes of *Rosa damascena* Mill. *Flower and Ornamental Plants*, *1*(2), 59-68 (In Persian).

Rather, Z.S.D., Tsewang Tamchos, P.T. (2017). Effect of growth regulators and growth media on rooting of semi hardwood cuttings of rose rootstocks. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6*, 1042–1051. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.604.129.

Rugini, E., Jacoboni, A., Luppino, M. (1993). Role of basal shoot darkening and exogenous putrescine treatments on in vitro rooting and on endogenous polyamine changes in difficult-to-root woody species. *Scientia Horticulturae*, *53*(1-2), 63-72. https://doi.org/10.1016/0304-4238(93)90138-G.

Salehi, H., Khosh-Khui, M. (1997). Effects of explant length and diameter on *in vitro* shoot growth and proliferation rate of miniature roses. *Journal of Horticultural Science, 72*, 673–676. https://doi.org/10.1080/14620316.1997.11515558.

Samiei, L., Davoudi Pahnehkolayi, M., Tehranifar, A., Karimian, Z. (2021). Organic and inorganic elicitors enhance in vitro regeneration of *Rosa canina*. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, *19*(1), 1-7. https://doi.org/10.1186/s43141-021-00166-7.

Sarv, S., Ghanbari Jahromi, M., Hakimi, L. (2022). Optimization of proliferation and regeneration of Elatior Begonia (*Begonia* × *hiemalis* Fotsch.). *Flower and Ornamental Plants*, *7*(1), 119-134 (In Persian).

Soleimani, A., Rabiei, V., Hassani, D. (2010). Effect of different techniques on walnut (*J. regia*) grafting. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, *8*(29), 544-546.

Tchinda, N. D., Messi, H. J. C. M., Fotso, F., Nzweundji, G., Oumar, D., Dongmo, B., Sanonne Agbor, G.A.,

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]

Ndoumou, D. O. (2013). Biochemical aspects of single-node cuttings of *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) in relation with rooting. *African Journal of Biotechnology*, *12*, 1049–1056.

Wang, T., Wang, S., Guo, S., Sun, Y. (2008). Effects of exogenous spermidine on the photosynthesis of Cucumis sativus L. seedlings under rhizosphere hypoxia stress. *Frontiers of Agriculture in China*, *2*(1), 55-60. https://doi.org/10.1007/s11703-008-0015-5.

Wojtania, A., Matysiak, B. (2018). *In vitro* propagation of *Rosa* 'Konstancin'(*R. rugosa*× *R. beggeriana*), a plant with high nutritional and pro-health value. *Folia Horticulturae*, *30*(2),259–267. https://doi.org/10.2478/fhort-2018-0022.

Ye, B.-B., Shang, G. D., Pan, Y., Xu, Z. G., Zhou, C. M., Mao, Y. B., Wang, J. W. (2020). AP2/ERF transcription factors integrate age and wound signals for root regeneration. *The Plant Cell*, *32*, 226–241. https://doi.org/10.1105/tpc.19.00378.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]

Flower and Ornamental Plants (2023), 8(1): 155-170
Research article

Effects of putrescine, IBA and wounding on rooting of miniature rose (*Rosa hybrida* cv. Sanaz-e-Zard) cuttings under greenhouse and *in vitro* conditions

Mohammad Musavi Ahmadabadi[1], Maryam Dehestani-Ardakani*[2,3], Nima Ahmadi*[1]

1. Department of Horticultural Sciences, Tarbiat Modarres University, Tehran
2. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan
3. Medicinal and Industrial Plants Research Institute, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan

✉ mdehestani@ardakan.ac.ir
✉ ahmadin@modares.ac.ir

Abstract

Miniature roses are hybrid roses that are widely used in landscape or as pot plants and cut flowers. Traditional methods of propagation for this species are associated with time limitation and rootstock propagule, and micropropagation techniques are increasing. Root induction of rose cuttings using different plant growth regulators is important. In this study, the effects of different concentrations of Indole-3-Butyric Acid (IBA), putrescine and wounding the end of cuttings on rooting of *Rosa hybrida* cv. SanaZard under *in vitro* and greenhouse conditions was investigated. Micro-cuttings were planted on MS basal culture medium containing five concentrations (0, 0.25, 0.5, 1 and 2 mg L^{-1}) of IBA and putrescine. In the greenhouse, the cuttings were treated with five levels of IBA, putrescine (0, 0.25, 0.5, 1 and 2 g L^{-1}), and two levels of wounding (with and without wounding) and planted in pots after application of treatments. This study was conducted as a factorial experiment in a completely randomized design with three replicates. The results of greenhouse experiments showed that the maximum length and number of roots were obtained under the treatment of 1 g L^{-1} of IBA (31.5 and 6.50 cm, respectively). Wounding the end of the cutting increased the number of roots by 33.33%. In *in vitro* condition, the highest number of roots was observed in 1 mg L^{-1} IBA + 2 mg L^{-1} putrescine (6) treatment and the highest number of shoots were obtained with the simultaneous application of 0.25, 0.5 and 2 g L^{-1} of IBA + all levels of putrescine. In general, it seems that the combined use of IBA and putrescine could increase the rooting of miniature rose cuttings in *in vitro* and in situ conditions. Also, wounding the ends of cuttings plays an important role on inducing the roots under greenhouse environment.

Keywords: Culture medium, Indole-3-butyric acid, Micro-cutting, Proliferation, Tissue culture.

[Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-01]

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.1.155]