به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۶ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۳
صفحه‌های ۵۱۵-۵۰۵

تأثیر غلظت اکسین و نوع قلمه بر ریشه‌زایی قلمهٔ پایه‌های نماگارد، سنت‌جولین A، تترا و GF677

مریم تاتاری[۱]*، اصغر موسوی[۲] و پریسا مشایخی[۳]

۱. استادیار، بخش باغبانی، مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، کرج، ایران
۲. استادیار، بخش اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، شهرکرد، ایران
۳. کارشناس پژوهشی، بخش تحقیقات آب و خاک، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، اصفهان، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۲۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۵/۰۲

چکیده

به‌منظور ازدیاد رویشی پایه‌های نماگارد، سنت‌جولین A، تترا و GF677 از طریق کشت قلمه، دو آزمایش جداگانه به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ کاملاً تصادفی به اجرا درآمد. قلمه‌های نیمه‌چوبی در اواخر مرداد از پایه‌های مورد نظر تهیه شده و با غلظت‌های صفر، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA تیمار شدند. قلمه‌ها در بستر کشت پرلیت و در گلخانهٔ مجهز به سیستم مه‌پاش کشت شدند. در آذرماه قلمه‌های چوب سخت از پایه‌های مذکور تهیه و با IBA به غلظت‌های صفر، ۲۵۰۰، ۳۰۰۰، ۳۵۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده و در بستر کشت دارای پاگرما کشت شدند. پس از گذشت دو ماه، صفات تعداد و طول ریشه و نیز درصد ریشه‌زایی ثبت شد. نتایج نشان داد که قلمه‌های نیمه‌چوبی GF677 و پس از آن نماگارد و تترا بیشترین تعداد ریشه و بیشترین درصد ریشه‌زایی را داشتند. طول ریشه در این سه پایه اختلاف معناداری با یکدیگر نداشت. کمترین ریشه‌زایی متعلق به پایهٔ سنت‌جولین A بود. غلظت‌های ۲۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA مناسب‌ترین غلظت برای قلمه‌های نیمه‌چوبی بود. قلمه‌های چوبی GF677 با تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بیشترین تعداد ریشه و درصد ریشه‌زایی را به خود اختصاص دادند. قلمه‌های چوبی تترا اصلاً ریشه‌زایی نشان ندادند. در کلیهٔ پایه‌ها درصد ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌چوبی بیش از قلمه‌های چوبی بود. به‌طور کلی، استفاده از قلمه‌های نیمه‌چوبی پایه‌های مورد آزمایش و تیمار آنها با غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: ایندول بوتیریک اسید، پایهٔ رویشی، درختان میوهٔ هسته‌دار، قلمهٔ چوبی، قلمهٔ نیمه‌چوبی.

* نویسنده مسئول Email: mtatari1@gmail.com

۱. مقدمه

امروزه یکی از راهبردهای باغبانی در کشورهای پیشرفته احداث باغ‌های میوهٔ یکنواخت است. به این منظور، استفاده از پایه‌های رویشی مناسب الزامی است. اغلب پایه‌های مورد استفاده برای درختان میوهٔ هسته‌دار در ایران بذری و غیریکنواخت‌اند. درختان روی این پایه‌ها از نظر رشد رویشی، عملکرد و مقاومت در برابر آفات و بیماری‌ها یکسان‌اند. این وضعیت مشکلات متعددی را در عملیات باغبانی ایجاد می‌کند. عمر کوتاه درختان هلو، خشک شدن درختان گیلاس، نبود باغ‌های متراکم و یکنواخت نبودن رشد درخت از مهم‌ترین مشکلات در باغ‌های درختان میوهٔ هسته‌دار است که با استفاده از پایه‌های رویشی مناسب می‌توان آنها را رفع کرد [۹]. از جملهٔ این پایه‌های رویشی می‌توان به پایه‌های سنت‌جولین A، تترا و نماگار اشاره کرد.

سنت‌جولین A[1] پایه‌ای نیمه‌پاکوتاه است و درختی با اندازهٔ ۸۰ تا ۸۵ درصد درختان استاندارد تولید می‌کند. این پایه با ارقام مختلف هلو، شلیل، آلو و گوجه سازگار است [۹]. پایهٔ رویشی تترا که در اثر گرده‌افشانی آزاد آلو به‌دست آمده، نسبت به پایه‌های رویشی هیبرید هلو – بادام، قدرت کمتری را به پیوندک القا می‌کند. این پایه به رطوبت زیاد خاک و خاک‌های آهکی مقاومت دارد و پاجوش نیز تولید نمی‌کند. با پیوندک‌های هلو، شلیل، زردآلو، آلو و بادام به‌خوبی سازگار است [۲۳]. نماگارد نوعی هیبرید بین‌گونه‌ای (*Prunus pessica* × *P. davidiana*) است و مقاومت این پایه به نماتد مولد غدهٔ ریشه (*Meloidogyne javanica*) دلیل اصلی استفادهٔ گسترده از آن در نواحی دارای زمستان‌های ملایم و خاک‌های شنی است. نماگارد به‌عنوان پایه برای بادام، هلو و شلیل، زردآلو و آلو به‌کار می‌رود. این پایه نیمه‌پاکوتاه است و پاجوش خیلی کمی تولید می‌کند [۳]. در حال حاضر، شناخته‌شده‌ترین پایهٔ رویشی درختان میوهٔ هسته‌دار در ایران پایهٔ رویشی GF677 است. این پایه به کمبود آهن مقاوم بوده و برای خاک‌های با حاصلخیزی ضعیف و مقادیر زیاد کربنات کلسیم مناسب است [۳].

به‌دلیل اهمیت روزافزون پایه‌های رویشی، باید نسبت به ازدیاد این پایه‌ها به‌صورت کلون اقدام شود. یکی از روش‌های ازدیاد سریع و مقرون‌به‌صرفهٔ پایه‌های مطلوب، استفاده از کشت قلمه‌های چوبی و نیمه‌چوبی است که موفقیت در این روش توسط عوامل زیادی کنترل می‌شود. یکی از این عوامل کنترل‌کننده، زمان جمع‌آوری قلمه‌ها است [۹]. با تغییر فصل، در رشد گیاه مادری تغییراتی ایجاد می‌شود که در موفقیت یا عدم موفقیت ریشه‌زایی قلمه‌ها مؤثر است [۲۰]. ریشه‌زایی بعضی از گونه‌ها در هر زمان از سال اتفاق می‌افتد، درصورتی‌که برخی دیگر از گونه‌ها تنها در مواقع خاصی از سال ریشه‌دهی موفقیت‌آمیزی دارند [۱۰]. در پژوهشی به‌منظور ازدیاد پایه‌های آلو از قلمه‌های چوب سخت استفاده شد. بهترین زمان ریشه‌دار شدن قلمه‌ها برای بیشتر ارقام پاییز و آغاز زمستان گزارش شد و مدت زمان بین ماه‌های مهر تا آذر بهترین زمان برای جمع‌آوری قلمه‌های چوب سخت معرفی شد [۳۰،۲۵]. سن گیاه مادری نیز در موفقیت ریشه‌دار شدن قلمه‌ها مؤثر است. در این راستا گزارش شده است که قلمه‌های GF677 گرفته‌شده از درخت هفت‌ساله در مقایسه با قلمه‌های تهیه‌شده از نهال یکساله ریشه‌زایی بیشتری داشتند [۳۰].

بیشترین درصد ریشه تنظیم‌کننده رشد ایندول بوتیریک اسید (IBA)[2] نوعی اکسین مصنوعی است که ریشه‌زایی قلمه‌ها را تحریک می‌کند، اما بسته به نوع قلمهٔ تیمارشده آثار متفاوتی دارد [۳۳]. قلمه‌هایی که فقط انتهای آنها با

1. Prunus insititia

2. Indolebutyric acid

محلول IBA تیمار شده بود در مقایسه با قلمه‌هایی که ابتدا و انتهای آنها به این هورمون آغشته شده بود، ریشه‌زایی بیشتری داشتند [۳۰]. تعیین غلظت مناسب هورمون در زمان ریشه‌زایی اهمیت زیادی دارد، زیرا مصرف بیش از حد هورمون سبب به‌هم خوردن تعادل هورمونی گیاه می‌شود و نتایج خوبی نخواهد داشت [۱۳]. در پژوهشی که به‌منظور ریشه‌زایی قلمه‌های چوبی پایهٔ هلوی نماگارد انجام گرفت، اثر غلظت‌های مختلف IBA و محیط‌های مختلف کشت بررسی شد. غلظت ۶۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر از IBA در مقایسه با غلظت‌های ۴۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر درصد ریشه‌زایی بیشتری را نشان داد [۲۷]. نتایج پژوهشی نشان داد که بیشترین درصد ریشه‌زایی برای قلمه‌های چوبی نیمه‌سخت و سخت گزیلا ۶[1] به‌ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA بود [۲]. بیشترین درصد ریشه‌زایی قلمه‌های چوب سخت GF677 در شرایط فضای آزاد مربوط به تیمارهای IBA با غلظت ۱۵۰۰ و تیمار مخلوط IBA و نفتالین استیک اسید (NAA)[2] هر یک با غلظت‌های ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد [۶]. قلمه‌های سخت ریشه‌زای زیتون در تیمار هورمونی IBA با غلظت ۴۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر [۴] و قلمه‌های پایهٔ سیب مالینگ ۲۶ در تیمار هورمونی مشابه با غلظت ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر [۱] بیشترین درصد ریشه‌زایی را نشان دادند. قلمه‌های قرارگرفته در پیت ریشه‌دار نشدند و بهترین ریشه‌زایی مربوط به محیط کشت پرلیت بود. ایجاد دو شکاف در ته قلمه در مقایسه با شاهد، درصد ریشه‌دهی را تا ۲۹ درصد افزایش داد [۲۹].

با توجه به خصوصیات پایه‌های رویشی سنت‌جولین A، تترا و نماگارد و دامنهٔ وسیع سازگاری آنها و نیز با توجه به نیاز کشور برای استفاده از پایه‌های رویشی متنوع برای احداث باغ‌های درختان میوهٔ هسته‌دار، هدف پژوهش حاضر، مقایسه و بررسی ازدیاد این سه پایهٔ رویشی با پایهٔ GF677 از طریق کشت قلمه‌های چوبی و نیمه‌چوبی است.

۲. مواد و روش‌ها

مواد گیاهی پایه‌های رویشی تترا، نماگارد، سنت‌جولین A و GF677 از ایستگاه تحقیقات باغبانی کمال‌شهر وابسته به مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر واقع در شهر کرج تهیه شد. پایه‌های مورد استفاده چهارساله بودند و رشد رویشی یکنواختی داشتند. قلمه‌های نیمه‌چوبی از شاخه‌هایی که حدود ۴۰ سانتی‌متر در سال جاری رشد کرده بودند، گرفته شدند. این قلمه‌ها در اواخر مرداد تهیه شده و بلافاصله به گلخانهٔ بخش تحقیقات باغبانی مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر منتقل شدند. قلمه‌های ۱۵ سانتی‌متری از قسمت میانی شاخه تهیه شدند. برش ته قلمه در زیر یک جوانه و برش بالای قلمه ۱ سانتی‌متر بالاتر از جوانه و به‌صورت مورب انجام گرفت. قلمه‌ها قبل از قرار گرفتن در بستر کاشت با محلول قارچ‌کش بنومیل یک در هزار ضدعفونی شده و در قسمت تحتانی آنها شکاف عمودی ایجاد شد. قلمه‌ها قبل از کشت با غلظت‌های صفر، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA (شرکت مرک[3] آلمان) تیمار شدند [۱۷]. به این منظور، به‌مدت ۵ تا ۶ ثانیه در غلظت‌های مختلف هورمونی قرار گرفتند و سپس در بستر کشت پرلیت ضدعفونی شده و به عمق ۵ تا ۶ سانتی‌متر کشت شدند. سیستم مه‌پاش برای قلمه‌های نیمه‌خشبی با فاصلهٔ زمانی روزها هر ۴۵ دقیقه و شب‌ها هر یک ساعت با مدت زمان پاشش ۲۰ ثانیه تنظیم شد. دمای گلخانه در طول روز ۱±۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد و در شب ۱±۱۹ درجهٔ سانتی‌گراد تنظیم شد. رطوبت اطراف قلمه‌ها ۸۵ تا ۹۰ درصد بود [۲۰].

1. Gisela6
2. Naphthaleneacetic acid
3. Merck company

قلمه‌های چوب سخت در آذرماه بلافاصله پس از خزان برگ‌ها از همان پایه‌ها تهیه شدند. نحوهٔ تهیهٔ قلمه و محیط کشت همانند قلمه‌های نیمه‌خشبی بود. قلمه‌ها قبل از کشت با غلظت‌های صفر، ۲۵۰۰، ۳۰۰۰، ۳۵۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA آغشته شده و در بستر کشت دارای پاگرما با دمای ۲۶ تا ۲۷ درجهٔ سانتی‌گراد کشت شدند. این دو آزمایش به‌صورت دو آزمایش فاکتوریل جداگانه در قالب طرح پایهٔ کاملاً تصادفی با فاکتور نوع پایه در چهار سطح و فاکتور غلظت هورمون در پنج سطح با سه تکرار اجرا شد و در هر واحد آزمایشی نیز ۲۰ قلمه کشت شد. پس از طی دو ماه قلمه‌ها از بستر کشت خارج و صفات تعداد ریشه، طول ریشه و درصد ریشه‌زایی اندازه‌گیری و یادداشت شد. داده‌های جمع‌آوری‌شده پس از اجرای آزمون نرمال بودن طبق فرمول $X = \sqrt{Y + 0.5}$ نرمال شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخهٔ ۹,۱,۳) تجزیه شد. مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌چوبی

اثر ژنوتیپ بر درصد ریشه‌زایی معنادار بود و با گزارشی که روی ژنوتیپ‌های پسته منتشر شده، تطابق دارد [۷]. طول ریشه به‌ترتیب در سطوح ۱ و ۵ درصد متأثر از پایهٔ رویشی و غلظت IBA بود. اثر متقابل غلظت و پایهٔ رویشی تنها بر تعداد ریشه اثرگذار بود. مقایسهٔ میانگین‌ها براساس آزمون دانکن نشان داد که بیشترین تعداد ریشه متعلق به پایهٔ GF677 در غلظت ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر از IBA بود، اما اختلاف معناداری با غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA نشان نداد (جدول ۱). برای پایه‌های نماگارد و GF677 غلظت ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و برای پایه‌های سنت‌جولین A و تترا غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA مطلوب بود. ازدیاد رویشی قلمه‌ها زیر سیستم مه‌افشان به‌دلیل آسانی، ارزان بودن و نیز مناسب بودن برای تولید تعداد زیادی گیاه روش مناسبی است، اما در این میان بین پتانسیل ریشه‌زایی ارقام مختلف اختلافاتی وجود دارد [۱۲]. افزایش غلظت IBA، ریشه‌دهی را کاهش داد. به‌کارگیری اکسین مصنوعی با غلظت زیاد روی قلمه‌های ساقه می‌تواند نمو جوانه‌ها و ریشه‌دهی را کاهش دهد یا از این فرایندها ممانعت کند [۶].

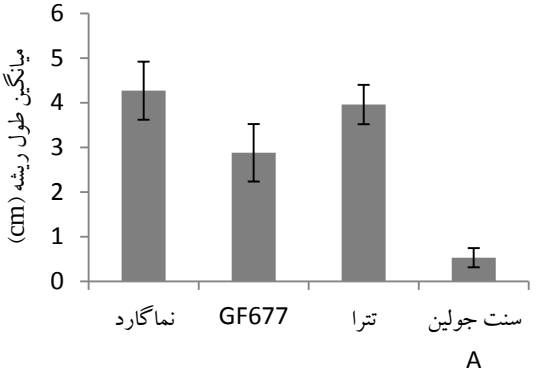
سنت‌جولین A کمترین تعداد و طول ریشه را داشت (جدول ۱، شکل ۱)، درحالی‌که سه پایهٔ رویشی دیگر اختلافی را در طول ریشه با یکدیگر نشان ندادند (شکل ۱). بیشترین درصد ریشه‌زایی متعلق به پایهٔ رویشی GF677 بود. پایه‌های نماگارد، تترا و سنت‌جولین A به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل ۲). در بیشتر نواحی معتدل و نیمه‌گرمسیری مواد گیاهی برای تهیهٔ قلمه از درختانی گرفته می‌شود که در معرض تغییرات فصلی قرار دارند و تشکیل ریشه‌های نابجا از قلمه علاوه بر ژنوتیپ به شرایط رشد گیاه مادری ارتباط دارد. تغییرات فصلی دما، بارش، طول روز و گلدهی گیاهان مادری روی تشکیل ریشه‌های نابجا از قلمه مؤثر است [۱۱]. به‌طور کلی، تعادل بین محرک‌های داخلی، عوامل بازدارنده و نیز عوامل تغذیه‌ای برای تحریک ریشه‌زایی لازم است [۱۲]. نتایج پژوهشی نشان داد که زمان مناسب برای جمع‌آوری قلمه‌ها که به حداکثر ریشه‌دهی منجر شود، به رقم بستگی دارد [۲۵]. بنابر نتایج تحقیق حاضر در سه پایهٔ رویشی نماگارد، تترا و GF677 کاهش تعداد ریشه به کاهش طول ریشه منجر نشد. به‌نظر می‌رسد علت این امر رسیده بودن چوب قلمه‌ها و درنتیجه کافی بودن ذخایر کربوهیدرات‌ها در آنها است.

جدول ۱. اثر متقابل پایهٔ رویشی و غلظت IBA بر میانگین تعداد ریشه در قلمه‌های نیمه‌چوبی ±SD†

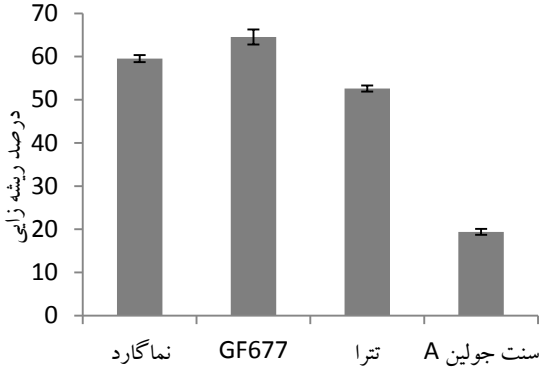
پایهٔ رویشی	غلظت IBA (mg/l)	میانگین تعداد ریشه	پایهٔ رویشی	غلظت IBA (mg/l)	میانگین تعداد ریشه
GF677	صفر	۰/۳۳±۰/۱۱hi	نماگارد	صفر	۰/۳۳±۰/۰۶hi
GF677	۱۵۰۰	۵±۱/۳۳f	نماگارد	۱۵۰۰	۶/۲۲±۰/۹۸ef
GF677	۲۰۰۰	۱۶/۳۳±۲/۹۹b	نماگارد	۲۰۰۰	۱۰/۵۵±۱/۴۴de
GF677	۲۵۰۰	۱۸±۱/۵۳a	نماگارد	۲۵۰۰	۱۳/۸۸±۲/۴۱c
GF677	۳۰۰۰	۱۷/۶۶±۲/۸۶ab	نماگارد	۳۰۰۰	۱۱/۸۸±۱/۰۳d
سنت جولین A	صفر	۰±۰i	ترا	صفر	۴±۰/۶۲fg
سنت‌جولین A	۱۵۰۰	۲±۰/۲gh	ترا	۱۵۰۰	۳/۳۳±۰/۰۸g
سنت‌جولین A	۲۰۰۰	۶/۳۳±۱/۵۵e	ترا	۲۰۰۰	۱۰/۳۳±۱/۲۲de
سنت‌جولین A	۲۵۰۰	۰/۶۶±۰/۹h	ترا	۲۵۰۰	۴/۶۶±۰/۴۵fg
سنت‌جولین A	۳۰۰۰	۱/۳۳±۰/۲۱gh	ترا	۳۰۰۰	۱۰/۳۳±۱/۰۲de

† انحراف معیار

در هر ستون حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی دار هستند.



شکل ۱. اثر پایهٔ رویشی بر میانگین طول ریشه در قلمه‌های نیمه‌چوبی

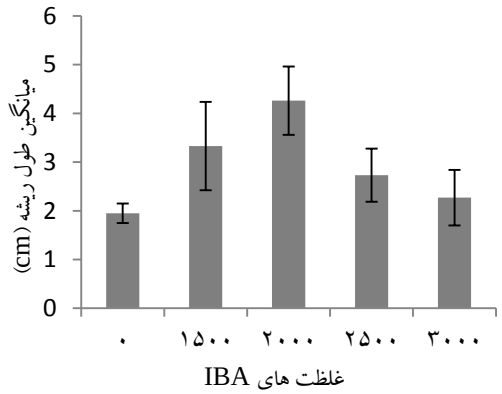


شکل ۲. اثر پایهٔ رویشی بر درصد ریشه‌زایی در قلمه‌های نیمه‌چوبی

در رسم نمودارها از خطای استاندارد استفاده شد.

غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با تولید بیشترین طول ریشه، برتری خود را نسبت به سایر غلظت‌ها نشان داد (شکل ۳). این غلظت برای سنت‌جولین A و تترا بیشترین تعداد ریشه را نیز به‌همراه داشت. نتایج پژوهشی نشان داد که غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA ریشه‌زایی قلمه‌های چوبی و نیمه‌چوبی را تحریک کرد، اما موفقیت ریشه‌زایی بسته به رقم متفاوت بود [۳۲]. در پژوهش دیگری کاربرد IBA در غلظت‌های ۵۰۰ تا ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ریشه‌زایی قلمه‌های هلو منجر شد [۳۱،۲۹]. چند گونه میخک بدون کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی

به‌خوبی ریشه‌دار شدند. موفقیت ریشه‌زایی این گیاهان مربوط به غلظت‌های داخلی اکسین در آنها بود [۱۶].



شکل ۳. اثر غلظت‌های IBA بر میانگین طول ریشه در قلمه‌های نیمه‌چوبی

در رسم نمودارها از خطای استاندارد استفاده شد.

باتوجه به اینکه شرایط محیطی برای همهٔ قلمه‌های هر یک از پایه‌های رویشی برابر بود، می‌توان گفت بعضی از عوامل درونی، علت موفقیت نهایی در ریشه‌زایی قلمه‌ها بوده است [۲۲]. تغییرات محیطی بر مقدار اکسین داخلی اثر دارد و در نتیجه با توانایی ریشه‌دهی مرتبط است که البته به گونهٔ گیاهی نیز بستگی دارد. وقتی گیاه رشد کند و آب و عناصر غذایی محدودکننده نباشد، حساسیت بافت گیاهی در پاسخ به اکسین خارجی ممکن است افزایش یابد. قابلیت دسترسی به اکسین نیز به ایجاد اختلاف بین ارقام سخت ریشه‌زا و سهل ریشه‌زا منجر می‌شود [۲۰].

تشکیل کالوس نشان می‌دهد که شرایط درونی یا محیطی در زمان نمو برای تشکیل ریشه مناسب نیست، اما برای تقسیم سلولی قابل قبول است [۲۸]. در این پژوهش درصد قلمه‌هایی که کالوس تشکیل دادند یا پس از تشکیل ریشه از بین رفتند، قابل چشم‌پوشی بود. گفته می‌شود تیمار اکسین انتقال کربوهیدرات‌ها به انتهای قلمه را تسهیل می‌کند. افزایش ریشه‌زایی قلمه‌های تیمارشده با اکسین تا حدودی به‌واسطهٔ افزایش هیدرولیز ذخایر غذایی تحت تأثیر اکسین، افزایش مقدار پروتئین و نیز افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز است. با تحریک جابه‌جایی کربوهیدرات‌های محرک به‌طرف قاعدهٔ قلمه‌ها، ریشه‌زایی تحریک می‌شود [۱۸].

۳. ۲. ریشه‌زایی قلمه‌های چوبی

نتایج حاصل از اثر پایه، غلظت IBA و اثر متقابل آنها بر میانگین صفات نشان داد که پایه، غلظت IBA و نیز اثر متقابل این دو عامل بر میانگین تعداد ریشه در سطح ۱ درصد اختلاف معناداری داشتند، اما بر میانگین طول ریشه اثر معناداری نشان ندادند. درصد ریشه‌زایی نیز در سطح ۱ درصد متأثر از نوع پایهٔ رویشی بود. هورمون اکسین با تحریک آغازنده‌های ریشه محرک القای ریشه‌زایی است. کاربرد اکسین پس از القای ریشه‌زایی به کاهش طویل شدن سلولی منجر می‌شود [۱۹]. در پژوهشی ارتباط منفی بین طول ریشه‌های تولیدشده در قلمه و غلظت هورمون به‌کاررفته گزارش شده است [۱۳]. در تحقیق حاضر، طویل شدن ریشه‌ها تحت تأثیر غلظت اکسین واقع نشد. برخلاف انتظار، درصد ریشه‌زایی در گیاهان شاهد و گیاهان تیمارشده با IBA مشابه بود. در این خصوص گفته می‌شود که قلمه‌های نیمه‌سخت ممکن است IBA را به‌خوبی جذب نکنند، به‌طوری‌که قلمه‌های تیمارشده با IBA تأثیرات مشابهی با شاهد داشته باشند [۲۱]. این نتیجه در مورد قلمه‌های پسته [۷] و گردوی پارادوکس [۲۱] نیز گزارش شده است.

به‌طور کلی، قلمه‌های چوبی تهیه‌شده پس از خزان برگ‌ها، درصد ریشه‌زایی بسیار کمتری را نسبت به قلمه‌های نیمه‌چوبی نشان دادند. وجود برگ‌های جوان و جوانه‌های فعال از قلمه‌های نیمه‌چوبی موجب القای ریشه‌زایی می‌شود [۲۶]. همچنین وجود سلول‌هایی که از نظر متابولیسمی از بافت‌های بالغ فعال‌ترند و دیوارهٔ سلولی آنها کمتر چوبی شده، موجب جذب بیشتر هورمون‌های مصنوعی، آب و مواد غذایی می‌شود و پتانسیل ریشه‌زایی

را در قلمه‌های نیمه‌چوبی در مقایسه با قلمه‌های چوبی افزایش می‌دهد. گفته می‌شود کاهش تدریجی توانایی ریشه‌دهی طی فصل رشد همراه با کاهش سطح اکسین درونی و افزایش تولید بازدارنده‌های ریشه‌دهی است. همچنین با پیشرفت فصل رشد تولید ترکیبات فنلی که به‌عنوان کوفاکتور اکسین در ریشه‌زایی نقش دارند، کاهش می‌یابد و به‌تدریج با افزایش سلول‌های اسکلرانشیمی، موانع آناتومیکی در محل ظهور ریشه در قلمه های چوبی شکل می‌گیرند [۱۵]. قلمه‌های چوب سخت پایهٔ آلوی 'Eruni' نیز توانایی ریشه‌دهی کمتری را نسبت به قلمه‌های نیمه‌چوبی نشان داد [۲۵]. این نتایج با نتایج به‌دست‌آمده روی کاستانیا[1] رقم 'Marsol' که در آن قلمه‌های چوبی ریشه‌زایی بهتری را نشان دادند، همخوانی ندارد [۲۲].

اثر متقابل غلظت IBA و نوع پایه بر تعداد ریشه معنادار شد. در مطالعهٔ حاضر کاربرد IBA به‌طور معناداری درصد ریشه‌زایی را در GF677 افزایش داد که این نشان‌دهندهٔ نقش مهم اکسین در تحریک فعالیت مریستماتیک منطقهٔ ریشه است. در مقابل، IBA اثر معناداری در ریشه‌زایی تترا نداشت و قلمه‌های چوبی این پایه ریشه‌ای تولید نکرد. عدم استفاده از تیمار اکسین در قلمه‌های چوبی به ریشه‌زایی در هیچ یک از پایه‌های مورد مطالعه منجر نشد. بنابراین می‌توان گفت سایر عوامل فیزیولوژیکی یا بیوشیمیایی، یا ساختمان متفاوت آناتومیکی که در برخی موارد به ریشه‌زایی قلمه‌ها منجر می‌شوند [۱۲]، در ریشه‌زایی این پایه‌ها دخالت نداشتند.

براساس نتایج، افزایش غلظت اکسین ارتباط مثبتی با افزایش تعداد ریشه در پایه‌های نماگارد، تترا و سنت‌جولین A نداشت. غلظت‌های بیشتر اکسین می‌تواند بازدارندهٔ ریشه‌زایی باشد. گفته می‌شود غلظت‌های زیاد اکسین می‌تواند موجب تخریب بافت‌های ته قلمه شود [۱۴]. همچنین ممکن است افزایش غلظت اکسین تعادل هورمونی گیاه را به هم زند و ریشه‌زایی را کاهش دهد. در تناقض با این یافته، گزارش شده که ریشه‌زایی دو کلون کوتینوس[2] ارتباط مثبتی با مقدار اکسین به‌کاررفته داشت [۳۱] که با نتایج حاصل از ریشه‌زایی قلمه‌های چوبی GF677 تطابق دارد (جدول ۲). قلمه‌های چوب سخت فندق رقم 'Tonda' که با IBA به غلظت ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شده و در پاگرمای ۲۷ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شده بودند، ریشه‌زایی بیش از ۷۰ درصد را نشان دادند. در حالی که در سه رقم فندق بالاترین ریشه‌زایی روی قلمه‌های تیمارشده با ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با میانگین تعداد ریشه ۴/۷ عدد به‌دست آمد [۳۴]. مناسب‌ترین غلظت اکسین برای ریشه‌زایی قلمه‌های چوب سخت GF677، ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA اعلام شده است که با غلظت مناسب گزارش‌شده در این پژوهش تطابق ندارد [۶].

مطابق شکل ۴، بیشترین درصد ریشه‌زایی را پایهٔ GF677 نشان داد. درصد ریشه‌زایی سنت‌جولین A اختلاف معناداری با پایهٔ نماگارد نداشت. در پژوهش دیگری نیز اختلاف معنادار بین درصد ریشه‌زایی ارقام مختلف گزارش نشد و قلمه‌های GF677 درصد ریشه‌زایی زیادی در ماه‌های دی، بهمن، مرداد و آبان داشتند [۳۱].

قلمه‌های چوبی پایهٔ رویشی تترا ریشه‌ای تولید نکرد. ریشه‌زایی قلمه‌ها همیشه با موفقیت همراه نیست و دلایل عدم ریشه‌زایی آنها هنوز نیز به‌طور واضح مشخص نشده است. عواملی مثل رقم، سن درختی که از آن قلمه گرفته می‌شود، تاریخ جمع‌آوری، طول، قطر، درجهٔ سختی قلمه و غلظت ترکیبات شبه‌اکسینی بر ریشه‌زایی مؤثرند [۳۱]. در بافت‌های گیاهی به‌طور معمول IBA به IAA تبدیل می‌شود. علت ریشه‌زایی کم قلمه‌ها، جذب کُند اکسین، کاهش تبدیل IBA به IAA و نیز سایر عوامل درون‌زای ریشه‌زایی است. از طرف دیگر چوبی شدن می‌تواند عامل محدودکنندهٔ خروج ریشه باشد [۲۸]. بدیهی است اکسین از طریق القا و تحریک تقسیم سلولی و تمایز ریشه‌ها سبب افزایش درصد ریشه‌زایی می‌شود [۵].

1. Castanea

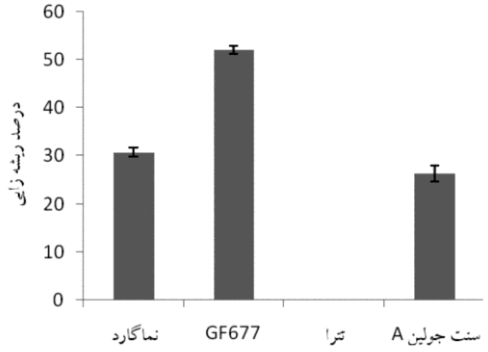
2.Cotinus

جدول ۲. اثر متقابل پایهٔ رویشی و غلظت IBA بر میانگین تعداد ریشه در قلمه‌های چوبی±SD†

پایهٔ رویشی	غلظت IBA (mg/l)	میانگین تعداد ریشه	پایهٔ رویشی	غلظت IBA (mg/l)	میانگین تعداد ریشه
GF677	صفر	۰±۰g	نماگارد	صفر	۰±۰g
GF677	۲۵۰۰	۹/۶۶±۲/۱۳ab	نماگارد	۲۵۰۰	۲/۵±۰/۵e
GF677	۳۰۰۰	۶/۳۳±۱/۲۱c	نماگارد	۳۰۰۰	۱±۰/۳f
GF677	۳۵۰۰	۴/۶۶±۰/۵۱d	نماگارد	۳۵۰۰	۰±۰g
GF677	۴۰۰۰	۱۰±۱/۷۳a	نماگارد	۴۰۰۰	۰±۰g
سنت‌جولین A	صفر	۰±۰g	تترا	صفر	g۰±۰
سنت‌جولین A	۲۵۰۰	۰±۰g	تترا	۲۵۰۰	g۰±۰
سنت‌جولین A	۳۰۰۰	۱/۳۳±۰/۵۲ef	تترا	۳۰۰۰	g۰±۰
سنت‌جولین A	۳۵۰۰	۸±۰/۳۱b	تترا	۳۵۰۰	g۰±۰
سنت‌جولین A	۴۰۰۰	۰±۰g	تترا	۴۰۰۰	g۰±۰

† انحراف معیار

در هر ستون حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنادارند.



شکل ۴. اثر پایهٔ رویشی بر درصد ریشه‌زایی قلمه‌های چوبی

در رسم نمودارها از خطای استاندارد استفاده شد.

به‌طور کلی غلظت مناسب ریشه‌زایی برای قلمه‌های چوبی بیش از قلمه‌های نیمه‌چوبی بود. در تأیید این مطلب در ریشه‌زایی چهار رقم آلو گزارش شد که غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA در تابستان و غلظت ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر از این هورمون در پاییز و فصل خواب، بیشترین ریشه‌زایی و زنده‌مانی قلمه را به‌همراه داشت [۲۴]. در این راستا نتایج پژوهش دیگری نشان داد که اثر ریشه‌زایی غلظت‌های مختلف اکسین مورد استفاده تحت تأثیر مقدار هورمون موجود در قلمه است و مقدار هورمون داخلی درختان میوه براساس فصل رشد ممکن است متفاوت باشد، به‌طوری‌که مقدار هورمون درونی، در فصل سرد با کاهش فعالیت‌های متابولیسمی درختان، کاهش و در فصل گرم افزایش می‌یابد. بنابراین در فصول سرد غلظت بیشتر و در فصول گرم غلظت کمتر هورمون برای ریشه‌زایی مورد نیاز است [۸]. در تأیید این مطالب صادقی گزارش کرد که عوامل محیطی مانند وضعیت تغذیه‌ای درختان مادری، مراحل فنولوژیکی و تغییرات فصلی در قابلیت ریشه‌زایی قلمه‌ها دخالت دارند [۵].

۴. نتیجه‌گیری

در هر دو زمان قلمه‌گیری، پایهٔ رویشی GF677 موفقیت بیشتری نسبت به سایر پایه‌ها به‌دست آورد. به‌طور کلی کاربرد قلمه‌های نیمه‌چوبی با تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA برای پایه‌های سنت‌جولین A و تترا و تیمار ۲۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر از این تنظیم‌کنندهٔ رشد برای پایه‌های GF677 و نماگارد توصیه می‌شود. برای دستیابی به درصد بیشتر ریشه‌زایی، گرفتن قلمه‌های نیمه‌چوبی در سایر زمان‌ها و نیز بررسی وضعیت گیاه مادری بر ریشه‌زایی قلمه‌ها پیشنهاد می‌شود.

شکل ۵. قلمهٔ نیمه‌چوبی GF677 دو ماه پس از قلمه‌گیری

شکل ۶. قلمهٔ نیمه‌چوبی نماگارد دو ماه پس از قلمه‌گیری

شکل ۷. قلمهٔ چوبی نماگارد دو ماه پس از قلمه‌گیری

شکل ۸. قلمهٔ چوبی GF677 دو ماه پس از قلمه‌گیری

منابع

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

۲. جعفری م و بوذری ن (۱۳۸۹) اثر زمان‌های مختلف قلمه‌گیری و غلظت‌های هورمونی بر ریشه‌زایی قلمه‌های چوبی سخت و نیمه‌سخت در پایهٔ گیلاس گزیلا ۶. مجلهٔ به‌زراعی نهال و بذر. ۳: ۳۴۳-۳۵۷.

۳. رادنیا ح (۱۳۷۵) پایه‌های درختان میوه (ترجمه). نشر آموزش کشاورزی. ۲۴۸ صفحه.

۴. رمضانی م، طلایی ع، اقدامی م ت و بنیادی ا (۱۳۸۳) بررسی برخی عوامل مؤثر در ریشه‌زایی قلمه‌های نیمه‌خشبی ارقام سخت ریشه‌زای زیتون. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۶۶: ۷۴-۸۱.

۵. صادقی ح (۱۳۸۰) مدیریت تولید زیتون. نشر آموزش کشاورزی. ۳۵۰ صفحه.

۶. میرسلیمانی ع و راحمی م (۱۳۸۶) اثرات دو نوع اکسین مصنوعی بر ریشه‌زایی قلمه‌های چوب سخت دورگهٔ هلو× بادام در شرایط فضای آزاد. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۶: ۸۹-۹۶.

7. Almehdi AA, Parfitt DE and Chan H (2002) Propagation of pistachio rootstock by rooted stem cuttings. Scientia Horticulturae. 96: 359-363.

8. Bartolini G, Fabbri A and Tathini M (1986) Effects of phenolic acids and auxin on rooting of *Olea europaea* L. cuttings Horticulture. Congress, Davis (U. S. A). HortScience. 21(3) sect. 2:662

9. Beckman TG and Lang GA (2003) Rootstock breeding for stone fruits. Acta Horticulturae. 622:531-551.

10. Cristofori V, Rouphael Y and Rugini E (2010) Collection time, cutting age, IBA and putrescine effects on root formation in *Corylus avellana* L. cuttings. Scientia Horticulturae. 124: 189-194

11. Day JS and Loveys BR (1998) Propagation from cuttings of two woody ornamental Australian shrubs, *Boronia megastigma* Nees (brown boronia) and *Hypocalymma angustifolium* Endl. (white myrtle). Australian Journal Experimental Agriculture. 38: 201-206.

12. Denaxa NK, Vemmos SV and Roussos PA (2012) The role of endogenous carbohydrates and seasonal variation in rooting ability of cuttings of an easy and a hard to root olive cultivars (*Olea europaea* L.). Scientia Horticulturae. 143: 19-28.

13. Ersoy N and Aydin M (2008) The effect of some hormone and humidity levels on rooting of Mahaleb (*Prunus mahaleb*) soft wood top cutting. Suleyman Demired Universitesi Ziraat Fakultesi Degisi. 3(1): 32-41.

14. Exdaktylo E, Thmidis T and Tsipouindis C (2005) Factors influencing the rooting of Gisela5 cherry rootstock hard wood cutting. Australian Journal of Experimental Agriculture. 46(12): 1633-1637.

15. Fiona P (1997) Effects of auxin treatment, cutting type and air and root zone temperatures on cutting propagation of eastern species of Conospermum and Persoonia with potential horticultural value. School of Botany, La Trobe University Report to the Australian Flora Foundation.

16. Guerrero JR, Garrido G, Acosta M and Sanchez-Bravo J (1999) Influence of 2,3,5-triiodobenzoic acid and 1-N-naphthylphthalamic acid on indoleacetic acid transport in carnation cuttings: relationship with rooting. Journal of Plant Growth Regulation. 18: 183-190.

17. Hartmann HT, Kester DE, Davies FT and Geneva RL (2002) Plant Propagation. 7th Edition. Haworth Press, USA. 410 pp.

18. Husen A and Pal M (2007) Metabolic changes during adventitious root primordia development in *Tectona grandis* Linn. F. (teak) cuttings as affected by age of donor plants and auxin (IBA and NAA) treatment. New Forest. 33: 309-323.

19. Ivanchenko MG, Napsucialy Mendivil S and Dulrousky JG (2010) Auxin-induced inhibition of lateral root initiation contributes to root system shaping in *Arabidopsis thaliana*. Plant Journal. 65: 740-752.

20. Kibbler H, Johnston ME and Williams RR (2004) Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell 2. Seasonal influences of temperature, rainfall, flowering and auxins on the stock plant. Scientia Horticulturae. 102: 343-358.

21. McKenna JR (1997) Clonal propagation of Paradox walnut rootstocks by conventional methods. University of California, Davis, M.S. Thesis.

22. Osterc G, Trobec M, Usenik V, Solar AS and Tampar F (2004) Changes in polyphenols in leafy cuttings during the root initiation phase regarding various cutting types at Castanea. Phyton-Annales. Rei Botanicae. 44: 109-19.

23. Sharma SD and Aier NB (1989) Seasonal rooting behavior cuttings of plum cultivars as influenced by IBA treatments. Scientia Horticulture. 40:297-303.

24. Silva AL, Rogalski M and Moraes LK (2003) In vitro establishment and multiplication of Prunus rootstock. Revista Brasileira de Fruticultura. 25: 297-300.

25. Szecsko V, Csikos A and Hrotko K (2002) Timing of hardwood cuttings in the propagation of plum rootstocks. . Acta Horticulturae. 577:115-119.

26. Taiz L and Zeiger E (1991) Plant Physiology. Sperktrum Akademischer Verlag, 559 p.

27. Tewfik AA (2002) Effect of IBA, planting media and type of cutting on rootng of nemaguard peach rootstock under egyptian conditions. Acta Horticulturae. 592: 169-175.

28. Trobec M, Tampar FS, Veberic R and Osterc G (2005) Fluctuations of different endogenous phenolic compounds and cinnamic acid in the first days of the rooting process of cherry rootstock 'GiSelA 5' leafy cuttings. Journal of Plant Physiology. 162: 589-597.

29. Tsipouridis C, Thomidis T and Isaakidis A (2003) Rooting of peach hardwood and semi-hardwood cuttings. Australian Journal Experimental Agriculture. 43: 1363-1368.

30. Tsipouridis C, Thomidis T and Michailides Z (2005) Influence of some external factors on the rooting of GF677, peach and nectarine shoot hardwood cuttings. Australian Journal of Experimental Agriculture. 45: 107-113.

31. Tsipouridis C, Thomidis T and Michailides Z (2005) Short communication factors influencing the rooting of peach GF677 (peach×almond hybrid) hardwood cuttings in a growth chamber. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 33: 93-98.

32. Tsipouridis C, Thomidis T, Bladenopoulou S (2006) Seasonal variation in sprouting of GF677 peach×almond (*Prunus persica*×*Prunus aygdalus*) hybrid root cuttings. Crop and Horticultural Science. 34: 45-50.

33. Tworkoski T and Takeda F (2007) Rooting response of shoot cuttings from three peach growth habits. Scientia Horticulturae. 115: 98-100.

34. Ughini V and Roversi A (2005) Adventitious root formation course in hazelnut hardwood cuttings as a consequence of forcing treatments. Acta Horticulturae. 686: 227-234.