تنوع مورفولوژی، وراثت‌پذیری و هم‌بستگی فنوتیپی صفات مرتبط با قدرت رشد در گردوی ایرانی(*Juglans regia* L.)

رضا رضایی[۱*] و کورش وحدتی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۲۱)

چکیده

با توجه به وجود ژنوتیپ‌های با قدرت رشد کم (پاکوتاه) و زود بارده گردو در برخی نهالستان‌های گردو و اهمیت بالقوه این قبیل ژنوتیپ‌ها در تولید درختان مناسب برای کشت‌های متراکم و به منظور پی بردن به علل ژنتیکی کاهش قدرت رشد و زود باردهی برخی دانهال‌های بذری و نحوه توارث‌پذیری صفات مرتبط با قدرت رشد دو آزمون نتاج خانواده ناتنی با استفاده از گرده‌افشانی آزاد درختان مادری با قدرت رشد و باردهی متفاوت اجرا شد. براساس نتایج، از نظر ارتفاع نهال، قطر نهال، تعداد گره و طول میان گره، ۴۵ روز پس از سبز شدن و نیز در آخر فصل رشد (نهال‌های یکساله) تفاوت معنی‌داری بین و درون خانواده‌های ناتنی وجود داشت. میزان وراثت‌پذیری برای صفات مورد مطالعه با دو روش واریانس بین خانواده و رگرسیون نتاج- والد متوسط تا بالا (۰/۸۸- ۰/۳۹) برآورد گردید که بیانگر ژنتیکی بودن و قابل توارث بودن این صفات است. هم‌چنین، هم‌بستگی مثبت معنی‌داری بین ارتفاع نهال و سایر اجزای قدرت رشد مشاهده شد. برای استفاده از مزایای متعدد پایه‌های کم رشد در کشت های متراکم گردو اجرای یک برنامه به‌نژادی مبتنی برگزینش دوره‌ای همزمان برای صفت پاکوتاهی و سهل ریشه‌زایی (انتخاب کلون های پاکوتاه یا نیمه پاکوتاه و سهل ریشه‌زا) پیشنهاد می‌شود. هم‌چنین در برنامه‌های به نژادی با توجه به هم‌بستگی بالا بین ارتفاع نهال و سایر صفات گزینش دانهال‌های پاکوتاه بر مبنای اندازه‌گیری ارتفاع نهال توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پایه‌های رویشی، قدرت رشد، کشت متراکم، کلون، گردو، گزینش دوره‌ای

۱. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

۲. گروه باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: rezrezaee@yahoo.com

مقدمه

در اکثر درختان تعداد برگ‌های موجود روی درخت برای فتوسنتز بیش از حد لزوم است و سایه ناشی از شاخه و برگ‌های فوقانی سبب کاهش اساسی کارایی فتوسنتزی برگ‌های پایین می‌شود. بنابراین، تلاش برای کاهش قدرت رشد و کاهش رقابت به نفع اعضای بارده در همه درختان میوه به روش‌های مختلف شیمیایی، زراعی و به‌نژادی تداوم دارد (۵، ۷، ۸، ۱۲، ۲۱، ۲۶ و۳۰). کاهش اندازه درخت علاوه بر تأثیر روی کمیت و کیفیت میوه تولیدی، نقش کلیدی در مدیریت باغ بخصوص افزایش تراکم کشت کاهش هزینه‌های سمپاشی و برداشت محصول دارد. کنترل رشد درخت از طریق مصرف مواد بازدارنده رشد مانند پاکلوبوترازول و استفاده از ارقام پاکوتاه ژنتیکی قابل تنظیم است(۷، ۱۲ و ۲۹). برخلاف مواد بازدارنده رشد که عوارض جانبی زیادی روی درخت از قبیل مسمومیت و بد شکل شدن میوه (پهن شدن شکل میوه) به همراه دارند و متعاقباً به یک محلول پاشی مجدد با جیبرلین جهت رفع این عوارض نیاز دارند، و نیز برخلاف روش‌های زراعی نظیر خم کردن شاخه، مصرف بهینه آب وکود و هرس ریشه که با افزایش سن درخت از عهده باغدار خارج می‌شود، استفاده از منابع ژنتیکی پاکوتاه به عنوان یک ابزار مؤثر و ایمن از نظر زیست محیطی محسوب می‌شود (۷ و ۱۲).

مزایای متعدد درختان پاکوتاه مانند نفوذ بهتر نور به داخل تاج، بهبود کارایی فتوسنتز، باردهی بیشتر با کیفیت بهتر، افزایش تراکم کشت، محلول پاشی‌های مؤثر (ایمن از نظر زیست محیطی همراه باکاهش مصرف سموم) و در نهایت برداشت آسان محصول سبب شدند که در چند دهه گذشته در برخی کشورها ارقام یا پایه‌های پاکوتاه مخصوصا در سیب و گلابی به طور کامل جایگزین باغ‌های استاندارد شوند (۱۲، ۲۱ و ۲۶). در گذشته به علت پرمزیت بودن نهال‌های قوی گردو، فشار گزینش اعمال شده به‌طور طبیعی و یا توسط باغدار سبب رانش ژنتیکی نهال‌های ضعیف و کم رشد به نفع نهال‌های قوی گردیده است (۱۲).

اجزای ژنتیکی پاکوتاهی در گونه‌های مختلف درختان میوه شامل سیب، انگور،گلابی، آلبالو، آلو، به و هلو دیده شده است و امکان دستیابی به ژنوتیپ‌های پاکوتاه در میان نتاج انواع درختان میوه وجود دارد و تنها زمان و تلاش لازم است تا مورد شناسایی قرار گیرند. براساس این گزارش‌ها حداقل چهار عامل شامل طول میان‌گره، زاویه شاخه‌دهی، محل شاخه‌دهی (بازیتونیک یا شاخه دهی در ارتفاع پایین، مزوتونیک(Mesotonic) یا شاخه دهی در ارتفاع متوسط و آکروتونیک(Acrotonic) یا شاخه دهی در ارتفاع بالای درخت) و سرعت رشد بدون توجه به سه عامل دیگر در کنترل اندازه درخت مؤثر هستند (۱۲).

مطالعه وراثت قدرت رشد درختان میوه بسیار مشکل است و به همین دلیل دانش مربوط به صفت قدرت رشد درختان میوه بسیار محدود است. در تلاقی دو کلون کم رشد سیب (M.8 × M.9) حدود یک چهارم نتاج مشابه والدین بودند، ولی میانگین نتاج بیش از میانگین والدین بود. در تلاقی M.9 با والدین پررشد بین ۱ تا ۵ درصد از نتاج پاکوتاه بودند (۱۲). در هلو وراثت‌پذیری پاکوتاهی بررسی و نتیجه گیری شده است که برخی ژنهای دخیل در اندازه درخت از الگوی مندلی تبعیت می‌نمایند به این ترتیب که درختان پابلند، حدواسط و پاکوتاه به ترتیب هموزیگوس غالب، هتروزیگوس و هموزیگوس مغلوب هستند(۱۲ و ۳۰).

با وجود محدود بودن اطلاعات در زمینه ژنتیک قدرت رشد، فاست و زاگاجا (۱۲) نتیجه‌گیری کرده‌اند که قدرت رشد با بیش از یک ژن کنترل می‌شود و از نظر الگوی وراثتی می‌توان این صفات را به دو گروه تقسیم کرد: ۱) صفات پلی ژنیک مانند سرعت رشد، شدت اسپورزایی، زودباردهی و عملکرد که با بیش از یک ژن کنترل می‌شوند. ۲) صفاتی نظیر طول میانگره و یا پاکوتاه‌های ژنتیکی که توسط یک ژن کنترل می شوند (۱۲). با توجه به مطالب فوق حداقل در درختان میوه دانه دار و هلو یک یا دو و حداکثر سه ژن اصلی مسئول تعیین اندازه نهایی درخت هستند. در هلو و سیب گزارش شده است

که یک مکان ژنی موسوم به Co و یا Dw در حالت مغلوب خود سبب کاهش اندازه درخت و افزایش تشکیل اسپور می‌شود (۱۲ و ۳۰). موتانت های موسوم به Co بسته به درجه هتروزیگوسی، صفت کم رشدی و پراسپوری را از کم تا خیلی زیاد به نتاج منتقل می‌کنند (۱۲ و ۱۳).

در گردوی ایرانی نیز با وجود فشار زیاد گزینش به نفع قوی‌ها، بین نهال‌های بذری موجود در نهالستان تفاوت بارزی از نظر زاویه شاخه‌ها، ارتفاع و باردهی وجود دارد، به‌طوری‌که برخی نهال‌ها علی‌رغم سن پائین و ارتفاع کم در حدود ۱۰-۲ عدد میوه در سال دوم پس از کشت بذر تولید می‌کنند. فراوانی این صفت در برخی از نهالستان‌ها بسیار کم است که نشان می‌دهد که بسته به منشاء بذر، تنها برخی از ژنوتیپ‌ها منجر به نتاج پاکوتاه می‌شوند (۲۹). این ژنوتیپ‌ها، به طور مکرر در نهالستان‌های نقاط مختلف ایران از جمله کرمانشاه، سمنان و ضیاآباد قزوین، به صورت بوته‌های بسیار کوچک حتی به اندازه یک بوته نخود مشاهده شده است (دکتر حق جویان، مذاکره شخصی). در نهالستان موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج برخی سال‌ها، خزانه کاران، ضمن مشاهده نهال‌های بذری یک تا دوساله بارده، چنین اظهار نظر می کنند که هرگاه بذور کشت شده از ژنوتیپ K21 باشند، فراوانی این نوع نهال‌ها افزایش می‌یابد (نهالستان کمال آباد، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، مذاکره شخصی). با وجود ارزش فراوان این ژنوتیپ‌ها، هنوز الگوی وراثت آنها مشخص نشده است. با توجه به اهمیت کاربردی این ژنوتیپ‌ها، نیاز به یک بررسی علمی جامع وجود دارد تا این ژنوتیپها هم به سرنوشت پایه‌های رویشی کوتاه کننده سیب گرفتار نگردد، زیرا که منشاء پایه‌های پاکوتاه کننده فعلی سیب (سیب رقم پارادایس یا پردیس) نیز ایران بود (۱۶ و پروفسور فلاحی، مذاکرات شخصی) و هنوز هم مشتقات آن (سیب گمی آلماسی) در داخل کشور موجود است. امروزه به علت مزایای فراوان ژنوتیپ‌های ضعیف با قدرت رشد کم در میوه کاری، تمایل به استفاده از پایه‌های پاکوتاه در میان گونه‌های مختلف میوه در سراسر جهان افزایش یافته است. لذا انجام پژوهش در زمینه دستیابی به پایه‌های پاکوتاه گردو می‌تواند اهمیت اقتصادی فراوانی داشته باشد. هدف اصلی این تحقیق، بررسی و شناخت علل ژنتیکی بروز صفت پاکوتاهی و زود باردهی در در ختان گردو و به‌کارگیری این مواد گیاهی در بهنژادی پایه‌های رویشی گردو است.

مواد و روش‌ها

شش درخت ده ساله با قدرت رشد و عادت باردهی مختلف (شامل سه ژنوتیپ قوی و سه ژنوتیپ ضعیف) موجود در کلکسیون باغ مادری ایستگاه تحقیقات باغبانی کهریز ارومیه انتخاب شدند. در جدول ۱، مشخصات عمومی درختان انتخابی آورده شده است. در درختان انتخاب شده ارتفاع درخت ، قطر درخت در بالای سطح خاک، متوسط طول و قطر شاخه یکساله (به تعداد ۱۰ شاخه از بخش میانی تاج)، عادت باردهی و گلدهی تعیین شد. ارتفاع درخت از طریق نشانه روی و استفاده از خواص مثلثات و قطر درخت با یک خط کش تخمین زده شدند. عادت گلدهی یا همزمانی شکوفایی گل نر و ماده بر مبنای زیر رتبه‌بندی شدند: ۱= نر پیش(Protanderous) (ریزش دانه گرده بدون حضور گل ماده)، ۲= همرس(Homogamous) (ریزش گرده و وجود گل ماده هم‌زمان) و ۳= ماده پیش(Protogynous) (شاتون‌ها طویل شده (بدون ریزش گرده) با گل ماده نمایان. عادت باردهی بر اساس تعداد جوانه‌های جانبی بارده روی ۱۰ شاخه از جهات مختلف درخت بر حسب درصد تخمین زده شد. میوه‌های هر درخت در اواسط مهر ماه به طور جداگانه جمع آوری، در شرایط اتاق نگه‌داری، پوست‌گیری و خشک شدند. بذرها تا زمان کشت در محلی خشک و خنک نگه‌داری شدند. در فصل خزان، بذور به صورت خزانه (ردیفی) کشت شدند. در فصل رشد عملیات زراعی شامل آبیاری هر هفته یک بار تا آخر فصل رشد (از اواسط اردیبهشت تا اواخر مهرماه) و کوددهی با اوره به صورت سرک در اوایل بهار صورت پذیرفت. علف‌های هرز در

جدول ۱. مشخصات درختان مورد استفاده در آزمون نتاج ناتنی

خانواده ناتنی	ارتفاع درخت (متر)	قطر درخت (سانتی‌متر)	متوسط رشد رویشی سالیانه (سانتی‌متر)	قدرت رشد
۱	۴/۰	۱۴/۰	۳۵/۳	کم رشد
۲	۸/۰	۲۰/۰	۶۰/۶	پررشد
۳	۸/۰	۱۷/۰	۴۵/۲	پررشد
۴	۹/۰	۲۵/۰	۶۶/۶	پررشد
۵	۳/۰	۱۲/۰	۳۳/۳	کم رشد
۶	۴/۰	۱۴/۰	۳۱/۶	کم رشد

چندین مرحله با وجین دستی کنترل شدند.

در مرحله دوم، آزمایش تکرار گردید با این تفاوت که تعداد والدین به ۱۸ درخت افزایش یافت. در فصل برداشت از هر درخت تعداد ۳۰ -۲۰ بذر جمع‌آوری و پس از خشک کردن در اول بهمن ۱۳۸۶ در ماسه مرطوب استراتیفیه شدند. بذور در ۲۵ اسفند در خزانه به همان روش قبلی کشت و نگه‌داری شدند.

چهل و پنج روز بعد از سبز شدن (تاریخ سبز شدن ۱۵ اردیبهشت)، صفات مورفولوژی شامل ارتفاع نهال بر حسب سانتی‌متر از محل طوقه تا راس نهال، تعداد گره از محل طوقه تا آخرین گره در حال تمایز در راس شاخه و متوسط طول میانگره برحسب میلی‌متر (با تقسیم ارتفاع به تعداد گره‌ها) اندازه‌گیری شدند. در آخر فصل رشد، دوباره ارتفاع نهال، قطر نهال در محل طوقه، تعداد گره، طول میانگره و نسبت قطر نهال به ارتفاع نهال اندازه‌گیری شدند. نهال‌های بازیتونیک (چند شاخه) نیز درصورت مشاهده ثبت شدند. تجزیه آماری داده‌ها و برآورد وراثت‌پذیری صفات مرتبط با قدرت رشد داده‌ها در قالب بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه شدند. میانگین‌های مربوط به هرصفت در میان شش و هیجده خانواده ناتنی با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه گردید. برای برآورد وراثت‌پذیری در آزمون اول، ابتدا بر اساس امید ریاضی بین خانواده های ناتنی، ۱/۴ واریانس افزایشی هر صفت برآورد گردید و سپس وراثت‌پذیری خصوصی بر اساس فرمول زیر برآورد گردید (۱۱ و۱۷).

$$h_n^2 = 4\sigma^2_{BF} / \sigma^2_{BF} + \sigma^2_{WF}$$

در فرمول فوق σ^2_{BF} واریانس بین خانواده‌های ناتنی و σ^2_{WF} واریانس درون خانواده های ناتنی را نشان می‌دهد. هم‌بستگی بین جفت صفات در دو مرحله ۴۵ روزگی و نیز یک سالگی با رابطه پارامتریک پیرسون در سطح احتمال ۱٪ محاسبه شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم افزار SPSS (Version:11.5) استفاده شد (۳۲). برای برآورد وراثت‌پذیری در آزمون دوم از روش رگرسیون نتاج- والد استفاده شد که در آن شیب خط بیانگر وراثت‌پذیری صفت مربوطه است (۱۷).

نتایج و بحث

بر اساس نتایج آزمون اول، در میان شش خانواده ناتنی از نظر صفات اندازه گیری شده شامل ارتفاع نهال، تعداد گره، طول میانگره و قطر نهال در دو دوره زمانی (۴۵ روز پس از سبز شدن و انتهای فصل رشد) اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت. بر اساس نتایج مقایسات میانگین (جدول ۲) صفات مرتبط با قدرت رشد نهال ۴۵ روز پس از سبز شدن، کمترین ارتفاع نهال به ترتیب ۴۴/۴، ۴۸/۸ و ۵۱/۱ میلی‌متر مربوط به خانواده های ناتنی ۵، ۶ و ۱ بود. در داخل هر خانواده نیز اختلافات زیادی بین نهال‌های بذری مشاهده

جدول ۲. مقایسه میانگین و دامنه تغییرات برای صفات اندازه گیری شده ۴۵ روز پس از سبز شدن

والد مادری	ارتفاع نهال (mm)		تعداد گره		طول میانگره (mm)	
	میانگین*	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	دامنه
۱	۵۱/۱ a	۱۰-۹۰	۵/۵ b	۴-۷	۵/۶ a	۱/۵-۱۰
۲	۱۱۲/۷ b	۸۰-۱۷۰	۹/۲ a	۶ -۱۲	۸/۳ bc	۵/۴ -۱۱/۶
۳	۷۴/۴ ab	۲۰-۱۶۰	۶/۲ b	۴-۱۱	۹/۲ bc	۴ -۱۴/۲
۴	۱۰۶/۶ b	۲۰-۲۸۰	۶/۸ b	۳-۱۶	۱۱/۵ c	۶/۶-۱۷
۵	۴۴/۴ a	۲۰-۸۰	۴/۷ b	۳-۶	۶/۴ ab	۱/۲-۱۲
۶	۴۸/۸ a	۲۰-۱۲۰	۵/۲ b	۳-۹	۷/۲ ab	۳-۱۲/۵
سطح احتمال	۰/۰۰۵		۰/۰۰۲		۰/۰۰۲	

*: درستون مربوط به میانگین ها، حروف نامشابه با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال قید شده دارند.

گردید (دامنه تغییرات در جدول ۲).

این خانواده‌های ناتنی در آخر فصل رشد نیز کمترین میانگین ارتفاع نهال را داشتند. به عبارت دیگر، کمترین تعداد گره، طول میانگره و قطر نهال در هر دوره زمانی مربوط به این سه خانواده ناتنی بود و با سه خانواده دیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ۳). کمترین ارتفاع نهال در پایان فصل رشد ۱۳۵/۵، ۱۴۲/۲ و ۱۵۰/۰ میلی متر به ترتیب مربوط به خانواده ۱، ۶ و ۵ بودند که باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند. به علت باریک بودن قطر اکثر نهال‌ها و تنوع خیلی محدود بین آنها، قطر نهال فقط در آخر فصل رشد اندازه گیری شد. کمترین و بیشترین قطر نهال به ترتیب مربوط به خانواده‌های ۶ و۲ با ۴/۳ و ۷/۱ میلی‌متر بود.

این نتایج به وضوح نشان می‌دهند که بین و درون خانواده‌های مورد مطالعه از نظر صفات مرتبط با قدرت رشد نهال مانند تعداد گره و طول میانگره تنوع وسیعی(دامنه تغییرات) دیده می‌شود که با توجه به طبیعت هتروزیگوسی درختان گردو و استفاده از والدین با قدرت رشد متفاوت در این تحقیق در حد انتظار می‌باشد. ارتفاع نهال، تعداد گره و طول میانگره از اجزای اصلی قدرت رشد نهال هستند. اختلاف در قدرت رشد نهال‌های بذری در گردوی ایرانی، گردوی سیاه، زیتون، سیب، هلو، بلوبری و سایر درختان جنگلی بسته به منبع بذر گزارش شده است (۱۸ و ۲۵). در پایان فصل رشد، با توجه به عادت رشد و قدرت رشد نهال‌ها، چهار مورفوتیپ به شرح زیر در میان نتاج قابل تشخیص بود (شکل ۱).

۱) پررشد

با رشد طولی بین ۷۰-۹۰ سانتی‌متر و رشد قطری تا حدود یک سانتی‌متر، با دو فلاش رشد (رشد بایسیکلیک(قرار گرفتن یک دوره توقف رشد بین دو واحد رشد بهاره و پاییزه، رشد دو چرخه‌ای یا بایسیکلیک (Bicycleic) گفته می‌شود.))

۲) نیمه قوی

با ۶۰-۴۰ سانتی‌متر رشد طولی و ۴ تا ۶ میلی‌متر رشد قطری

۳) پاکوتاه (میانگره فشرده)

با ارتفاع کمتر از ۳۰ سانتی‌متر و قطر بین ۳ تا ۵ میلیمتر و میانگره‌های فشرده

۴) چند شاخه‌ای یا بازیتونیک

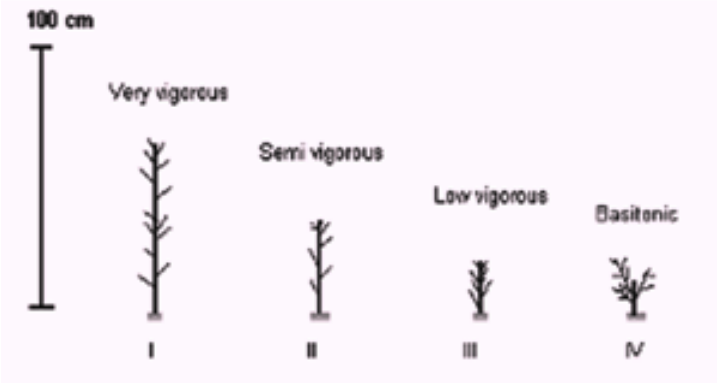
با ارتفاع کمتر از ۳۰ سانتی‌متر و با ۲ تا ۵ شاخه جانبی با میانگره‌های غالبا متوسط تا گاهاً فشرده و یا طبیعی.

هم‌چنین از نظر نسبت ارتفاع به قطر نهال به عنوان ضریب

جدول ۳. مقایسه میانگین و دامنه تغییرات برای صفات اندازه‌گیری شده در آخر فصل رشد

والد مادری	ارتفاع نهال (mm)	تعداد گره	طول میانگره (mm)	قطر نهال (mm)	ارتفاع / قطر نهال
	میانگین (دامنه)*	میانگین (دامنه)	میانگین (دامنه)	میانگین (دامنه)	میانگین (دامنه)
۱	۱۳۵/۵ a	۱۰/۴ b	۹/۰ a	۴/۴ a	۲۸/۲ b
	(۵۰–۲۶۰)	(۱۲–۲۷)	(۴–۱۳)	(۳–۷)	(۱۶–۴۳)
۲	۲۸۰/۰ bc	۱۵/۴ a	۱۴/۴۱ bc	۷/۱۱ b	۳۹/۸ a
	(۲۰۰–۴۰۰)	(۱۴–۲۵)	(۱۱–۱۶)	(۵–۹)	(۲۷–۵۴)
۳	۱۷۵/۵ ab	۱۲/۰ ab	۱۶/۳c	۵/۱ ab	۳۳/۴ ab
	(۸۰–۲۵۰)	(۱۳–۲۱)	(۷–۲۹)	(۴–۱۸)	(۲۶–۴۱)
۴	۳۰۲/۲ c	۱۵/۴ a	۱۴/۶ bc	۷/۱ b	۳۹/۷ a
	(۱۰۰–۹۶۰)	(۱۳–۳۷)	(۷–۱۶)	(۳–۷)	(۲۵–۵۳)
۵	۱۵۰/۰a	۱۱/۱ ab	۹/۸ ab	۴/۷ ab	۳۱/۳ b
	(۱۰۰–۲۵۰)	(۱۲–۲۲)	(۷–۱۶)	(۳–۷)	(۲۴–۴۱)
۶	۱۴۲/۲ a	۱۱/۴ ab	۱۰/۶ ab	۴/۳ a	۳۲/۳ ab
	(۹۰–۲۵۰)	(۱۳–۲۳)	(۶–۱۲)	(۳–۱۸)	(۲۵–۴۷)
سطح احتمال	۰/۰۱۳	۰/۰۶۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳

* : در ستون مربوط به میانگین ها، حروف نامشابه با هم اختلاف معنی داری در سطح احتمال قید شده دارند.



شکل ۱. مورفوتیپ‌های دیده شده در میان نتاج حاصل از والدین مورد مطالعه

تراکم (که مقدار کمتر آن نشان‌دهنده فشردگی(Compactness) بیشتر است) اختلاف معنی‌داری بین خانواده‌ها در انتهای فصل رشد دیده شد (جدول ۳). کمترین نسبت فوق (۲۸/۹) مربوط به خانواده ۱ و بیشترین نسبت (۳۹/۸) مربوط به خانواده ۲ بود که به ترتیب از والدین کم رشد و پررشدی برخوردار بودند. در ضمن نتاج والدین کم رشد در مقایسه با والدین پررشد، از نسبت تعداد گره به قطرساقه کمتری برخوردار بودند که حاکی از زیادی تعداد گره به ازای قطر ساقه است.

والد شماره ۵ با برخورداری از عادت رشد بازیتونیک، عادت باردهی خوشه‌ای و جانبی (با ضریب باردهی بالا) و قدرت رشد کم، صفات مذکور را به بخش اعظم نتاج (۶۰٪) خود منتقل کرد که نشان می دهد این صفت وراثت‌پذیری

بسیار بالایی دارد. لازم به یادآوری است که در حالت عادی شاخه‌های جانبی در گردو ۲ تا ۴ سال پس از کشت بذر ظاهر می‌شوند (۳۱). عادت رشد فشرده با میانگره‌های کوتاه در نتاج همه والدین مشاهده گردید ولی در نتاج خانواده ۱ به عنوان یک درخت مادری فوق العاده ضعیف بیشتر از همه بود. نهال‌های با ارتفاع حدود ۹۵ سانتی‌متر و طول میانگره زیاد (مورفوتیپ I) به تعداد محدود تنها در میان نتاج خانواده بسیار پررشد (والد مادری ۴) دیده شد.

نتایج مربوط به مقایسات میانگین گروه‌ها در آزمون دوم در جدول ۴ خلاصه شده‌اند. همان طوری که دیده می‌شود اختلاف معنی‌داری بین ۱۸ گروه مورد مطالعه از نظر صفات مرتبط با قدرت رشد وجود دارد. کمترین ارتفاع نهال ۱۰/۳ سانتی‌متر مربوط به والدین ۸ و۱۳ بود که از قدرت رشد ضعیف عادت باردهی جانبی و عادت گلدهی هوموگاموس (درصد خودگشنی بیشتر) برخوردار می‌باشند. هم‌چنین ژنوتیپ شماره ۱۵ این تحقیق با عادت باردهی خوشه ای نیز نتاجی با ارتفاع کمتر (۱۱/۶ سانتی‌متر) تولید نمود. این ژنوتیپ، مخصوصا در حالت گلدهی ثانویه کاملاً خودبارور است، زیرا در این موقع از سال هیچ نوع شاتونی به جز در همان ژنوتیپ یافت نمی‌شود. بیشترین ارتفاع نهال (بیش از۲۰ cm) نیز مربوط به نتاج والدین ۱۸ و ۵ بود. والد مادری این گروه دارای قدرت رشد زیاد، عادت باردهی انتهایی و عادت گلدهی پروتاندروس بودند. عادت پروتاندروس این ژنوتیپ‌ها نشان‌دهنده دگرباروری بالای آنها است که از این نظر با گروه قبلی اختلاف دارند.

در جدول ۵ خلاصه محاسبات مربوط به برآورد وراثت‌پذیری برای صفت ارتفاع نهال در سن ۴۵ روزگی ارایه شده است و این امر برای بقیه صفات مرتبط با قدرت رشد برآورد و نتایج در جدول ۶ ارایه شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود میزان وراثت‌پذیری برای ارتفاع نهال در هر دو دوره زمانی و برای طول میانگره در آخر فصل رشد بالا است (بیش از ۰/۸۰)، برای قطر نهال در آخر فصل رشد متوسط (۰/۶۶) و برای بقیه موارد کم تا متوسط (۰/۳۹-۰/۳۵) است.

نتایج حاصل از برآورد وراثت‌پذیری از طریق نتاج- والد در شکل ۲ ارایه شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود میزان وراثت‌پذیری برای ارتفاع، قطر و تعداد گره به ترتیب ۰/۷۶، ۰/۶۲ و ۰/۴۰ می‌باشد که با نتایج به‌دست آمده از طریق واریانس بین خانواده‌ها کاملاً هماهنگ است. بدیهی است که هر چقدر تعداد خانواده‌های ناتنی مورد مطالعه زیاد باشد دقت وراثت‌پذیری نیز افزایش می یابد و توصیه شده است برای برآورد دقیق وراثت‌پذیری تعداد خانواده‌ها به بیش از ۱۰۰ افزایش یابد (۱۱).

مداح عارفی و همکاران (۲۳) مقدار وراثت‌پذیری برای ارتفاع نهال را در گردو ۰/۵۸ برآورد کرده اند و جکوبز و همکاران (۱۸) در گردوی سیاه به وارثت‌پذیری خیلی بالا (نزدیک به یک) دست یافته اند. وراثت‌پذیری بالا برای ارتفاع نهال، بیانگر ژنتیکی بودن تغییرات فنوتیپی مشاهده شده می‌باشد و نیز حاکی ار شباهت بیشتر نتاج به والدین (کاهش تنوع درون خانواده) بوده و نوید بخش امکان دستیابی به ژنوتیپ‌های پاکوتاه با انتخاب والدین مناسب در برنامه‌های بهنژادی گردو است.

هم‌بستگی بین صفات

نتایج حاصل از هم‌بستگی بین صفات در دو مرحله از فصل رشد در جدول ۷ خلاصه شده است. طبق این جدول، ارتفاع نهال با بقیه صفات هم‌بستگی بسیار بالا و معنی‌داری نشان می‌دهد. این امر، یک بار دیگر بر اهمیت ارتفاع نهال در تعیین قدرت رشد تأکید می‌کند و با اندازه گیری ارتفاع نهال و صرف‌نظر از سایر اندازه‌گیری‌های وقت گیر و طاقت فرسا می‌توان به حداکثر بازده ژنتیکی دست یافت.

هم‌چنین هم‌بستگی بسیار بالا (۰/۹۰) بین ارتفاع نهال در مرحله ۴۵ روزگی با ارتفاع نهال در آخر فصل رشد، بر امکان گزینش زودرس(Early selection) برای دستیابی به ژنوتیپ‌های پاکوتاه دلالت می‌نماید. گزینش زود رس مواد

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در میان ۱۸ فامیلی در آخر فصل رشد

گروه	مشخصات مهم والد مادری	میانگین نتاج *		
		ارتفاع نهال (cm)	قطر نهال (cm)	تعداد گره
۱۳	LV ,HG,LB **	۱۰/۲ a	۰/۳۵ ab	۷/۶ a
۸	و بازیتونیک LV, HG,LB	۱۰/۴ a	۰/۳۲ a	۸/۴ abcd
۱۵	LV,HG, CB	۱۱/۶ ab	۰/۳۱ a	۸/۰ abc
۱	LV,PG TB	۱۲/۶ abc	۰/۳۵ ab	۱۰/۵ gh
۶	LV, HG,TB	۱۳/۰ abc	۰/۳۷ ab	۷/۷ ab
۱۶	MV,HG, LB	۱۳/۲ abcd	۰/۳۶ ab	۸/۳ abcd
۹	MV, HG, LB	۱۳/۳ abcd	۰/۳۵ ab	۹/۰ abcdef
۲	MV,PG, LB	۱۳/۴ abcd	۰/۳۹ abc	۹/۵ defg
۴	MV, PG,TB	۱۴/۸ bcde	۰/۳۵ ab	۱۱/۱ h
۱۴	و پوست کاغذیMV,PG,LB	۱۴/۹ bcde	۰/۴۰ abcd	۹/۱ bcdefg
۳	MV,PR,TB	۱۵/۰ bcde	۰/۳۸ abc	۱۰/۲ fgh
۱۰	MV,HG, LB	۱۵/۵ cde	۰/۴۷ bcd	۹/۴ abcde
۷	HV,PR,TB	۱۵/۷ cdef	۰/۴۳ bcd	۹/۸ efgh
۱۷	HV,HG, TB	۱۶/۶ def	۰/۴۵ bcd	۱۰/۳ fgh
۱۲	HV,PR, TB	۱۷/۸ ef	۰/۵۷ e	۱۰/۸ efgh
۱۱	HV,PR,TB	۱۸/۹ fg	۰/۶۶ e	۹/۳ cdefg
۵	HV,PR,TB	۲۱/۰ h	۰/۵۴ ef	۱۱/۶ i
۱۸	HV,PR,TB	۲۴/۲ i	۰/۵۰ bcd	۱۱/۵ i

** : علایم اختصاری:LV) کم رشد، MV) متوسط رشد، HV) پر رشد، HG) هموگاموس، PR) پروتاندروس،PG) پروتوجینوس، LB) باردهی جانبی، CB) باردهی خوشه ای و TB) باردهی انتهایی

*: در هر ستون میانگین های با حروف مشابه با هم اختلاف معنی داری در سطح احتمال قید شده ندارند.

گیاهی نه تنها به عنوان یک راهبرد مؤثر برای صرفه جویی در وقت و هزینه مخصوصاً در برنامه‌های به‌نژدای درختان محسوب می‌شود (۳ و ۹)، بلکه با اجرای آن می‌توان آثار پوشاننده محیط در مخفی نمودن اثرات ژنتیکی را کاهش داد (۳و ۴). در مجموع، میانگین پایین ارتفاع نهال در میان نتاج والدین کم رشد حاکی از تأثیر والد مادری بر قدرت رشد نتاج است. این امر (اثر مادری(Mathernal effect)) سبب می‌شود که نتاج حاصل از یک مادر تا حدود زیادی به هم شبیه باشند (۶)، ولی وجود فنوتیپ‌های پاکوتاه در میان نتاج والدین پررشد را می توان به پس‌روی ناشی از خویش‌آمیزی نیز نسبت داد که در اغلب گونه‌های گیاهی و جانوری اثبات شده است (۴ و ۶).

از آنجا که در شرایط آب و هوایی محل این تحقیق نیز به علت همزمانی در گلدهی اغلب والدین احتمال خویش‌آمیزی بسیار زیاد بود، این عامل ممکن است مسئول بخشی از واریانس ژنتیکی مشاهده شده باشد. کاهش رشد ناشی از خویش‌آمیزی به عنوان یک راهکار برای دستیابی به

جدول ۵. میانگین مربعات، اجزای واریانس و وراثت‌پذیری برای ارتفاع نهال در سن ۴۵ روزگی

منبع	درجه آزادی	میانگین مربعات	امید ریاضی
بین گروه های مادری	۵	۸۲۶۸/۶۱	$\sigma^2_{WM+}۹\sigma^2 BM$
درون گروه های مادری	۴۸	۲۳۴۴/۳۲	$\sigma^2 WM$
$\sigma^2 WM$			۲۳۴۴/۳۲
$\sigma^2 BM = \frac{۱}{۴}VA$	۹/ (۸۲۶۷/۶۱–۲۳۴۴/۳۲) = واریانس افزایشی		۶۵۸/۲۵
$Vp = \sigma^2 WM + \sigma^2 BM$	واریانس فنوتیپی		۳۰۰۲/۵۸
$h^2_n = \frac{VA}{VP}$	۳۰۰۲/۵۸ / (۴× ۶۵۸/۲۵) = وراثت پذیری=		۰/۸۷

جدول ۶. برآورد وراثت پذیری برای صفات مرتبط با قدرت رشد با استفاده از واریانس بین گروهی در دو مرحله زمانی

صفت	۴۵ روز پس از سبز شدن			آخر فصل رشد		
	VA	VP	h^2_n	VA	VP	h^2_n
ارتفاع نهال	۲۶۳۳/۰۰	۳۰۰۲/۵۸	۰/۸۷	۱۵۲۰۰/۹۸	۱۷۲۴۳/۸۶	۰/۸۸
تعداد گره	۷/۹۲	۱۹/۸۸	۰/۳۹	۱۰/۹۵	۳۱/۰۷	۰/۳۵
طول میان گره	۱۲/۸۶	۱۴/۸۰	۰/۳۹	۲۴/۹۲	۳۱/۰۹	۰/۸۰
قطر نهال	–	–	–	۴/۲۷	۶/۴۴	۰/۶۶

ژنوتیپ‌های پاکوتاه و سپس تکثیر کلونی آنها مطرح شده است (۱۲). با توجه به درصد زیاد نهال‌های ضعیف در میان نتاج والدین ضعیف و کم رشد چنین به نظر می رسد که این والدین در مکان‌های ژنی مربوطه هموزیگوسی بالایی داشته باشند.

به هر حال برای نتیجه‌گیری قطعی در خصوص مکانیسم ژنتیکی کنترل قدرت رشد نیاز به برنامه‌های بهنژادی تکمیلی و تلاقی‌های کنترل شده می‌باشد. به نظر می‌رسد که قدرت رشد نهال گردو به عنوان یک صفت کمی از آثار افزایشی چندین مکان ژنی ناشی می‌شود. با این وجود برخی صفات مرتبط با قدرت رشد، مانند عادت رشد بازیتونیک، وراثت‌پذیری بالایی دارند و چنین به نظر می‌رسد که توسط یک یا دو ژن اصلی کنترل می شوند و انتخاب والدین بر این اساس برای پیش‌بینی کارآیی فامیلی بسیار مؤثر خواهد بود. انتخاب فنوتیپی والدین بر اساس قدرت رشد، ارتفاع درخت و قطر ساقه در طول تاریخ مبنای به‌نژادی بسیاری از درختان جنگلی بوده است (۲۰).

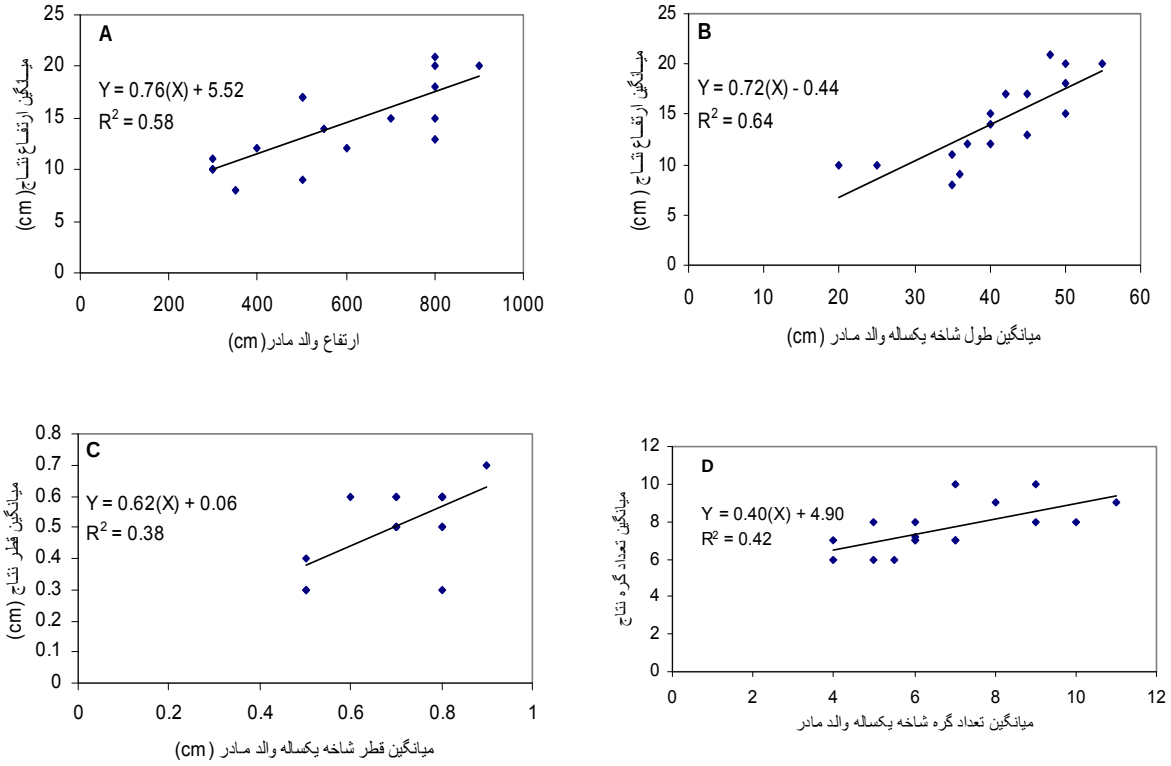
مواد گیاهی به‌دست آمده از این تحقیق را می‌توان برای توسعه برنامه‌های به‌نژادی جهت تأمین پایه‌های پاکوتاه و نیمه پاکوتاه به‌کار گرفت و یا همانند برنامه‌های بهنژادی پایه‌های سیب (۷ و ۹) به طور مستقیم برای ارزیابی‌های متعدد باغی از قبیل قابلیت ریشه‌زایی، تأثیر روی پیوندک و ثبات رشد استفاده نمود. به علاوه، برای تسریع روند کار، می‌توان با یک انتخاب گسترده از طیف وسیعی از منابع ژنتیکی به بازده ژنتیکی مطلوب‌تری دست یافت. در این جا ممکن است این سوال مطرح شود که آیا سرعت رشد نهال در طول زمان و در محل باغ ثابت خواهد بود یا نه؟ پاسخ به این سوال هر چند که با داده‌های این تحقیق امکان‌پذیر نیست ولی با توجه به شواهد به‌دست آمده از آزمایش قبلی قابل پیش بینی است. در آزمایش

جدول ۷. همبستگی‌های فنوتیپی بین ارتفاع نهال با سایر اجزای رشد در دو مرحله از فصل رشد

صفت	SS1*	NN1	LI1	SS2	NN2	LI2	SD
SS1	۱						
NN1	۰/۹۱ **	۱					
LI1	۰/۷۴**	۰/۴۷**	۱				
SS2	۰/۹۰**	۰/۸۲**	۰/۶۲**	۱			
NN2	۰/۸۶**	۰/۷۴**	۰/۷۲**	۰/۸۵**	۱		
LI2	۰/۸۹ **	۰/۸۰**	۰/۶۹**	۰/۸۴**	۰/۷۷**	۱	
SD	۰/۸۷**	۰/۷۸**	۰/۶۱**	۰/۹۳**	۰/۸۲**	۰/۸۷**	۱

*علایم اختصاری: SS) ارتفاع نهال، NN) تعداد گره، LI) طول میانگره و SD) قطر نهال **: معنی دار در سطح ۱٪

– اندیس‌های ۱ و ۲ به ترتیب بیانگر اندازه‌گیری صفت در مرحله ۴۵ روزگی و یک سالگی (آخر فصل رشد) می باشد.



شکل۲. برآورد وراثت‌پذیری صفات مرتبط با قدرت رشد از طریق رگرسیون نتاج – والد در آزمون سال ۱۳۸۶: A) وراثت‌پذیری ارتفاع نهال در حالت رگرسیون میانگین ارتفاع نتاج به ارتفاع والد مادر، B) وراثت‌پذیری ارتفاع در حالت رگرسیون میانگین ارتفاع نتاج به طول شاخه یکساله در والد مادر، C) وراثت‌پذیری قطر نهال در حالت رگرسیون میانگین قطر نتاج به میانگین قطر شاخه یکساله والد مادر و D) وراثت‌پذیری تعداد گره در شاخه. در هر شکل شیب خط رگرسیون معادل وراثت‌پذیری صفت مربوطه است.

اول مشخص شد که بیش از ۴۷٪ از ژنوتیپ‌های با فنوتیپ پاکوتاه دو سال پس از کشت و حتی چهار سال پس از کشت (داده‌ها درج نشده اند) قدرت رشد محدود داشته و زودباردهی خود را حفظ نموده‌اند. ارزیابی رفتار زراعی ۸۷۳ ژنوتیپ زودبارده و پاکوتاه حاصل از نتاج بذری والدین مادری انتخاب شده (از ازبکستان)، در فرانسه نیز نشان داده است که اکثر آنها از عادت رشد بازیتونیک و بوته‌ای برخوردار هستند (۱۴). ارتفاع خیلی محدود (کمتر از ۲/۵ متری) درختان گردوی با باردهی خوشه ای با بیش از ۲۰سال سن دلالت بر ثبات رشد این قبیل درختان دارد (۲۸ و ۲۹).

در شرایط طبیعی، شایستگی داروینی(Darwinian fitness) این قبیل ژنوتیپ‌ها کمتر است (۶)، ولی در یک محیط کنترل شده و هدفمند مانند شرایط یک باغ متراکم می توان از مزایای این قبیل پایه‌ها در افزایش تراکم کشت و سهولت داشت و برداشت استفاده کرد. در حال حاضر باغ‌های متراکم گردو بر مبنای کشت ارقام با باردهی جانبی روی گردوی سیاه و هرس پرچینی به طور آزمایشی در کالیفرنیا و اسپانیا بررسی می‌شوند و این قبیل کشت‌ها به شدت نیازمند تحول و بازنگری و اصلاح از نظر ترکیب پایه و پیوندک هستند (۲۷).

برای دستیابی به پایه‌های پاکوتاه کننده گردو، اجرای یک برنامه گزینش دوره‌ای(Recurrent selection) همراه با آزمون قابلیت ریشه‌زایی بسیار ضروری است و نیز برای درک هر چه بیشتر مکانیسم ژنتیکی کنترل قدرت رشد انجام آزمایش‌های ژنتیکی وسیع از قبیل دورگ‌گیری‌های کنترل شده، پلی کراس با شرکت والدین بیشتر در قالب طرح های آماری و تکرار دار در محیط های مختلف ضروری است. هم‌چنین می‌توان با انجام تلاقی‌های بین والدین شاخص و یا خود- بارور فراوانی آلل‌های سهیم در کنترل این صفات را افزایش داد و با تلاقی کنترل شده والدین دارای قدرت رشد قوی و ضعیف می‌توان تعداد و مکان دقیق ژن‌های کنترل کننده(Quantitative Trait Loci(QTL) mapping) قدرت رشد را شناسایی نمود.

سپاسگزاری

از زحمات آقای مهندس وحید شیرعلیزاده کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ارومیه در همکاری صمیمانه در اجرای طرح سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Atkinson, C. and M. Else. 2001. Understanding how rootstocks dwarf fruit trees. *The Compact Fruit Tree* 34(2):46-49.
2. Beineke, W. F. 1983. Genetic improvement of black walnut for timber production, PP. 236-239. *In*: Janick, J. (Ed.), Plant Breeding Reviews. Vol. 1, John Wiley & Sons Pub., USA.
3. Bell, J. C. and G. F. Moran. 2004. Characterization of the genetic control of vegetative propagation and stem volume in *Eucaliptus nitens* using molecular markers, Report of Forest and Wood Products Research and Development Corporation, Victoria, Australia.
4. Borojevic, S. 1990. Principles and Methods of Plant Breeding (Development in crop science, V.17). Elsevier Science Pub., Germany.
5. Chalmers, D. J., P. D. Mitchell and P. H. Jerie. 1984. Physiology of growth control of peach and pear using reduced irrigation. *Acta Horticulturae* 146:143-149.
6. Cook, L. M. 1994. Genetic and Ecological Diversity (The sport of nature), Chapman & Hall, UK.
7. Cousins P. 2005. Rootstock breeding: An analysis of intractability. *HortScience* 40:1945-1946.
8. Crabbe, J. J. 1984. Morphological ways towards vigor restriction in spontaneous and man-made dwarf trees. *Acta Horticulturae* 146:113-122.
9. Cummins, J. N. and H. S. Aldwinckle. 1983. Breeding apple rootstocks. PP. 294-394. *In*: Janick, J. (Ed.), Plant Breeding Reviews. Vol. 1, Johns Wiley & Sons Pub., USA.
10. Erez, A. 1982. Peach meadow orchard: two feasible systems. *HortScience* 17(2):138-142.
11. Falconer, D. S. and T. F. C. MacKay. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. 4th ed., Longman Group Ltd., Malaysia.

12. Faust, M.1989. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. John Willy & Sons Inc., USA.
13. Fideghelli, C., G. Della Strada and R. Quarta. 1984. Breeding program by ISF of Rome to develop genetic dwarf trees. *Acta Horticulturae* 146: 47-57.
14. Germain, E., F. Delort and V. Kanivets. 1997. Precocious maturing walnut population originating from central Asia: thier behaviour in France. *Acta Horticulturae* 442: 83-90.
15. Hansche, P. E. 1986. Heritability of juvenility in peach. *HortScience* 21:1197-1199.
16. Hartmann, H. T., D. E. Kester and F. T. Davies. 1990. Plant Propagation: Principles and Practices. Prentice-Hall Pub., Englewood Cliffs, USA.
17. Hill, J., H. C. Becker and P. M. A. Tigerstedt. 1998. Quantitative and Ecological Aspects of Plant Breeding. Chapman & Hall, UK.
18. Jacobs, D. F., K. E. Woeste, B. C. Wilson and J. R. McKenna. 2006. Stock quality of black walnut seedling as affected by half-sib seed source and nursery sowing density. *Acta Horticulturae* 705: 375- 381.
19. Janick, J., J. N. Cummins, S. K. Brown and M. Hemmat. 1996. Apples. *In*: J. Janick and J. N. Moore (Eds.), Fruit Breeding, Vol. I: Tree and Tropical Fruits. John Willy & Sons Inc., USA.
20. Kiani, B. 2004. Forest Genetic (forest and tree improvement). Haghshenas Press. (In Farsi).
21. Looney, N. E. and W. D. Lane. 1984. Spur-type growth mutants of McIntosh apple: A review of their genetics, physiology and field performance. *Acta Horticulturae*146: 31-45.
22. Lopez, J. F. and S. P. Lorenzo. 1997. Genetic controls of growth in *J. regia* seedlings from open families of different provenances. *Acta Horticulturae* 411:69-75.
23. Maddah Arefi, H., M. Amani and A. Jafari. 2003. Selection of markers for wood improvement in Persian walnut. First national symposium on walnut abstracts (in Farsi).
24. McGranahan, G. H. and H. I. Forde. 1985. Genetic improvement. PP. 8-11. *In*: D. E. Ramos (Ed.), Walnut Orchard Management. California, USA.
25. Namkoong, G. and H. Kang .1990. Quantitative genetics of forest trees. PP. 139-186. *In*: Janick, J.(Ed.), Plant Breeding Reviews.Vol. 8, Johns Wiley & Sons Inc., USA.
26. Olien, W. C. and A. N. Lakso. 1984. Comparison of the dwarfing character and water relations of five apple rootstocks. *Acta Horticulturae*146: 151-158.
27. Ramos, D. E., K. Kelley, W. Reil, G. S. Sibbett and R. Snyder. 2001. Establishment and management consideration for walnut hedgerow orchards. *Acta Horticulturae* 544:427-435
28. Rezaee, R. 2000. Report on Sexual Changing of Male Inflorescence to the Perfect Inflorescence in Persian walnut. Second Iranian Horticultural Congress, pp.377 (In Farsi).
29. Rezaee, R. 2006. A Study on the possibility of developing dwarf and early mature walnut genotypes by nursery selection. Final Report, West Azarbaijan Agricultural Research Center, Iran (In Farsi).
30. Scorza, R., G. W. Lightner, L. E. Gilreath and S. J. Wolf. 1984. Reduced-stature peach growth type: pruning and light peneteration. *Acta Horticulturae* 146: 159-164.
31. Solar, A. and F. Stampar. 2003. Genotypic differences in branching and fruiting habit in common walnut (*J. regia* L.). *Annals of Botany* 92: 317- 325.
32. SPSS, 2002. SPSS for Windowes, Release 11.5, Chicago, USA.