مجله به‌زراعی کشاورزی، دوره ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹، ص ۹۳-۸۱

تأثیر قدرت رشد پایه مادری و هورمون اکسین بر کال‌زایی و تولید ریشه قلمه‌ها و افکنه‌های گردو

رضا رضایی [۱] و کورش وحدتی [۲*]

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۱۹ و تاریخ پذیرش: ۸۹/۲/۱۸
E-mail: kvahdati@ut.ac.ir

چکیده

با هدف بررسی تأثیر قدرت رشد پایه مادری و هورمون ریشه‌زایی بر کالوس‌دهی و تولید ریشه قلمه‌ها و افکنه-های گردو، آزمایشاتی طی سال‌های زراعی ۸۶-۱۳۸۵ صورت گرفت. در آزمایش‌های قلمه‌زنی، از سه گروه پایه مادری با قدرت رشد متفاوت (ضعیف، متوسط و پررشد)، قلمه‌های نیمه خشبی یا خشبی تهیه گردید. قلمه‌ها پس از تیمار با یا بدون هورمون ایندول بوتیریک اسید (IBA) در شرایط مه‌پاش و پادمای خودکار و یا به صورت سیلوی وارونه کشت شدند. نتایج نشان داد که اثر پایه مادری و هورمون فقط روی درصد قلمه‌های کالوس‌دار شده معنی‌دار بود. تیمار مجدد اکسین رقیق نیز بر تمایز کالوس به ریشه مؤثر واقع نشد. در آزمایش خوابانیدن کپه‌ای، با مصرف لانولین دارای سه نوع اکسین (IAA، IBA و NAA)، تفاوت سه گروه پایه مادری از نظر کالوس‌دهی و تولید ریشه معنی‌دار بود. پایه‌های ضعیف با بیشترین میانگین تعداد ریشه تشکیل شده در هر شاخه (۷/۸ عدد)، کیفیت تولید ریشه (٤/۲ از پنج) و نیز تولید ریشه با منشاء داخلی، قابلیت تولید ریشه بهتری داشتند. قابلیت تولید ریشه بسیار خوب پایه-های ضعیف در مقایسه با پایه‌های پررشد در شرایط خوابانیدن کپه‌ای، دلیلی بر متفاوت بودن ساختار آناتومیکی و فیزیولوژیکی آن‌ها می‌باشد. بنابراین در گردو امکان انتخاب کلون‌های پاکوتاه و سهل ریشه‌زا وجود دارد.

کلمات کلیدی: افکنه، تکثیر رویشی، خوابانیدن، سخت ریشه‌زا، قلمه‌زنی، گردوی ایرانی

۱- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، آذربایجان غربی - ایران
۲- دانشیار، گروه باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران - ایران (*مسئول مکاتبه)

مقدمه

در باغبانی، قلمه زدن و خوابانیدن، از متداول‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روشهای ازدیاد رویشی می‌باشند (۱۸). گیاهانی که تولید ریشه در آنها به سختی انجام می‌گیرد (نظیر گردو)، دارای پوست و لایه‌های استحکامی ضخیم و هورمون‌ها و کوفاکتورهای تولید ریشه آنها در حداقل است. بنابراین تلاش برای ریشه‌دار کردن قلمه‌ها یا افکنه‌های گردو مورد توجه محققان مختلف بوده است (۳۰ و ۳۱). بررسی زمان مناسب تهیه قلمه، ارتباط بین ذخایر غذایی، مواد فنلی و تولید ریشه و مایه‌کوبی قاعده قلمه‌ها با آگروباکتریوم ریزوژنز به منظور افزایش تولید ریشه از جمله تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌باشند که نتایج آنها منجر به تشکیل کالوس و یا تولید ریشه در حد بسیار محدود شده است (٦، ۱۵ و ۲۱). استفاده از هورمون IBA[1] با غلظت خیلی زیاد (۲-۱ درصد) همراه با روش مه‌پاش و پاگرما منجر به تولید ریشه در حد صفر تا ۱۲ درصد شده است. تولید ریشه در قلمه‌های نیمه خشبی و خشبی گردوی هیبرید پارادکس به‌ترتیب ۸۱ و ۸۲ درصد گزارش شده است که حاکی از آسان ریشه‌زا بودن هیبرید پارادکس گردو نسبت به گردوی ایرانی می‌باشد (۱۵). در دیگر آزمایشات دیگری، انتقال ژن rolABC به هیبرید پارادکس سبب کاهش تولید ریشه شد و با آلوده کردن قاعده قلمه‌ها با اگروباکتریوم ریزوژنز میزان تولید ریشه قلمه‌های گردو از صفر به ٦۳ درصد افزایش یافت (٦ و ۱۵). اگرچه آلوده کردن قلمه‌ها با باکتری سبب بهبود تولید ریشه شده است ولی این موفقیت باعث بیمار شدن نهال‌های ریشه‌دار شده است (٦).

غلظت زیاد هورمون IBA (۸۰۰۰ ppm) به روش غوطه‌ور ساختن سریع و یا محلول رقیق (۲۵۰ ppm) به مدت ۲٤ ساعت، استفاده از بلوک‌های اسفنجی انفرادی و استفاده از پادمای زیاد (۳۸-۳۵ درجه سانتی‌گراد) نیز به عنوان عوامل مؤثر در بهبود تولید ریشه در قلمه‌های نیمه خشبی و خشبی گردو گزارش شده‌اند. زمان تهیه قلمه و کنترل دقیق شرایط محیطی نیز بسیار مهم است. نوسانات فصلی قابلیت تولید ریشه نیز در گردو بررسی شده است و بهترین زمان گرفتن قلمه نیمه‌خشبی اوایل تا اواسط تابستان، با شروع چوبی شدن بافت شاخه و قلمه خشبی در اواسط بهمن ماه، پس از رفع نیاز سرمایی، گزارش شده است (۲۸).

خوابانیدن که به عنوان یکی از روش‌های سنتی برای تکثیر انبوه پایه‌های رویشی درختان میوه نظیر سیب، گلابی، به و فندق در سراسر جهان به‌کار می‌رود (۹ و ۱۸)، در گردو نیز می‌تواند برای تکثیر پایه‌های یکدست از نظر ژنتیکی با کمترین هزینه تولید، استفاده شود. بررسی اثر غلظت‌های مختلف هورمون IBA به اضافه حلقه‌برداری با سیم و خوابانیدن کپه‌ای در نهال‌های بذری گردو نشان داد که با وجود تشکیل کالوس فراوان، تولید ریشه متناسب با غلظت هورمون و قطر افکنه نیست (۱). علت اصلی عدم تولید ریشه در افکنه‌ها، ضخامت زیاد حلقه اسکلرانشیمی و اکسیداسیون مواد فنلی در جریان زخم گزارش شده است (۳). با استفاده از روش خوابانیدن کپه‌ای تغییر یافته، یعنی تیمار قاعده افکنه‌ها با لانولین مخلوط شده با نسبت مساوی از هر یک از سه هورمون اکسین (IBA, NAA, IAA)، به غلظت ۷۵۰۰ ppm و حلقه‌برداری با سیم مفتولی و پوشش با ماسه و پرلایت، تولید ریشه در ژنوتیپ‌های مختلف بسیار خوب بوده است (۳۲). بستن قاعده افکنه‌ها با سیم مفتولی (نوعی حلقه‌برداری) احتمالاً از طریق تجمع کربوهیدرات‌ها و IAA درون‌زاد و یا تحریک مدوام سنتز اتیلن، به عنوان کوفاکتور اکسین، سبب افزایش تولید ریشه می‌شود (٤). تأثیر این عمل در بهبود تولید ریشه در افکنه‌های فندق نیز گزارش شده است (۹).

باتوجه به زیاد بودن نسبت بافت آبکش به چوب در ژنوتیپ‌های کم رشد می‌توان انتظار تولید ریشه بیشتری از این ژنوتیپ‌ها داشت (۱۰). بنابراین بررسی ارتباط بین قدرت رشد و تولید ریشه افکنه‌های گردو در روش خوابانیدن از این جهت که می‌تواند زمینه تکثیر انبوه پایه‌های رویشی را با حداقل هزینه و امکانات فراهم نماید اهمیت زیادی دارد.

باتوجه به وجود فنوتیپ‌های پاکوتاه و زودبارده گردو در ایران، شناسایی ارتباط بین قدرت رشد نهال، تولید ریشه و یا پیوند گردو از نظر علمی و کاربردی بسیار حایز اهمیت است (۲). بررسی ارتباط بین قدرت رشد و قابلیت تولید ریشه برای تولید پایه‌های رویشی گردو از اهداف اصلی این تحقیق است.

1 - Indole butyric acid (IBA)

مواد و روش‌ها

در اواخر شهریور ماه ۱۳۸۵، تعداد ۱۸۰ قلمه نیمه‌خشبی (به طول ۱۲-۱۰ سانتی‌متر با حداقل سه گره) از درختان بذری پنج ساله گردو که دارای سه سطح قدرت رشد (پر رشد، متوسط و کم رشد) بودند، تهیه و با هورمون اندول بوتیریک اسید (IBA) در دو غلظت صفر و ٦۰۰۰ قسمت در میلیون (ppm) در سه تکرار تیمار شدند. درختان پایه براساس فنوتیپ پاکوتاهی از بین نهال‌های بذری موجود در نهالستان‌ها گزینش و در یک باغ کشت شده بودند. قلمه‌های هر گروه به دو قسمت مساوی تقسیم و قاعده آنها به مدت پنج ثانیه در محلول هورمون قرار داده شدند. کشت قلمه‌ها در اتاق سازگاری گیاهان کشت بافتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه مجهز به سیستم مه‌پاش و پادمای خودکار انجام شد. بستر کشت قلمه متشکل از مخلوط مساوی خاک اره، پرلایت و ماسه بادی بود. بستر کاشت با استفاده از محلول ۰/۵ درصد وایتکس و کشیدن پلاستیک روی آن ضدعفونی و قبل از کشت قلمه‌ها با آب فراوان شستشو شد. برای ضدعفونی سطحی، قلمه‌ها قبل از تیمار هورمونی در داخل محلول ۰/۵ درصد هیپوکلریت سدیم به مدت ۱۰ ثانیه فرو برده شدند و سپس به‌طور کامل با آب شهری شستشو شدند. در هر قلمه یک یا دو برگ انتهایی حفظ و مابقی برگ‌ها حذف یا کوتاه شدند. به منظور تحریک تولید ریشه، در قسمت تحتانی قلمه‌ها دو زخم طولی سطحی ایجاد گردید. پس از کشت قلمه‌ها در بستر، برای حفظ رطوبت در اطراف قلمه‌ها با ورقه نازک و شفاف پلی اتیلنی پوشش داده شد. میزان رطوبت داخل محفظه به وسیله یک دستگاه مه ساز و با استفاده از سنسور رطوبت‌سنج تا میزان ۸۵ درصد تأمین گردید. برای تأمین پادما[1]، ترموستات روی ۲۵ درجه تنظیم شد. در طول مدت آزمایش، به مدت ٤۰ روز قلمه‌ها به طور مرتب بازدید و هر هفته یک بار کل بستر آبیاری و تهویه تونل انجام شد. نور لازم برای فتوسنتز، با نصب لامپ‌های سفید ۲۰۰ وات در هر مترمربع به فاصله ۵۰ سانتی‌متر بالاتر از قلمه‌ها تأمین شد.

در آزمایش بعد، از هر سه گروه درختان دارای قدرت رشد متفاوت تعداد ٦۰ قلمه خشبی به طول ۱۵-۱۲ سانتی‌متر در ماه‌های آذر و بهمن تهیه شد. قلمه‌ها با یا بدون هورمون IBA با غلظت ۷۵۰۰ قسمت در میلیون (ppm) تیمار و در بستر کشت ماسه پرلیت با پادمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا یک ماه نگهداری شدند. در ماه اسفند ۱۳۸۵، آزمایش قلمه خشبی مجدداً تکرار شد. با این تفاوت که در این مرحله از کالوس‌دار کردن زمستانه (سیلو کردن قلمه‌ها به صورت وارونه) و سپس کشت در گلخانه استفاده شد. برای القاء ریشه‌زایی در کالوس، قاعده تعدادی از قلمه‌های کالوس‌دار شده با محلول رقیق اکسین (با غلظت۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر) به مدت ۱۲ ساعت تیمار شدند.

در آزمایش خوابانیدن (سال ۱۳۸٤)، تعداد ۱۰۵ پایه مادری براساس ارتفاع انتخاب و به سه گروه قوی، متوسط و ضعیف به‌ترتیب با ارتفاع متوسط ۱۷۰، ۱۰۰ و ۵۰ سانتی‌متر گروه‌بندی شدند و در هر گروه ۳۵ نهال درنظر گرفته شد. در اسفند ماه نسبت به کشت آنها در خزانه دوم در سه ردیف مجزا به فاصله ۵۰ × ۲۰۰ سانتی‌متر اقدام شد و سپس کف‌بر شدند و پس از آن بلافاصله آبیاری انجام شد. در اردیبهشت ۱۳۸۵، با آغاز رشد شاخه‌های جدید، قاعده افکنه‌ها (از این بعد شاخه‌ها) به طول ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر و به قطر سه تا پنج میلی‌متر در هر پایه با یک تکه سیم مفتولی بسته شد. سپس قسمت بالایی سیم با خمیر لانولین آغشته به سه هورمون اکسین (IBA, IAA, NAA) هر کدام به غلظت ۷۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم لانولین تیمار و در قاعده هر یک از شاخه‌ها دو برش طولی (زخم‌زنی) ایجاد شد (۳۰). از مخلوط خاک اره: ماسه بادی (به نسبت ۱:۲) برای پوشش قاعده شاخه‌ها استفاده شد. برای جلوگیری از خشک شدن، پوشش با لایه متوسطی از خاک اطراف پوشیده شد. در طی فصل رشد سال ۱۳۸۵ (اواسط اردیبهشت تا اواخر مهرماه)، علاوه بر انجام عملیات زراعی (شامل آبیاری هر هفته یک بار تا آخر فصل رشد، کوددهی با اوره به شکل سرک در اوایل بهار و کنترل علف‌های هرز با دیسک زدن بین ردیف‌ها و وجین دستی)، در طول ماه‌های تیر و مرداد نیز هر دو هفته یک بار سطح پشته‌ها برای حفظ رطوبت کافی آبپاشی شد. در اسفند ۱۳۸۵، ابتدا تعداد پایه‌های ریشه‌دار شده در هر گروه دانهال شمارش و سپس در هر پایه، تعداد ریشه در هر شاخه، طول و

1 - Bottom heat

قطر بزرگترین ریشه در هر شاخه، کیفیت ریشه براساس مقیاس یک تا پنج (۱ = ضعیف، ۳ = متوسط و ۵ = خوب)، قطر کالوس، طول و قطر هر شاخه ریشه‌دار شده و تعداد جوانه در هر شاخه یادداشت شد. داده‌های جمع‌آوری شده از سه شاخه در هر پایه و در هر گروه (طرح آشیانه‌ای یا ترتیبی بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی) پس از تبدیل جذری ($\sqrt{x+0.5}$) با نرم‌افزار SAS تجزیه شدند.داده‌های مربوط به درصد قلمه‌های کالوس‌دار شده در آزمایش‌های قبل نیز با نرم‌افزار SPSS براساس طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار تجزیه و میانگین‌ها مقایسه شدند (۲٦).

نتایج و بحث

درصد قلمه‌های کالوس‌دار شده در قلمه‌های خشبی تهیه شده در آذرماه کمترین و درصد قلمه‌های کالوس دار شده (٦۰-۵۰ درصد) در قلمه‌های خشبی تهیه شده در اسفندماه بیشترین بود (جدول‌های ۱ الی ٤). در هر چهار آزمایش، مصرف هورمون سبب افزایش درصد تشکیل کالوس نسبت به شاهد گردید ($P\leq ۰/۰۱$). به‌طورکلی با خشبی شدن شاخه‌ها قابلیت کالوس‌دهی افزایش یافت که این مشاهدات با گزارشات سایر محققین مطابقت دارد (۱۵ و ۲۲). ولی در این تحقیق میزان تشکیل کالوس به‌طور متوسط حدود ۵۰ درصد بود که تقریباً ۱۸ درصد بیشتر از گزارش مشابه است (۱۵). علت زیاد بودن کالوس (مخصوصاً در قلمه‌های خشبی) می‌تواند مربوط به کیفیت قلمه‌ها باشد که از شاخه‌های یک ساله رویشی گرفته شده بودند. قلمه‌های کالوس‌دار شده پس از انتقال به جعبه به مدت یک ماه زنده ماندند ولی به مرور از قاعده سیاه شده و خشک شدند. در تیمار قاعده قلمه‌های کالوس‌دار شده با IBA رقیق (۲۵۰ ppm) به مدت ۱۲ ساعت ریشه تشکیل نشد. لذا امکان تمایز کالوس به ریشه با تیمار مجدد اکسین نیز میسر نبود.

در هیچ‌یک از آزمایش‌های قلمه‌زنی ریشه تولید نشد (جدول ۱). در گزارش مشابهی نیز با استفاده از قلمه‌های خشبی ۲-۱ ساله گردو تیمار شده با محلول ۱۰۰۰-۱۰۰ قسمت در میلیون (ppm) ریشه تولید نشد (۱۵). این نتایج باتوجه به سخت ریشه‌زا بودن گردو قابل انتظار بود. در یک آزمایش دیگر مشخص شد که گردو برای تولید ریشه به ۱/۵-۱ درصد IBA نیاز دارد و در این غلظت در ۱۲ درصد موارد ریشه تولید می‌شود (۱۵). در یک تحقیق دیگر، با برداشت قلمه خشبی از درختان مادری که پنج سال هرس شدید شده بودند و تیمار آنها با ۷۵۰۰ قسمت در میلیون (ppm) IBA، فقط در ۱٤/۵ درصد ریشه تولید شد (۱٦). با ارزیابی تولید ریشه قلمه‌های خشبی و نرم در گردوی کره‌ای (*Juglans cinerea*) مشخص شد که بیشترین درصد تولید ریشه (۲۷/۸-۱۵/۸ درصد) با هورمون IBA (٦۰۰۰ تا ۷۵۰۰ ppm) از قلمه‌های چوب نرم حاصل از اولین فلاش رشدی به طول ۲۰ سانتی‌متر مصادف با زمان انجام خوابانیدن در گردو حاصل می‌شود (۲٤). با این حال، بازده نهایی (تولید ۲۰-۱۰ قلمه ریشه‌دار شده) در این آزمایش نیز کمتر گزارش شده است. این امر نشان می‌دهد قلمه‌های ریشه‌دار شده از نظر سازگاری بعد از ریشه‌زایی دارای مشکلاتی هستند که ترد بودن ریشه‌ها و شکسته شدن آنها درحین انتقال، تلفات ناشی از سپری نمودن دوره خواب زمستانه در انبار سرد به صورت ریزش جوانه فوقانی تعدادی از این موارد هستند.

در آزمایش خوابانیدن، پس از گذشت حدود شش هفته از اتمام عملیات خوابانیدن (۲۵ اردیبهشت)، اولین بررسی تصادفی درخصوص تولید ریشه افکنه‌ها نشان داد که در قاعده آنها کالوسی به رنگ سفید متمایل به زرد تشکیل شده است. با نمونه‌برداری‌های بعدی مشخص شد که شروع ریشه‌زایی (زمان خروج ۳-۲ ریشه) در حدود هشت هفته پس از خوابانیدن بوده است. بعد از تولید ریشه، مطالعه درصد تولید ریشه افکنه‌ها به آخر سال موکول گردید تا بتوان علاوه بر یادداشت‌برداری‌های لازم، افکنه‌های ریشه‌دار شده را به خزانه دوم منتقل کرد. با مشاهده افزایش بسیار زیاد تعداد، قطر و طول ریشه افکنه‌ها در آخر فصل رشد نتیجه‌گیری می‌شود که آغاز تولید ریشه افکنه‌ها در آخر تیر ماه بوده است. ولی اوج تولید ریشه افکنه‌ها به احتمال بسیار زیاد در مرداد و شهریورماه (مصادف با موج دوم فعالیت ریشه‌زایی درختان) و قبل از خشبی شدن بافت‌ها انجام شده است.

درصد تولید ریشه و کیفیت تولید ریشه نهال‌های بذری در میان و در درون هر سه گروه قدرت رشد بسیار متفاوت بود که تأثیر بارز ژنوتیپ بر تولید ریشه را نشان می‌دهد که

این نتایج مطابق با مشاهدات سایر محققین است (٤، ۸، ۲۰، ۲۰ و ۲۱). از ۳۵ ژنوتیپ ارزیابی شده در گروه پر رشد، متوسط رشد و کم رشد تعداد ژنوتیپ‌های ریشه‌دار شده با حداقل یک ریشه در شاخه به‌ترتیب شش (۱۷/۱ درصد)، ۱۱ (۳۱/٤ درصد) و ١٦ (٤٠ درصد) بودند. تعداد ژنوتیپ‌های ریشه‌دار شده در گروه کم رشد تقریباً ۲/۵ برابر بیشتر از گروه پر رشد بود (جدول ۵).

گروه کم رشد دارای بیشترین میانگین تعداد ریشه در شاخه (۷/۸)، طول ریشه (٢٤/٠ سانتی‌متر)، قطر ریشه (۳/۲ میلی‌متر) و کیفیت ریشه (٤/٢ از پنج) بودند که تفاوت آن (به استثنای قطر ریشه) با دو گروه دیگر معنی‌دار بود (جدول ۵). افکنه‌های حاصل از این گروه دارای کمترین میانگین قطر کالوس (۲۱/۹ سانتی‌متر)، طول (۳۳/۷ سانتی‌متر) و قطر افکنه (۹/۷ میلی‌متر) بود و تفاوت آن با دو گروه دیگر معنی‌دار بود ($P\leq$ ۰/۰۱). در اکثر شاخه‌های ریشه‌دار شده در گروه کم رشد کالوس کمتر و کیفیت تولید ریشه بسیار خوب بود (شکل ۱)، ولی قطر کالوس در ۸۰ درصد از شاخه‌ها در گروه پر رشد بدون تولید ریشه زیاد بود. درضمن در موارد ریشه‌دار شده ریشه‌های آنها بسیار نازک، کوتاه و شکننده بود.

در داخل گروه‌ها و در میان شاخه‌های یک ژنوتیپ نیز قابلیت تولید ریشه متفاوت بود. این تفاوت‌ها در گروه کم رشد نسبت به دو گروه دیگر کمتر بود. در گروه پر رشد بیشترین (٤/۳) و کمترین تعداد ریشه (۰/۷) به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۵ و ۲ بود. در گروه متوسط رشد بیشترین (۹/۳) و کمترین تعداد ریشه (۱/۷) به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ٤ و ۹ بود و در گروه کم رشد بیشترین (۱۲/۳) و کمترین تعداد ریشه (۳/۷) به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۸ و ٦ بود. تعداد ریشه در شاخه در اغلب ژنوتیپ های کم رشد بین ۳/۷ تا ۱۰/۷ متغیر بود.

علاوه بر تولید ریشه خوب، در گروه کم رشد، ریشه‌های نابجا از بافت‌های داخلی کامبیوم آوندی منشاء گرفته بودند. به این دلیل که در محل دقیق خروج ریشه، کامبیوم آوندی پیوستگی خود را از دست داده بود. نوع دیگری از تولید ریشه نابجا در شاخه‌های پر رشد مشاهده گردید که به‌طور مستقیم از کالوس منشاء گرفته بود. این ریشه‌ها بسیار کوتاه و شکننده بودند و در محل خروج در مقطع ساقه، کامبیوم آوندی پیوستگی خود را حفظ کرده بود. تشکیل ریشه‌های نابجا از کالوس در چند گونه گیاهی نظیر نراد و کاج نیز گزارش شده است ولی در اغلب موارد منشاء ریشه‌های نابجا بافت‌های پارانشیمی دایره محیطیه و یا کامبیوم آوندی (فلوئم) می‌باشد (۱۸). به این ترتیب تشکیل ریشه‌های نابجا از روی کالوس امکان‌پذیر است ولی کیفیت این ریشه‌ها بنا به دلایل فوق بسیار نامطلوب است.

نتایج تجزیه همبستگی اجزای قدرت رشد شاخه (قطر و طول شاخه) با قابلیت تولید ریشه (تعداد و طول ریشه) و قطر کالوس در ۳۱ ژنوتیپ موجود در سه گروه قدرت رشد در جدول ٦ ارائه شده است. همبستگی قطر و ارتفاع شاخه با تعداد و طول ریشه منفی و با قطر کالوس مثبت است. یعنی هرچه قطر یا ارتفاع شاخه زیادتر باشد تعداد و طول ریشه نیز کاهش می‌یابد. ولی قطر کالوس زیادتر و تولید ریشه کمتر می شود. همبستگی منفی کالوس زیاد و تولید ریشه در گیلاس نیز گزارش شده است. تشکیل زیاد کالوس فرایند ریشه‌زایی را در قلمه نیمه خشبی گیلاس (گیسلا-۵) نیز دچار اختلال می‌کند (٢٦).

جدول ۱ - تأثیر قدرت رشد پایه مادری و هورمون بر کالوس‌دهی قلمه‌های نیمه خشبی گردو در اوایل مهر ۱۳۸۵

نوع تیمار	قدرت رشد		
	پر رشد	متوسط رشد	کم رشد
هورمون IBA (٦۰۰۰ ppm)	۳٦/٦ ± ۱۵/۵ [a] *	۳۳/۳± ۱۳/۰ [a]	۲٦/٦ ± ۸/۷ [a]
شاهد (اتانول ۷۰ درصد)	۲۰/۲ ± ۷/۰ [b]	۱۳/۳ ± ٤/٤ [b]	۱۰/۰ ±۳/۵ [b]

* - در هر ستون تفاوت میانگین‌های دارای حروف متفاوت معنی‌دار است ($P\leq$ ۰/۰۱).

جدول ۲ – تأثیر قدرت رشد پایه مادری و هورمون بر کالوس‌دهی قلمه‌های خشبی گردو تهیه شده در اواخر آذر ۱۳۸۵

نوع تیمار	قدرت رشد		
	پر رشد	متوسط رشد	کم رشد
هورمون IBA (۷۰۰۰ ppm)	۲۰/۲ ± ۵/۵ a*	۱۳/۳ ± ٤/۲ a	۱٦/٦ ± ٤/٤ a
شاهد (اتانول ۷۰ درصد)	٦/٦ ± ۲/۳ b	۳/۳ ± ۱/۲ b	۳/٤ ± ۱/۱ b

* – در هر ستون تفاوت میانگین‌های دارای حروف متفاوت معنی‌دار است (P≤ ۰/۰۱).

جدول ۳ – تأثیر قدرت رشد پایه مادری و هورمون بر کالوس‌دهی قلمه‌های خشبی گردو در اوایل بهمن ۱۳۸۵

نوع تیمار	قدرت رشد		
	پر رشد	متوسط رشد	کم رشد
هورمون IBA (٦۰۰۰ ppm)	٥٦/٦ ± ۱٥/٥ a*	٤٦/٦ ± ۱٦/۳a	٤٦/٦ ± ۱٦/۹ a
شاهد (اتانول ۷۰ درصد)	٤۳/۳ ± ۱۳/٥ b	٤۰/٤ ± ۱۳/٤ b	۳۳/۳ ± ۱۰/۱ b

* – در هر ستون تفاوت میانگین‌های دارای حروف متفاوت معنی‌دار است (P≤ ۰/۰۱).

جدول ٤ – تأثیر قدرت رشد پایه مادری و هورمون بر کالوس‌دهی قلمه‌های خشبی گردو در اواخر اسفند ۱۳۸۵

نوع تیمار	قدرت رشد		
	پر رشد	متوسط رشد	کم رشد
هورمون IBA (۷۰۰۰ ppm)	۷۰/۰ ± ۲٤/۰ a*	۷۳/۳ ± ۲٥/٤ a	٦۰/۰ ± ۲۰/۰ a
شاهد (اتانول ۷۰ درصد)	٥۳/۳ ± ۲۰/۲ b	٥۳/۳ ± ۲۱/۲ b	٥۰/۰ ± ۱٥/۲ b

* – در هر ستون تفاوت میانگین‌های دارای حروف متفاوت معنی‌دار است (P≤ ۰/۰۱).

عدم تولید ریشه در قلمه‌های نیمه خشبی درختان گردو به احتمال زیاد ناشی از هم‌زمان بودن تهیه آن‌ها با اوج سنتز مواد فنلی (مرداد ماه) است (۲٥). هرچند در این تحقیق، میزان سنتز مواد فنلی بررسی نشده است ولی این پدیده را به‌طور غیرمستقیم می‌توان از قهوه‌ای شدن سریع بافت‌های بیرونی قلمه‌ها (مخصوصاً در انواع پر رشد) کمی بعد از قلمه‌زنی تشخیص داد. این تغییر رنگ سریع بافت نتیجه اکسیداسیون سریع مواد فنلی موجود در بافت‌های گردو است که از آن به عنوان مانع اساسی در تشکیل کالوس در پیوندهای تابستانه نیز یاد می‌شود (۲٤). باتوجه به تجارب حاصل از این تحقیق، در آینده باید در مورد ارزیابی تولید ریشه از شاخه‌های نورسته برداشت شده در اواسط بهار تا اوایل تیر ماه با غلظت مواد فنلی کم مطالعه شود.

بین قابلیت تولید ریشه با نرم بودن بافت قلمه و جوان بودن گیاه مادری رابطه وجود دارد (۱۸ و ۲۰). بر این اساس، هرقدر قلمه علفی‌تر باشد و از مرحله نونهال گیاهان (پس از هرس متوالی درخت مادری به مدت چند سال) تهیه شده باشد، قابلیت تولید ریشه آن بیشتر است. دلیل این امر لیگنینی نشدن بافت‌های استحکامی (مثل لایه اسکلرانشیم و کلانشیم) و کاهش متابولیسم ثانویه (درنتیجه کاهش مواد فنولی) است که زمینه مساعدی برای تولید ریشه فراهم می‌کند. چالش اصلی در این زمینه، تأمین شرایط محیطی لازم برای حفظ

تورژسانس قلمه‌های نرم[1] به مدت ۸-٦ هفته است که نیاز به سرمایه‌گزاری بیشتر در تجهیزات گلخانه‌ای پیشرفته با کنترل تمام اتوماتیک متغیرهای محیطی در طول مدت ریشه‌زایی دارد.

در آزمایش خوابانیدن، پس از گذشت حدود شش هفته از اتمام عملیات خوابانیدن (۲۵ اردیبهشت)، اولین بررسی تصادفی درخصوص تولید ریشه افکنه‌ها نشان داد که در قاعده آنها کالوسی به رنگ سفید متمایل به زرد تشکیل شده است. با نمونه‌برداری‌های بعدی مشخص شد که شروع ریشه‌زایی (زمان خروج ۳-۲ ریشه) در حدود هشت هفته پس از خوابانیدن بوده است. بعد از تولید ریشه، مطالعه درصد تولید ریشه افکنه‌ها به آخر سال موکول گردید تا بتوان علاوه بر یادداشت‌برداری‌های لازم، افکنه‌های ریشه‌دار شده را به خزانه دوم منتقل کرد. با مشاهده افزایش بسیار زیاد تعداد، قطر و طول ریشه افکنه‌ها در آخر فصل رشد نتیجه‌گیری می‌شود که آغاز تولید ریشه افکنه‌ها در آخر تیر ماه بوده است. ولی اوج تولید ریشه افکنه‌ها به احتمال بسیار زیاد در مرداد و شهریورماه (مصادف با موج دوم فعالیت ریشه‌زایی درختان) و قبل از خشبی شدن بافت‌ها انجام شده است.

درصد تولید ریشه و کیفیت تولید ریشه نهال‌های بذری در میان و در درون هر سه گروه قدرت رشد بسیار متفاوت بود که تأثیر بارز ژنوتیپ بر تولید ریشه را نشان می‌دهد که این نتایج مطابق با مشاهدات سایر محققین است (٤، ۸، ۲۰، ۲۰ و ۲۱). از ۳۵ ژنوتیپ ارزیابی شده در گروه پر رشد، متوسط رشد و کم رشد، تعداد ژنوتیپ‌های ریشه‌دار شده با حداقل یک ریشه در شاخه به‌ترتیب شش (۱۷/۱ درصد)، ۱۱ (۳۱/٤ درصد) و ۱٦ (٤۰ درصد) بودند. تعداد ژنوتیپ‌های ریشه‌دار شده در گروه کم رشد تقریباً ۲/۵ برابر بیشتر از گروه پر رشد بود (جدول ۵).

گروه کم رشد دارای بیشترین میانگین تعداد ریشه در شاخه (۷/۸)، طول ریشه (۲٤/۰سانتی‌متر)، قطر ریشه (۳/۲ میلی‌متر) و کیفیت ریشه (٤/۲ از پنج) بودند که تفاوت آن (به استثنای قطر ریشه) با دو گروه دیگر معنی‌دار بود (جدول ۵). افکنه‌های حاصل از این گروه دارای کمترین میانگین قطر کالوس (۲۱/۹ سانتی‌متر)، طول (۳۳/۷ سانتی‌متر) و قطر افکنه (۹/۷ میلی‌متر) بود و تفاوت آن با دو گروه دیگرمعنی‌دار بود ($P\leq$ ۰/۰۱). در اکثر شاخه‌های ریشه‌دار شده در گروه کم رشد، کالوس کمتر و کیفیت تولید ریشه بسیار خوب بود، ولی قطر کالوس در ۸۰ درصد از شاخه‌ها در گروه پر رشد بدون تولید ریشه زیاد بود (شکل ۱). درضمن در موارد ریشه‌دار شده ریشه‌های آنها بسیار نازک، کوتاه و شکننده بود.

در داخل گروه‌ها و در میان شاخه‌های یک ژنوتیپ نیز قابلیت تولید ریشه متفاوت بود. این تفاوت‌ها در گروه کم رشد نسبت به دو گروه دیگر کمتر بود. در گروه پر رشد بیشترین (٤/۳) و کمترین تعداد ریشه (۰/۷) به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۵ و ۲ بود. در گروه متوسط رشد بیشترین (۹/۳) و کمترین تعداد ریشه (۱/۷) به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ٤ و ۹ بود و در گروه کم رشد بیشترین (۱۲/۳) و کمترین تعداد ریشه (۳/۷) به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۸ و ٦ بود. تعداد ریشه در شاخه در اغلب ژنوتیپ‌های کم رشد بین ۳/۷ تا ۱۰/۷ متغیر بود.

علاوه بر تولید ریشه خوب، در گروه کم رشد، ریشه‌های نابجا از بافت‌های داخلی کامبیوم آوندی منشاء گرفته بودند. به این دلیل که در محل دقیق خروج ریشه، کامبیوم آوندی پیوستگی خود را از دست داده بود. نوع دیگری از تولید ریشه نابجا در شاخه‌های پر رشد مشاهده گردید که به‌طور مستقیم از کالوس منشاء گرفته بود. این ریشه‌ها بسیار کوتاه و شکننده بودند و در محل خروج در مقطع ساقه، کامبیوم آوندی پیوستگی خود را حفظ کرده بود. تشکیل ریشه‌های نابجا از کالوس در چند گونه گیاهی نظیر نراد و کاج نیز گزارش شده است ولی در اغلب موارد منشاء ریشه‌های نابجا بافت‌های پارانشیمی دایره محیطیه و یا کامبیوم آوندی (فلوئم) می‌باشد (۱۸). به این ترتیب، تشکیل ریشه‌های نابجا از روی کالوس امکان‌پذیر است ولی کیفیت این ریشه‌ها بنا به دلایل فوق بسیار نامطلوب است.

نتایج تجزیه همبستگی اجزای قدرت رشد شاخه (قطر و طول شاخه) با قابلیت تولید ریشه (تعداد و طول ریشه) و

1 - Softwood cutting

قطر کالوس در ۳۱ ژنوتیپ موجود در سه گروه قدرت رشد در جدول (٦) ارائه شده است. همبستگی قطر و ارتفاع شاخه با تعداد و طول ریشه منفی و با قطر کالوس مثبت است، یعنی هرچه قطر یا ارتفاع شاخه زیادتر باشد تعداد و طول ریشه نیز کاهش می‌یابد. ولی قطر کالوس زیادتر و تولید ریشه کمتر می‌شود. همبستگی منفی کالوس زیاد و تولید ریشه در گیلاس نیز گزارش شده است. تشکیل زیاد کالوس فرایند ریشه‌زایی را در قلمه نیمه خشبی گیلاس (گیسلا-۵) نیز دچار اختلال می‌کند (٢٦).

شکل ۱ - تولید ریشه مطلوب در گروه کم رشد (چپ) و پر رشد (راست) در اثر استفاده از مخلوط سه اکسین و حلقه‌برداری با سیم مفتولی ۱۰ ماه بعد از خوابانیدن

جدول ۵ - مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در سه گروه مختلف قدرت رشد نهال‌های بذری در آزمایش خوابانیدن

قدرت رشد	تعداد ریشه	طول ریشه (سانتی‌متر)	قطر ریشه (میلی‌متر)	کیفیت ریشه (مقیاس ۱ تا ۵)	قطر کالوس (میلی‌متر)	طول شاخه (سانتی‌متر)	قطر شاخه (میلی‌متر)	تعداد گره
پر رشد (٦)	۳/۰±۱/۲ b**	۱۸/٦±٥/٥ b	۳/۰±۱/۰ a	۱/۸±۰/٤ b	۳۱/۳±۱۲/۱ a	٥٤/۱±۱٥/۳ a	۱٤/٥±٥/٤ a	۹/۱±۲/۳ a
متوسط رشد (۱۱)	٤/۲±۲/۲ b	۱۲/۰±۳/٤ c	۲/٥±۰/۷ a	۲/٥±۰/٦ b	۳۳/۰±۱۳/۲ a	۳۷/۱±۱٤/۳ b	۱۲/٤±٤/۳ b	۹/۸±۲/۸ a
کم رشد (۱٦)	۷/۸±۳/۳ a	۲٤/۰±٥/٤ a	۳/۲±۱/۲ a	٤/۲±۱/۲ a	۲۱/٥±۷/۸ b	۳۳/٦±۱۲/۲ b	۹/٦±۳/۲ c	۱۰/۰±۳/٤ a

* - در هر ستون، تفاوت میانگین‌های دارای حروف متفاوت معنی‌دار است ($P \leq ۰/۰۱$).

** - اعداد داخل پرانتز در ستون اول، تعداد بوته ریشه‌دار شده در گروه مربوط را نشان می‌دهد.

جدول ٦ - همبستگی قدرت رشد شاخه با قابلیت تولید ریشه

صفات	١	٢	٣	٤	٥	٦
طول شاخه	١/٠٠					
قطر شاخه	٠/٦٨**	١/٠٠				
تعداد ریشه	-٠/٢٩**	-٠/٢٣*	١/٠٠			
طول ریشه	-٠/٠٧ ns	-٠/٠٢ ns	٠/٤٨**	١/٠٠		
قطر ریشه	٠/٠٨ ns	٠/٠٦ ns	٠/٣٣**	٠/٥٧**	١/٠٠	
قطر کالوس	٠/٣٧**	٠/٦٢**	-٠/٣٨**	-٠/٢٩**	-٠/١٦ ns	١/٠٠

** و * - به‌ترتیب معنی‌دار بودن همبستگی پیرسون در سطح احتمال ١ و ٥ درصد، ns : معنی‌دار نبودن همبستگی

نتایج نشان داد که قابلیت تولید ریشه ژنوتیپ‌های کم رشد بهتر است که قابل مقایسه با تولید ریشه پایه‌های پاکوتاه کننده سیب در شرایط خوابانیدن کپه‌ای می‌باشد. به نظر می‌آید که قابلیت سنتز لیگنین ژنوتیپ‌های پررشد بیشتر است که با افزایش شدت خشبی شدن بافت‌های حد واسط چوب و پوست مانع از خروج آسان ریشه می‌شود (٧). برعکس در ژنوتیپ‌های کم رشد به علت چوب‌سازی کمتر و درنتیجه وجود چوب نرم‌تر و یا تأخیر در زمان خشبی شدن بافت‌ها، تولید ریشه افزایش می‌یابد. این تفاوت‌های ساختاری و هورمونی پیشتر در سیب گزارش شده است. برای مثال، درجه چوبی شدن پایه‌های پاکوتاه سیب در فلویم ثانویه درمقایسه با انواع پررشد کمتر است و نیز مقدار IAA داخلی آن‌ها بیشتر است (٧).

نامطلوب بودن قابلیت تولید ریشه در گروه پر رشد را می‌توان ناشی از سرعت فرآیند چوبی شدن بافت‌های محافظ و نگهدارنده (مثل حلقه اسکلرانشیمی) دانست. تفاوت بین ارقام مختلف گردو از نظر مقادیر مواد فنلی و سرعت چوبی شدن زیاد است و این دلیل اصلی اختلاف ارقام از نظر حساسیت به بلایت و آفات است (٢٤). در تحول ساختار آوندی هر چند که بیش از یک هورمون مؤثر است ولی هورمون جیبرلین که سنتز آن در انواع کم رشد دچار مشکل است احتمالاً با تحریک آنزیم‌های آمیلاز و اینورتاز زمینه تجزیه هرچه بیشتر پلی‌ساکاریدها و آزاد نمودن مونومرهای لازم برای سنتز دیواره‌های سلولی را فراهم می‌نماید و بدین‌ترتیب قدرت استحکام بافت‌های مختلف درختان پررشد درمقایسه با درختان کم رشد بهتر است (١٧).

نتایج این تحقیق با تأثیر تنش کم‌آبی بر بهبود تولید ریشه تطابق دارد، زیرا تنش آب منجر به کاهش سرعت رشد می‌شود و این ویژگی به‌طور طبیعی در گیاهان کم رشد حاکم است (١٧).

کاهش قدرت رشد شاخه با مصرف مواد شیمیایی بازدارنده رشد (تریازول‌ها) نیز در بهبود تولید ریشه برخی گونه‌های علفی و درختان میوه گزارش شده است که با نتایج این تحقیق تطابق دارد (٨). به عنوان مثال، در گیاه مدل آرابیدوپسیس تولید ریشه توسط چند مکان ژنی کنترل می‌شود که در حالت مغلوب بودن سبب بهبود تولید ریشه آن

می‌شوند. در آرابیدوپسیس بیشترین تولید ریشه مربوط به اکوتیپ‌های با عادت رشد متراکم (کم رشد) و بازیتونیک بوده است (۱۶).

در گردو امکان دست‌یابی به کلون‌های سهل ریشه‌زا و در عین حال پاکوتاه وجود دارد که برای این منظور باید کلون‌های سهل ریشه‌زا را از انواع مواد ژنتیکی موجود جدا کرد. اجرای این آزمون در سیب از مهمترین آزمون‌هایی است که در اولین مراحل هر برنامه اصلاح پایه اجرا می‌شود (۷). کلون‌های ریشه‌دار شده حاصل از این تحقیق را می‌توان به عنوان اولین هسته پایه‌های کلونی سهل ریشه‌زا معرفی نمود که ۸۰ درصد آن‌ها به حیات خود ادامه داده و در خزانه دوم مستقر شده‌اند.

به استثنای برخی درختان سهل ریشه‌زا (نظیر انگور، زیتون، هلو و هیبرید پارادکس گردو)، هنوز استفاده از قلمه در ازدیاد پایه‌های رویشی انواع سخت ریشه‌زا (نظیر سیب، پسته، فندق، گردو و درختان جنگلی) در سطح تجاری انجام نمی‌گیرد و فقط روش اصلی تکثیر، همان خوابانیدن کپه‌ای است که در گردو نیز می‌تواند مؤثر باشد (۵ و ۳۱).

اجرای یک گزینش توده‌ای از انواع مواد ژنتیکی برای افزایش فراوانی آللی ژن‌های تولید ریشه در بهبود هرچه بیشتر تولید ریشه گردو مؤثر است. گزینش برای تولید ریشه در تعدادی از گونه‌های جنگلی از جمله گونه‌های محتلف کاج نیز موفقیت‌آمیز گزارش شده است (۱۱). این امر می‌تواند سرآغاز خوبی برای تولید پایه‌های رویشی یکنواخت و مدیریت مطلوب باغ‌های گردو باشد. درضمن انجام تلاقی‌های کنترل شده بین کلون‌های سهل ریشه‌زا و همچنین بین کلون‌های سهل ریشه‌زا و سخت ریشه‌زا سبب افزایش فراوانی آلل‌های مؤثر در تولید ریشه شده و از آن می‌توان برای مکان‌یابی ژن‌های مؤثر در تولید ریشه و شناسایی نشان‌گرهای ملکولی و گزینش مبتنی بر آن استفاده شود.

منابع مورد استفاده

۱. کاشفی ب (۱۳۸۰) تکثیر گردو به طریق خوابانیدن کپه‌ای. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

۲. رضایی ر.، گریگوریان و. وحدتی ک. و ولی زاده م (۱۳۸۵) ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژیکی مرتبط با قدرت رشد دانهال‌های گردو (*J. regia* L.). علوم و فنون باغبانی ایران. ۷(۳): ۱۶۸-۱۵۷.

۳. وحدتی ک (۱۳۸۱) بررسی عوامل مؤثر بر ریشه‌زایی و اندام‌زایی ارقام و ژنوتیپ‌های گردو. رساله دکتری رشته علوم باغبانی، دانشگاه تهران.

4. Agusti M, Andreu I, Juan M, Almela V and Zacarias L (1998) Effects of ringing branches on fruit size and maturity of peach and nectarine cultivars. J. Hortic. Sci. Biotech. 73: 537-540.

5. Almehdi A, Parfitt DE and Chan H (2002) Propagation of pistachio rootstock by rooted stem cuttings. Hortic. Scie. 96: 359-363.

6. Caboni E, Lauri P, Tonelli MG, Falasca G and Damiano C (1996) Root induction by *A. rhizogenes* in walnut. Plant Sci. 118: 203-208.

7. Cummins JN and Aldwinckle HS (1983) Breeding apple rootstocks. *In*: Janick J (Eds.), Plant breeding reviews. Johns Wiley & Sons, USA. Pp. 294-394.

8. Davis TD, Hsssig BE and Sankhla N (1988) Effects of shoot growth retardants and inhibitors on adventitious rooting. *In*: Davis TD Hassige BE and Sankhla N

(Eds.), Adventitious Root Formation in Cuttings Portland, USA. Pp. 174-184.

9. Erdugan V and Smith DC (2005) Effect of tissue removal and hormone application on rooting of hazelnut layers, HortScience. 40: 1457-1460.
10. Faust M (1989) Physiology of temperate zone fruit trees. John Willy & Sons Inc, USA.
11. Forde HI and McGranahan GH (1996) Walnuts. *In*: Janick J and Moore N (Eds.), Fruit Breeding Nuts. Pp. 241-274.
12. Foster GS (1990) Genetic control of rooting ability of stem cutting from loblolly pine. Can. J. Forest. Res. 20: 1361-1368.
13. Germain E, Delort F and Kanivets V (1997) Precocious maturing walnut population originating from central Asia: their behaviour in France. Acta Hortic. 442: 83-90.
14. Grochowska MJ, Butu GJ, Steffens GL and Faust M (1984) Endogenous auxin and gibberellin levels in low and high vigor apple seedlings. Acta Hortic. 146: 125 - 134.
15. Gunes T (1999) An investigation on rooting of *Juglans regia* L. hardwood cuttings. Turk. J. Bot. 23: 367-372.
16. Gutmann M, Charpentier JP, Doumas P and Jay-Allemand C (1996) Histological investigation of walnut cotyledon fragments for a better understanding of in vitro adventitious root initiation. Plant Cell. 15: 345-349.
17. Hackett W, McKenna J, Burchell T and Leslie C (2000) Stock plant manipulation to enhance rooting and nursery survival of walnut cuttings, Walnut Research Reports. USA, Pp. 109-114.
18. Hartmann HT, Kester DE and Davies FT (1990) Plant propagation: principles and practices. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 647 p.
19. Janick J, Cummins JN, Brown SK and Hemmat M (1996) Apples. *In*: Janick J and JN Moore (Eds.), Fruit Breeding. Vol. I: Tree and Tropical Fruits, John Willy & Sons, Inc., USA.
20. King JJ and Stimert DP (1998) Genetic analysis of variation for auxin- induced adventitious root formation among eighteen ecotypes of *Arabidopsis thaliana*. Heredity. 89: 481-487.
21. Koyuncu F and Gulser F (1999) The relationship between rooting and some chemical components in walnut (*J. regia* L.) hardwood cuttings. Turkish National Horticulture Congress, Ankara, Turkey (Abst.).
22. Lemos L, Carvalho A, Araujo JA and Borraluo NMG (1997) Importance of additive genetic and specific combining ability effects for rooting ability of stem cutting in *Eucalyptus globules*. Silvae Genet. 46: 307-308.
23. McGranahan G, Wesley B, Hackett P and Lampinen D (2006) Clonal propagation of walnut rootstock genotypes for genetic improvement. Walnut Research Reports. USA.
24. Pijut PM and Moore MJ (2002) Early season softwood cuttings effective for vegetative propagation of Juglans cinerea. HortScience. 37: 697-700.
23. Porlings IC, Petridou M and Voyiatziz DC (1999) An improved method of propagating the olive by mound layering. Acta Hortic. 474: 59-62.
24. Rezaee R Vahdati K Grigoorian V and Valizadeh M (2008) Walnut grafting success and bleeding rate as

affected by different grafting methods and seedling vigour. J. Hortic. Sci. Biotech. 83: 94-99.

25. Solar A, Colariac M, Usenik V and Stamper F (2006) Seasonal variations of selected flavonoids, phenolic acids and quinones in annual shoots of common walnut. Plant Sci. 170: 453-461.
26. SPSS (2002) SPSS for windowes. Release 11.5, Chicago, USA.
27. Stefancic M, Stampar F and Ostere G (2005) Influence of IAA and ABA on root development and quality of *Prunus* 'GiSelA5' leafy cuttings. HortScience. 40: 2052-2055.
28. Sutter E, McKenna J, Burchell T and McGranahan G (2000) Nursery production of clonal walnut rootstocks. Walnut Research Reports, USA, Pp. 71-73.
29. Vahdati K (2000) Walnut situation in Iran. Nucis-Newsletter. 9: 32-33.
30. Vahdati K and Khalighi A (2001) Persian walnut stooling in Iran. Acta Hortic. 544: 531-535.
31. Vahdati K, McKenna JR, Dandekar AM, Leslie CA, Uratsu SL, Hackett WP, Negri P and McGranahan GH (2002) Rooting and other characteristics of a transgenic walnut hybrid (*Juglans regia* × *J. hindisii*) rootstock expressing rolABC. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 127(5): 724-728.

Effect of mother stock vigor and auxin on callusing, rooting of cuttings and layers in persian walnut (*Juglans regia* L.)

R. Rezaee[1] and K. Vahdati[2]
E-mail: kvahdati@ut.ac.ir

Abstract

To determine the effect of mother stock vigor and auxin on callusing and rooting ability of walnut four trials were carried out in Kahriz Agricultural Research Station during 2006-2007. In cutting trials, the semi-hardwood or hardwood cuttings from each of three clusters of seedling vigor were collected in late September in 2006 and after treating with IBA were planted under mist and bottom heat condition or reversed silo. The mother stock vigor and hormone was only affected callus formation with no effect on rooting. Treating the base of callused cuttings with reduced concentration of IBA was not effective in stimulating of rooting on callus surface. In response to the modified stool layering with application of lanoline paste containing three auxins (IAA, IBA and NAA), average number of roots per layer and rooting score in low-vigor mother stocks were 7.8 and 4.2 (from 5), respectively and significantly improved compared to high-vigor ones. Improved rooting of low-vigor stocks imply on a substantial structural/and or hormonal differences among mother stocks with different vigor and provides the possibility of selection of easy to root clones in walnut.

Keywords: Cutting, Difficult to root, Layering, Layers, Persian walnut, Vegetative propagation

1- Agriculture and Natural Resources Research center, West Azarbayejan - Iran
2- Associate Professor, College of Aboureihan, University of Tehran, Tehran – Iran **(Corresponding Author)**