

بررسی تنوع ژنتیکی گردوی ایرانی *Juglans regia* با استفاده از صفات کمی و کیفی رشد

پروین صالحی شانجانی^{۱*}، محمد دادمند^۲، سید اسماعیل سیدیان^۱، لیلا رسول‌زاده^۲، لیلا فلاح حسینی^۲، معصومه رضمانی یگانه^۲، محمود امیرخانی^۲، محمدرضا پهلوانی^۲

۱. دانشیار بانک ژن منابع طبیعی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲. کارشناس بانک ژن منابع طبیعی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۰۱

چکیده

گردوی ایرانی (*Juglans regia* L.) از مهم‌ترین گونه‌های اقتصادی است که به دلیل تولید میوه و کیفیت مطلوب چوب در سراسر جهان کشت می‌شود. گردو به دلیل تکثیر زایشی و دگرگرده‌افشانی دارای تنوع ژنتیکی زیادی است. در این پژوهش تنوع ژنتیکی گردو از نظر عملکرد تولید چوب بررسی شد. در سال ۱۳۷۸ بذور درختان خوش‌فرم از مجموعه باغ‌های سه منطقه کرج (۱۰ نمونه)، بافت (۲۲ نمونه) و اصفهان (۲۲ نمونه) جمع‌آوری و در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور کشت شد. در دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، صفات رویشی درختان ۱۷ و ۱۸ ساله کلکسیون گردو شامل قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری، کیفیت شکل تنه، ارتفاع درخت، سطح تاج‌پوشش، قطر برابر سینه، حجم چوب تولیدی و میانگین رشد طولی سالانه مقایسه شد. آنالیز واریانس صفات رویشی بررسی شده درختان با منشأ کرج، بافت و اصفهان نشان داد که بین مناطق از نظر صفات کیفیت شکل تنه، سطح تاج‌پوشش و قطر برابر سینه تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین شکل تنه درختان با منشأ بافت نسبت به درختان با منشأ کرج و اصفهان مستقیم‌تر و استوانه‌ای‌تر بود. بررسی صفات رویشی توده‌های مختلف نشان داد که درختان بافت ارتفاع (۳/۲۷ متر)، سطح تاج‌پوشش (۷/۴۷ متر مربع) و رشد طولی سالانه (۱۷/۷۷ سانتی‌متر) بیشتری از دیگر مناطق دارند. مقایسه میانگین قطر برابر سینه نشان داد که درختان با منشأ کرج، قطر بیشتری (۹/۳۷ سانتی‌متر) دارند. گروه‌بندی با آزمون تجزیه خوشه‌ای UPGMA ژنوتیپ‌ها را در دو گروه متفاوت قرار داد. مقادیر اندازه‌گیری‌شده همه صفات به جز ارتفاع ژنوتیپ‌های گروه اول بیش از مقادیر گروه دوم بود. چوب تولیدی ژنوتیپ‌های گروه دوم کیفیت بهتری نسبت به گروه اول نشان داد. این تفاوت‌ها در صفات مختلف با توجه به شرایط محیطی یکسان محل کاشت، ناشی از تنوع ژنتیکی است که برای اصلاح گردو می‌توان از آنها استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تنوع ژنتیکی، صفات مورفولوژی، کیفیت چوب، گردوی ایرانی.

مقدمه

چوب، ارزش اقتصادی زیادی در اروپا، آسیا و شمال آمریکا دارد [۲، ۳]. گردو به دلیل تکثیر زایشی و دگرگرده‌افشانی دارای تنوع زیادی در ویژگی‌های ژنتیکی است [۴]. در باغ‌های ایران به علت تکثیر زایشی و مرسوم بودن نهال‌های پیوندی، تنوع زیادی در ویژگی‌های مورفولوژیکی گردو مشاهده می‌شود [۵]. گردو علاوه بر

جنس گردو (*Juglans* L.) دارای ۲۱ گونه در جهان است که همگی خوراکی‌اند [۱]. گردوی ایرانی (*J. regia*) از مهم‌ترین گونه‌هایی است که به دلیل کیفیت خوب میوه و

* نویسنده مسئول: تلفن همراه ۰۹۱۲۷۹۳۱۹۸۱

Email: psalehi1@gmail.com

تولید میوه در ایجاد فضای سبز و تولید چوب هم مورد توجه قرار دارد [۶].

در جهان تحقیقات بسیاری با هدف اصلاح چوب گردو صورت گرفته که به کاهش برداشت از جنگل‌ها و افزایش جنگلکاری و افزایش برنامه‌های اصلاح نژاد و در نتیجه انتخاب درخت‌های برتر از نظر مقدار و کیفیت تولید چوب و میوه گردو منجر شده است [۷، ۸].

گونه‌های گردو (*Juglans spp.*) به دلیل ارزش غذایی و تجاری میوه و کیفیت مطلوب چوب از محبوب‌ترین و پرکاربردترین گونه‌های درختان جنگلی هستند. در اروپا از قرن چهاردهم میلادی درخت گردو برای تولید چوب باکیفیت پرورش داده می‌شد، زیرا چوب گردو به‌عنوان روکش و مبلمان از ارزش زیادی برخوردار بود [۹]. به دلیل ارزش زیاد چوب گردو، جنگلکاری‌های مخلوط و خالص زیادی با گونه‌های مختلف گردو (*J. regia*, *J. nigra*, *J. major*, *J. hindsii*) و هیبریدهای آن به‌منظور تولید چوب در دهه‌های گذشته در سراسر جهان انجام گرفته است [۱۰-۱۲]. در ایتالیا ۵۰۰۰۰ هکتار از ۲۰۰۰۰۰ هکتار جنگلکاری صورت گرفته (در چارچوب برنامه ECR 2080/92) در سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۳ از گونه‌های گردو بوده است [۱۳]. در فرانسه ۶ درصد از جنگلکاری‌های سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹ (در چارچوب برنامه ECR 2080/92) با گونه‌های گردو بوده است [۱۴]. در اسپانیا نیز هزاران هکتار جنگلکاری توسط شرکت‌های خصوصی با گونه‌های گردو انجام گرفته است [۱۵]. مطالعه پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گردو نیز نشان داده که ایران جزء مناطق بسیار مستعد برای پراکنش گردو بوده و بالغ بر ۶۰۰۰۰۰ کیلومتر مربع (۳۵ درصد) از مساحت کشور جزء زمین‌های قابل کشت گردو است [۱۶]. با توجه به وجود انواع گردوی دارای کیفیت چوب بسیار مطلوب در ایران، پتانسیل زیادی برای اصلاح و تولید ارقام چوبی گردو وجود دارد [۱۷].

در جهان اصلاح درختان گردو برای تولید میوه مرغوب

و چوب باکیفیت با موفقیت روبه‌رو بوده است [۱۰، ۱۲]. در ایران با وجود تنوع زیاد ژنتیکی گردو به‌علت انجام نگرفتن آزمون‌های کافی، هنوز رقم ویژه‌ای از گردو ثبت نشده و تنها براساس منشأ اکوتیپ‌ها شامل همدانی، قزوینی و البرزی یا براساس کیفیت میوه، نام‌هایی مانند کاغذی، نوک‌کلاغی و سنگی برای گردوهای مختلف انتخاب شده است [۱۸]. مداح عارفی و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی پتانسیل اصلاح ژنتیکی تولید میوه و چوب گردو (*Juglans regia L.*) گزارش کردند که برای جنگلکاری و تولید چوب گردو، علاوه‌بر انتخاب درختان نخبه، شرایط اقلیمی و مکانی خاصی نیز لازم است. از آنجا که دمای آستانه برای ایجاد خسارت به گردو، ۲- درجه سانتی‌گراد است، در محدوده جغرافیایی مناطق گردوخیز کشور، بیشتر خسارت سرمای واردشده به درختان گردو، در دوره ۶۰ روزه (از ۱۵ اسفند تا ۱۵ اردیبهشت؛ مصادف با شروع رشد) اتفاق می‌افتد. آنها در پژوهش خود با استفاده از نقشه‌های پهنه‌بندی دمای حداقل و بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و همچنین در نظر داشتن دیگر شاخص‌های مهم اقلیمی، فرمول‌هایی ارائه کردند که با استفاده از آنها می‌توان مکان‌های مناسب، با کمترین خطر احتمال وقوع سرمازدگی برای ایجاد باغ و به‌ویژه جنگل گردو برای ژنوتیپ‌های تولیدکننده میوه و چوب را تعیین کرد [۱۹]. برنامه‌های پژوهشی برای انتخاب و اصلاح درختان گردو *J. regia* با هدف تولید ارقام سازگاری که از کیفیت چوب مناسبی هم برخوردار باشند، در مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌های برخی کشورها مانند ایتالیا، انگلستان، فرانسه و اسپانیا در حال اجراست. زیرا انتخاب اکوتیپ‌های سازگار با ویژگی‌های رویشگاهی از مهم‌ترین عوامل کاشت و جنگلکاری با گردو در مناطق مدیترانه‌ای است تا آسیب‌های ناشی از مخاطرات آب‌وهوایی از جمله خشکسالی‌های مکرر و یخبندان‌های پیاپی به کمترین حد برسد [۲۰، ۲۱]. بررسی تنوع ژنتیکی از پیش‌نیازهای اصلاح ارقام است که در آن از نشانگرهای متفاوتی از جمله نشانگرهای مورفولوژی استفاده

کلکسیون گردوی بانک ژن منابع طبیعی ایران بررسی شد. بذور درختان از مناطق مختلف جمع‌آوری و در محیط ثابتی کشت شده بودند، از این‌رو انتظار می‌رود که اختلافات مشاهده‌شده اغلب ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی ژنوتیپ‌ها باشد. هدف این تحقیق، بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت‌های گردو از منظر تولید چوب و نیز دسته‌بندی توده‌ها و درختان برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی و انتخاب والدین برتر به‌منظور تلاقی درون‌گونه‌ای است.

مواد و روش‌ها

در سال ۱۳۷۸ میوه گردو (*Juglans regia*) از درختان خوش‌فرم باغ‌های سه منطقه آسارای کرج (۱۰ درخت)، بافت کرمان (۲۲ درخت) و خوانسار اصفهان (۲۲ درخت) برداشت شد و در آخر پاییز همان سال در نهالستان مجتمع تحقیقاتی البرز وابسته به مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور کاشته شد. نهال‌های یکساله در زمستان ۱۳۷۹ با استفاده از طرح بلوک کاملاً تصادفی به‌صورت سه بلوک در چهار تکرار به کلکسیون تحقیقاتی در مرکز یادشده منتقل شدند. فاصله کاشت نهال‌ها در داخل ردیف ۴ متر و بین ردیف ۵ متر بود. خاک کلکسیون از زهکشی مناسب برخوردار بوده و فاقد شیب بود. آبیاری به‌صورت قطره‌ای هفته‌ای یک بار به مدت ۶ ساعت انجام می‌گرفت.

در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ صفات مورفولوژی ۱۵۶ درخت گردو کلکسیون ۱۷ و ۱۸ ساله (که در جدول‌ها به‌عنوان ژنوتیپ ذکر می‌شود) شامل قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری، قطر برابرسینه (با استفاده از کالیبر در واحد سانتی‌متر)، ارتفاع درخت (با استفاده از شاخص میر در واحد متر)، تاج‌پوشش در دو جهت (با استفاده از متر در واحد متر مربع) و میانگین رشد طولی سالانه (در واحد سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد. حجم چوب تولیدی با استفاده از رابطه $v = \pi r^2 \cdot h \cdot f$ محاسبه شد که در آن v : حجم چوب تولیدی درخت به متر مکعب، π : عدد پی برابر 3.14 ، r : شعاع درخت به متر،

می‌شود [۲۲]. تحقیقات بسیاری برای بررسی تنوع ژنتیکی گردو در سراسر جهان انجام گرفته است که از جمله می‌توان به بررسی خصوصیات مورفولوژی در باغ‌ها و جنگل‌های گردوی ایتالیا [۲۳]، مناطق سرد آمریکا و اروپا [۲۴]، قرقیزستان [۲۵] و اسپانیا [۲۶] اشاره کرد. در ایران نیز تنوع ژنتیکی زیادی در گردوی جنگل‌های شمال ایران [۲۷]، باغ‌های استان یزد [۵]، استان فارس [۲۸]، استان آذربایجان غربی [۲۹]، استان‌های خراسان، البرز، همدان، قزوین [۳۰] و اردبیل [۳۱] گزارش شده است.

ویژگی‌های مورفولوژی توسط ژن‌های مختلفی کنترل می‌شوند که با استفاده از آنها می‌توان ژنوتیپ‌های برتر را انتخاب کرد [۳۱]. برای به‌دست آوردن بهترین نتایج، از والدینی استفاده می‌شود که دارای بیشترین فاصله ژنتیکی هستند [۳۲]. حجم چوب تولیدی و کیفیت چوب از جمله مستقیم بودن تنه، مهم‌ترین صفات برای مقایسه درختان از لحاظ تولید چوب هستند [۳، ۱]. در ترکیه محققان با بررسی تنوع ژنتیکی در ویژگی‌های مختلف شامل رشد رویشی، تاج‌پوشش و آرایش فضایی درخت ۵۰۰ ژنوتیپ گردو، ۱۹ ژنوتیپ برتر را معرفی کردند تا در برنامه اصلاح چوب گردو قرار گیرد [۳۳]. مداح عارفی (۲۰۰۷) در پژوهشی صفات رویشی گردوهای سه منطقه بافت، کرج و اصفهان را با هم مقایسه کرد و میزان وراثت‌پذیری صفات رشدی گردو را ۵۸ درصد تخمین زد. او براساس این یافته‌ها استدلال کرد که افزون‌بر ژنتیک، عوامل اقلیمی مانند کمینه و بیشینه دما هم بر میزان رشد رویشی گردو تأثیر دارد [۱۷]. وحدتی و همکاران (۲۰۱۸) نیز اظهار داشتند که بسیاری از عوامل اقلیمی و ادافیکی مانند ارتفاع، شیب، خاک، دما و رطوبت نسبی بر رشد و نمو گردو اثر مستقیم دارند [۱۶].

با توجه به اینکه اولین قدم برای اصلاح گردو در ایران، شناسایی و مقایسه تنوع ژنتیکی گردو در نقاط مختلف کشور است، در پژوهش حاضر ژنوتیپ‌های ۱۷ و ۱۸ ساله

معنی دار در نظر گرفته شد. علامت ضرایب در داخل هر مؤلفه مبین ارتباط موجود در میان این صفات در نظر گرفته شد. آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون توکی با نرم‌افزار SAS انجام گرفت. همبستگی بین صفات، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و تجزیه خوشه‌ای (UPGMA unweighted pair group method with arithmetic mean) با استفاده از نرم‌افزار Minitab 16 محاسبه شد.

نتایج و بحث

آنالیز واریانس صفات رویشی مورد مطالعه درختان با منشأ کرج، بافت و اصفهان نشان داد که بین مناطق در صفات کیفیت شکل تنه، سطح تاج پوشش و قطر برابر سینه با اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی داری وجود دارد (جدول ۱). بین ژنوتیپ‌های هر توده به جز شکل تنه در همه صفات شامل قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری، ارتفاع و سطح تاج پوشش، قطر برابر سینه و میانگین رشد طولی سالانه اختلاف‌های معنی دار وجود داشت.

h: ارتفاع درخت به متر و f: ضریب شکل تنه است که برابر ۰/۵ است. کیفیت شکل تنه براساس پژوهش مداح عارفی (۲۰۰۷) در چهار درجه کیفی زیر بررسی شد: ۱. بسیار خوب: تنه سیلندریک، بدون پیچ‌خوردگی، متقارن، تک‌شاخه، ۲. خوب: تقریباً سیلندریک، پیچ‌خوردگی اندک، متقارن، تک‌شاخه یا دو شاخه، ۳. متوسط: تنه ناصاف، متقارن، دو شاخه، ۴. بد: تنه ناصاف، غیر سیلندریک، نامتقارن، دو شاخه [۱۷].

به منظور نرمال کردن و همگنی واریانس داده‌ها به ترتیب از آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و لون با نرم‌افزار SPSS استفاده شد. برای تجزیه واریانس هر یک از صفات تحت بررسی از طرح آماری بلوک کامل تصادفی استفاده شد. از تجزیه به مؤلفه‌های (عامل‌های) اصلی برای کاهش تعداد متغیرهای اولیه، توصیف و تشریح تنوع کل موجود در یک جامعه و تعیین سهم صفات در تنوع کل استفاده می‌شود. برای تهیه ماتریس ضرایب عاملی، آن تعداد از عامل‌ها که ریشه مشخصه آنها بزرگ‌تر از ۱ بود انتخاب شدند. در هر عامل اصلی و مستقل ضرایب بزرگ‌تر از ۰/۵ به عنوان عامل

جدول ۱. جدول تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌ها با منشأ کرج، بافت و اصفهان

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری	کیفیت شکل تنه	ارتفاع درخت	سطح تاج پوشش	قطر برابر سینه	حجم چوب تولیدی	میانگین رشد طولی سالانه
منطقه	۲	۳/۸ ^{ns}	۳/۱**	۷۸۱۴/۶ ^{ns}	۵۵.۵*	۱۷/۵*	۰/۰۰۰۰۷ ^{ns}	۷۲/۹ ^{ns}
ژنوتیپ	۴۸	۲۰۱/۳*	۲۳/۸ ^{ns}	۱۴۶۶۸۵/۴*	۴۵۶/۷*	۳۰۶/۹**	۰/۰۰۱۴ ^{ns}	۲۹۴۵/۶**
بلوک	۲	۱۵۷/۲**	۸/۲**	۱۲۱۹۶۸/۴**	۵۸/۹**	۱۰۳/۷**	۰/۰۰۱۴**	۵۳/۹ ^{ns}
خطا	۲۶۹	۷۵۵/۵	۷۹/۵	۵۱۱۰۲۲/۹	۱۶۱۲/۵	۵۸۸/۹	۰/۰۰۵۹	۸۶۸۹/۸

* و **: به ترتیب معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد

داد که توده بافت با سطح تاج پوشش ۷/۴۷ متر مربع بیشترین سایه‌انداز را تولید کرد و دو توده اصفهان با تاج پوشش ۶/۴۵ متر مربع و کرج با تاج پوشش ۶/۳۹ متر مربع نسبت به توده بافت در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۲). مقایسه میانگین قطر برابر سینه نشان داد که درختان با منشأ کرج، قطر بیشتری در مقایسه با دو توده بافت و اصفهان داشتند (جدول ۲).

مقایسه میانگین صفات تحت مطالعه در ژنوتیپ‌های با منشأ کرج، بافت و اصفهان نشان داد که درختان با منشأ بافت، تنه مستقیم و استوانه‌ای‌تری در مقایسه با دو منطقه دیگر داشتند (جدول ۲). درختان کرج از نظر کیفیت شکل تنه نسبت به درختان دو توده دیگر ضعیف‌تر بودند؛ درختان منطقه اصفهان حدواسط دو توده دیگر بودند. بررسی سطح تاج پوشش در بین توده‌های مختلف نشان

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات تحت مطالعه در ژنوتیپ‌های با منشأ کرج، بافت و اصفهان

میانگین رشد طول سالانه (cm)	حجم چوب تولیدی (m ³)	قطر برابر سینه (cm)	سطح تاج پوشش (m ²)	ارتفاع درخت (m)	کیفیت شکل تنه	قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی متری (cm)	منطقه
۱۷/۶۶a	۰/۰۱۲a	۹/۰۹ab	۷/۴۷a	۳/۲۸a	۱/۳۶b	۱۱/۹۶a	بافت
۱۶/۳۳a	۰/۰۱۱a	۹/۳۷a	۶/۳۹b	۳/۱۲a	۱/۶۱a	۱۲/۱۶a	کرج
۱۶/۴۷a	۰/۰۱۰a	۸/۸۶b	۶/۴۵b	۳/۲۰a	۱/۵۰ab	۱۱/۹۶a	اصفهان

میانگین‌های هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک‌اند براساس آزمون چنددامنه‌ای توکی در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

مورفولوژی در باغ‌ها و جنگل‌های گردو در کشورهای مختلف نظیر ایتالیا [۲۳]، مناطق سرد آمریکا و اروپا [۲۴]، اروپای مرکزی و آسیا [۳۴] و شیلی [۳۵] حاکی از تنوع ژنتیکی زیاد در توده‌های طبیعی و دست‌کاشت گردو است. گزارش‌ها حاکی از وجود تنوع ژنتیکی در صفات مورفولوژیکی گردو در استان یزد [۸]، فارس [۲۸] و خراسان [۲۹] است. این تنوع ژنتیکی ناشی از تکثیر زایشی و مرسوم نبودن استفاده از نهال‌های پیوندی است [۸].

برآورد ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات تحت مطالعه در جدول ۴ درج شده است. ضرایب همبستگی صفات تحت بررسی نشان داد که کیفیت شکل تنه با هیچ‌کدام از صفات مورد بررسی همبستگی معنی‌داری ندارد. بین ارتفاع با قطر برابر سینه، تاج‌پوشش و حجم چوب تولیدی رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد. به این ترتیب می‌توان گفت درختان کوتاه‌تر، تاج‌پوشش و قطر برابر سینه کمتری داشتند [۳۶]. رضایی و وحدتی (۲۰۱۴) همبستگی معنی‌دار و وراثت پذیری زیادی را بین صفات ارتفاع و قطر نهال‌های گردو گزارش کردند [۳۷]. به علاوه نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین صفت سطح تاج‌پوشش و صفات قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی متری و قطر برابر سینه با اطمینان ۹۹ درصد رابطه معنی‌دار و مثبت برقرار است. این نتایج با تحقیقات صورت‌گرفته در درختان گردو در آمریکا مطابقت دارد [۳۸]. میانگین رشد طولی با قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی متری، قطر برابر سینه و حجم چوب تولیدی همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود دارد (جدول ۴). این

جدول ۳ مقادیر کمینه، بیشینه و میانگین صفات رویشی در درختان کلکسیون با منشأ کرج، بافت و اصفهان را نشان می‌دهد. بررسی گوناگونی میان تک‌تک درختان نشان داد که قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی متری درخت ۲ کرج و ۱۲ بافت (۱۸ سانتی متر) بیشتر از درختان دیگر بود (جدول ۳). درخت ۱۹ کرج با ارتفاع ۴/۷ متر بلندترین و درخت ۹ بافت با ارتفاع ۲ متر کوتاه‌ترین درخت بود. اما در مجموع میانگین ارتفاع در درختان با منشأ بافت بیشتر از دیگر درختان است (جدول ۲). بیشترین سطح تاج‌پوشش به میزان ۱۴/۸۵ متر مربع در درخت ۱۷ بافت و ۱۲ کرج، و کمترین سطح تاج‌پوشش در درخت ۷ بافت به میزان ۰/۷۹ متر مربع مشاهده شد (جدول ۳). میانگین سطح تاج‌پوشش در درختان با منشأ بافت ۷/۴۷ متر مربع بیشتر از مناطق دیگر بود. بیشترین رشد طولی سالانه در درخت ۱۱ بافت به میزان ۳۰ سانتی متر و کمترین رشد طولی سالانه در درخت ۱۷ اصفهان به میزان ۴ سانتی متر مشاهده شد. بیشترین میانگین رشد طولی سالانه مربوط به درختان با منشأ بافت به میزان ۱۷/۷۷ سانتی متر بود (جدول ۳). کمترین قطر برابر سینه در درخت ۲۵ اصفهان به میزان ۶ سانتی متر؛ و بیشترین قطر برابر سینه در درخت ۳ کرج به میزان ۱۵/۵۰ سانتی متر ثبت شد (جدول ۳). بیشترین ضریب تغییرات در صفات مورد بررسی مربوط به صفت حجم چوب تولیدی محاسبه شد (جدول ۳).

با توجه به شرایط یکسان نگهداری درختان در ۱۸ سال گذشته، تفاوت در میانگین صفات تحت بررسی نشان‌دهنده تنوع در درون توده‌ها و بین توده‌هاست. بررسی صفات

نتایج با پژوهش‌های صورت گرفته در میسوری آمریکا [۳۹] مطابقت دارد. صفت قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی متری با همه صفات با اطمینان ۹۹ درصد و در صفت رشد طولی سالانه با اطمینان ۹۵ درصد همبستگی مثبت داشت. صفت کیفیت شکل تنه همبستگی مثبت با اطمینان ۹۹ درصد با صفت رشد طولی سالانه داشت. بررسی داده‌های به دست آمده از درختان کلکسیون گردوی بانک ژن منابع طبیعی ایران با سه منشأ مختلف نشان داد که صفت کیفیت شکل تنه با هیچ یک از صفات تحت بررسی دیگر همبستگی معنی دار نداشت که نشان دهنده تأثیر همزمان عوامل اقلیمی و ژنتیکی بر میزان رشد رویشی درختان گردو است [۱۷].

نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که عامل اول ۵۴ درصد، عامل دوم ۱۴ درصد و عامل‌های اول تا سوم در مجموع ۸۱ درصد از کل واریانس متغیرها را توجیه می‌کنند (شکل ۱). صفات قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی متری، قطر برابر سینه و مقدار تولید چوب با ضریب مثبت در تبیین عامل اول نقش اساسی داشتند (جدول ۵). در مؤلفه دوم، صفت کیفیت شکل تنه با ضریب منفی نسبت به صفات دیگر متمایز بود. صفت میانگین رشد طولی سالانه با ضریب مثبت در تبیین مؤلفه سوم نقش مهمی داشت (جدول ۵). در رسته‌بندی به دست آمده از صفات

مورفولوژی، ۱۵۶ درخت گردو با سه منشأ مختلف در دو گروه قرار گرفتند (شکل ۱). ژنوتیپ‌ها توسط آزمون تجزیه خوشه‌ای UPGMA نیز در دو گروه متفاوت جای گرفتند (شکل ۲). مقایسه میانگین صفات تحت مطالعه در هر یک از گروه‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های گروه اول، در بیشتر صفات مورد بررسی دارای میانگین بیشتری نسبت به گروه دوم بودند، به جز صفت ارتفاع که دو گروه براساس آزمون تی تفاوت معنی داری نداشتند. (جدول ۶). ژنوتیپ‌های گروه دوم چوب تولیدی با کیفیت تری داشتند و تنه مستقیم تری تولید کرده بودند. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس صفات مختلف روشی مناسب برای مشخص کردن رابطه ژنوتیپ‌ها و تعیین فاصله خویشاوندی آنهاست. از آنجا که هر چه درجه شکل تنه کمتر باشد، تنه مستقیم تر و استوانه‌ای تر و چوب دارای کیفیت بهتری است؛ از این رو در خوشه دوم کیفیت چوب بهتر است که این موضوع می‌تواند در اصلاح درخت گردو به منظور تولید چوب استفاده شود. در تحقیقات مشابهی، سیمسک و همکاران [۷، ۴۰] با هدف اصلاح چوب گردو، صفات رشدی (قطر، ارتفاع و غیره) ژنوتیپ‌های گردوی مناطق دیاربکر و ماردین را بررسی کرده و گزارش کردند که صفات مورفولوژیکی پارامترهای مفیدی در اصلاح چوب گردو هستند.

جدول ۳. مقادیر آماری برخی صفات رویشی در ژنوتیپ‌های با منشأ کرج، بافت و اصفهان

منطقه	آماره	قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی متری (cm)	ارتفاع درخت (m)	سطح تاج پوشش (m ²)	قطر برابر سینه (cm)
بافت	بیشترین	۱۸ (b۱۲)	۴/۵۰ (b۱۶,۱۱)	۱۴/۸۵ (b۱۷)	۱۴/۲۵ (b۲۴)
	کمترین	۸/۵ (b۲,۱۶,۲۴)	۲/۰۰ (b۹)	۰/۷۹ (b۷)	۶/۰۰ (b۱۶)
	انحراف استاندارد	۱/۹۲	۰/۵۲	۲/۸۱	۱/۶
	ضریب تغییرات	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۳۸	۰/۱۷
کرج	بیشترین	۱۸ (k۲)	۴/۷ (k۱۹)	۱۴/۸۵ (k۱۲)	۱۵/۵۰ (k۳)
	کمترین	۸ (k۱۵)	۲/۱ (k۲۰)	۱/۶۵ (k۷)	۶/۵۰ (k۱۵)
	انحراف استاندارد	۲/۰۲	۰/۵۱	۲/۵۲	۱/۷۵
	ضریب تغییرات	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۴	۰/۱۹
اصفهان	بیشترین	۱۷/۵۰ (s۳۰)	۴/۴ (s۲۶)	۱۴/۱۸ (s۱۰)	۱۵/۲۵ (s۲۸)
	کمترین	۸ (s۱۷,۲۴)	۲/۱۰ (s۲۴)	۰/۸۷ (s۷)	۶/۰۰ (s۲۵)
	انحراف استاندارد	۱/۸	۰/۴۹	۲/۵	۱/۵۷
	ضریب تغییرات	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۳۹	۰/۱۸

عبارت داخل پرانتز در قسمت عددی شماره درخت و حروف انگلیسی منشأ پدر (k: کرج، s: اصفهان و b: بافت) را نشان می‌دهند.

جدول ۴. تجزیه همبستگی دوگانه بین صفات تحت مطالعه در ژنوتیپ‌های با منشأ کرج، بافت و اصفهان

متغیر	قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی متری	کیفیت شکل تنه	ارتفاع درخت	سطح تاج پوشش	قطر برابر سینه
کیفیت شکل تنه	۰/۱۱۵				
ارتفاع درخت	۰/۴۹۹**	۰/۱۵۶			
سطح تاج پوشش	۰/۵۷۲**	۰/۲۱۸	۰/۶۲۴**		
قطر برابر سینه	۰/۸۶۷**	۰/۱۰۲	۰/۴۰۱**	۰/۵۴**	
حجم چوب تولیدی	۰/۸۱۶**	۰/۱۸	۰/۶۶۹**	۰/۵۸۹**	۰/۹۲۴**
میانگین رشد طولی سالانه	۰/۳*	۰/۶۱	۰/۱۸۵	۰/۲۴۳	۰/۲۸۶*

** و * به ترتیب معنی داری در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد

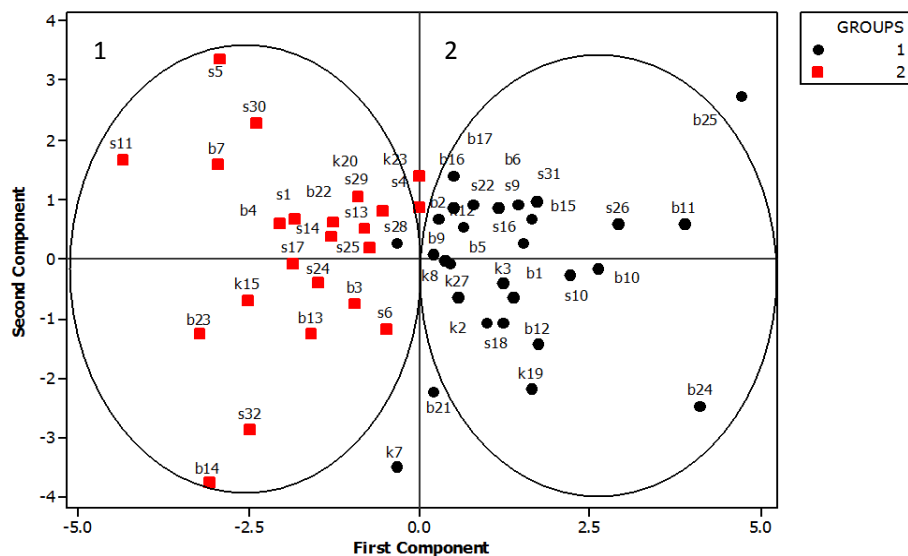
سودآوری از درختکاری‌ها به کار گرفته می‌شود. هدف این عملیات پرورش درختانی است که دارای تنه مستقیم باشند و در کمتر از ۲۵ سال به قطر بیش از ۳۵ سانتی متر برسند و دوایر سالانه آنها دارای رشد منظم باشد [۹]. تحقیقات نشان داده از آنجا که درختان گردو به طور معمول بسیار بزرگ‌اند، مدیریت آنها پرهزینه است و بنابراین تضمین ارزش چوب تولیدشده مهم است. یکی از گزینه‌هایی که می‌تواند جایگزین مداخله انسانی شود کاشت مخلوط درختان گردو با دیگر گونه‌های درختی یا درختچه‌ای است. به این ترتیب درختان و درختچه‌های مجاور با سایه انداختن روی تنه‌های گردو سبب غیرفعال ماندن جوانه‌های جانبی روی تنه‌های تجاری گردو و نیز کاهش رشد شاخه‌های جانبی می‌شود و در نتیجه عملیات پرورشی کاهش می‌یابد. براساس برآوردها در ایتالیا و اسپانیا به دلیل عملیات پرورشی نامناسب، چوب بسیار ارزشمند فقط در کمتر از ۳۰ درصد درختان کاشته شده تولید می‌شود [۴۵، ۴۶]. این بررسی‌ها نشان می‌دهد که در کنار استفاده از پتانسیل تنوع ژنتیکی گردو، باید به انتخاب عملیات پرورشی مناسب توجه ویژه‌ای کرد.

تحقیقات بین‌المللی بسیاری با هدف اصلاح چوب گردو صورت گرفته که به کاهش برداشت از جنگل‌ها و افزایش جنگلکاری و افزایش برنامه‌های اصلاح نژاد و در نتیجه انتخاب درخت‌های برتر در میزان و کیفیت تولید چوب و میوه گردو منجر شده است [۷، ۸]. ولی در ایران کار اصلاحی چندانی برای اصلاح چوب گردو انجام نگرفته است. انتخاب فقط براساس کیفیت میوه ارقامی که از مناطق مختلف معرفی شده‌اند (نظیر همدانی، قزوینی و البرزی) صورت گرفته است [۱۷].

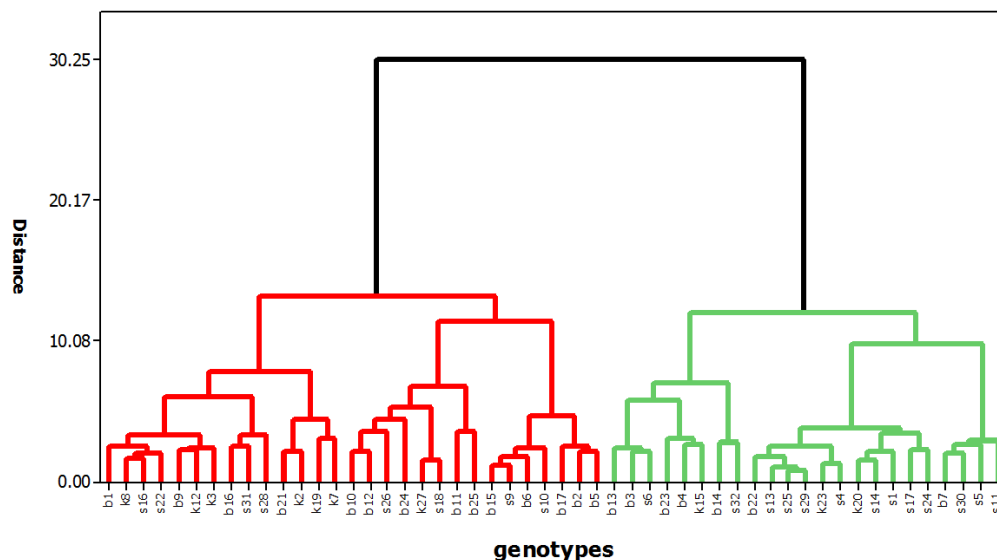
نتایج این پژوهش نشان داد که با توجه به تنوع زیاد در صفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های گردو و ارزش اقتصادی زیاد چوب گردو، می‌توان با استفاده از تنوع ژنتیکی موجود در ایران، ارقام گردو با اهداف مختلف مثل تولید چوب با کیفیت مطلوب برای ایجاد جنگلکاری معرفی کرد. ولی وجود تنوع ژنتیکی و شناسایی درختان مادری نخبه با ویژگی‌های با ارزش در تولید چوب، برای جنگلکاری با گردو کافی نیست. به طوری که پژوهش‌ها حاکی از تأثیر عملیات پرورشی در تولید چوب با کیفیت است [۴۱-۴۴]. عملیات پرورشی مختلفی برای به حداکثر رساندن

جدول ۵. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات بررسی شده در ژنوتیپ‌های با منشأ کرج، بافت و اصفهان

متغیر	عامل ۱	عامل ۲	عامل ۳
قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی متری	۰/۴۵۳	۰/۱۹۳	-۰/۰۵۱
کیفیت شکل تنه	۰/۱۲۳	-۰/۸۸۲	۰/۲۳۸
ارتفاع درخت	۰/۳۶۶	-۰/۲۱۷	-۰/۲۱۲
سطح تاج پوشش	۰/۳۹۵	-۰/۲۰۷	-۰/۰۸۹
قطر برابر سینه	۰/۴۵۸	۰/۲۳۱	-۰/۰۷۱
حجم چوب تولیدی	۰/۴۸۷	۰/۰۷۴	-۰/۱۱۴
میانگین رشد طولی سالانه	۰/۲۰۹	۰/۱۹۳	۰/۹۳۹
مقادیر ویژه	۳/۷۸۲	۱/۰۰۹	۰/۸۷۶
درصد واریانس نسبی	۰/۵۴	۰/۱۴	۰/۱۲
درصد واریانس جمعی	۰/۵۴	۰/۶۸	۰/۸۱



شکل ۱. نمودار حاصل از دو بردار اصلی اول (PCoA) در ژنوتیپ‌های با منشأ کرج، بافت و اصفهان. عبارت معرف هر درخت دارای دو قسمت عددی (شماره درخت) و حروف (منشأ بذر؛ k: کرج، s: اصفهان و b: بافت) است.



شکل ۲. دارنگاره تجزیه خوشه‌ای به روش معدل گروهی (UPGMA) ژنوتیپ‌های با منشأ کرج، بافت و اصفهان عبارت معرف هر درخت دارای دو قسمت عددی (شماره درخت) و حروف (منشأ بذر؛ k: کرج، s: اصفهان و b: بافت) است.

جدول ۶. مقایسه خوشه‌ها براساس میانگین صفات تحت بررسی در گردهای کلکسیون با منشأ کرج، بافت و اصفهان از طریق آزمون تی

میانگین رشد طولی سالانه (cm)	حجم چوب تولیدی (m ^۳)	قطر برابر سینه (cm)	سطح تاج پوشش (m ^۲)	ارتفاع درخت (m)	امتیاز شکل تنه	قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی متری (cm)	کلاستر
۱۸/۵۷a	۰/۰۱۳a	۹/۶۶a	۷/۹۸a	۳/۳۵a	۱/۵۶a	۱۲/۷۰a	۱
۱۵/۸۰b	۰/۰۰۹b	۸/۶۲b	۵/۸۰b	۳/۹۰a	۱/۴۴ b	۱۱/۲۸b	۲

میانگین‌های هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک‌اند براساس آزمون چنددامنه‌ای توکی در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه گیری

براساس نتایج این تحقیق، از میان ژنوتیپ‌های با منشأ کرج، بافت و اصفهان، درختان با منشأ بافت، تنه مستقیم و استوانه‌ای تری دارند و سایه‌انداز بیشتری تولید می‌کنند. در حالی که درختان با منشأ کرج میانگین قطر برابر سینه بیشتری دارند. درختان با منشأ اصفهان ویژگی‌های حدواسط دو منطقه را نشان دادند. به این ترتیب می‌توان نتیجه‌گیری کرد که این تفاوت‌ها در صفات مختلف با توجه به شرایط محیطی یکسان محل کاشت، ناشی از تنوع ژنتیکی است. گوناگونی زیاد در صفات مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های گردو مناطق مختلف حاکی از تنوع ژنتیکی زیاد در میان ژنوتیپ‌های گردو است که با توجه به تکثیر جنسی متداول آن از طریق بذر پیش‌بینی پذیر بود.

به دلیل تأثیر همزمان عوامل رویشگاهی (مانند ارتفاع، شیب، خاک، دما و رطوبت نسبی) و ژنتیکی بر میزان رشد رویشی درختان گردو، در هنگام کاشت و اصلاح گردو باید به ویژگی‌های محل کاشت نیز توجه داشت تا ارقام تولیدی بتوانند ویژگی‌های ژنتیکی خود را بروز دهند. مطالعه پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گردو نیز نشان داده که ایران جزء مناطق بسیار مستعد برای پراکنش گردو

است و بالغ بر ۶۰۰۰۰۰ کیلومتر مربع (۳۵ درصد) از مساحت کشور جزء زمین‌های قابل کشت گردو است. از آنجا که دمای آستانه برای ایجاد خسارت به گردو، ۲- درجه سانتی‌گراد است در محدوده جغرافیایی مناطق گردوخیز کشور، بیشتر خسارت سرمای وارد شده به درختان گردو، در دوره ۶۰ روزه (از ۱۵ اسفند تا ۱۵ اردیبهشت؛ مصادف با شروع رشد) اتفاق می‌افتد. از این رو باید با استفاده از نقشه‌های پهنه‌بندی دمای حداقل و بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و همچنین در نظر داشتن دیگر پارامترهای مهم اقلیمی، مکان‌های مناسب با کمترین خطر احتمال وقوع سرمازدگی برای ایجاد باغ و به‌ویژه جنگل گردو برای ژنوتیپ‌های تولیدکننده میوه و چوب را تعیین کرد.

به این ترتیب نتیجه‌گیری می‌شود که با توجه به وجود انواع گردو دارای کیفیت چوب بسیار خوب در ایران، پتانسیل زیادی برای اصلاح و تولید ارقامی چوبی گردو وجود دارد. ولی در کنار استفاده از پتانسیل تنوع ژنتیکی گردو، باید به انتخاب اکوتیپ‌های سازگار با ویژگی‌های رویشگاهی و استفاده از عملیات پرورشی مناسب نیز توجه ویژه‌ای کرد.

References

- [1]. McGranahan, G.H., Charles, A., Leslie, C.A., Philips, H.A., and Dandaker, A. (1998). Walnut Propagation. Pp. 71-83. In: Ramos D (Ed.). *Walnut Production Manual*, University of California, DANR.
- [2]. Akca, Y., Bilgen, Y., and Ercisli, S. (2015). Selection of promising Persian walnut (*Juglans regia* L.) from seedling origin in Turkey. *Acta Scientiarum Polonorum Horticulture*, 14(3): 103-114.
- [3]. McGranahan, G.H., and Leslie, C. (2009). Breeding walnuts (*Juglans regia*). Pp. 249-273. In: Jain SM and Priyadarshan PM (Eds.). *Breeding Plantation Tree Crops: Temperate Species*, Springer Science Business Media, New York.
- [4]. Shah, U.N., Mir, J.I., Ahmed, N., Zaid, A., Jan, S., Fazili, K.M., and Wani, S.H. (2018). Biotechniques for improvement of qualitative and quantitative traits in walnut (*Juglans regia*). *Advances in Horticultural Science*, 32(1): 113-135.
- [5]. Arzani, K., Mansouri Ardakan, H., and Vezvaei, A. (2008). Morphological variation among Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotype from central Iran. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 36: 159-168.
- [6]. Haj Amiri, A. (2003). Preliminary selection of walnut genotypes collected from different region of Kermanshah. In: First National Symposium on Walnut, Jan. 1-2, Iran, pp. 49-50.

- [7]. Simsek, M., Gulsoy, E., Beyhan, O., Osmanoglu, A., and Turgut, Y. (2017). Determination of some botanical, phonological, physical and chemical characteristics of walnut genotypes. *Applied Ecology and Environmental Science*, 15(3): 1279-1291.
- [8]. Ebrahimi, A., Fatahi, R., Zamani, Z., and Vahdati, K. (2009). An investigation on genetic diversity of 608 Persian walnut accessions for screening of some genotypes of superior traits. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 40(4): 94-83.
- [9]. Aletà, N. (2014). Using Walnut Species for Timber Production in Southern Europe Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA). Torre Marimon, 08140, Caldes de Montbui Spain. *Acta Horticulture*, 1050: 378-388.
- [10]. Clark, J., and Hemery, G. (2010). Walnut hybrids in the UK: fast growing quality hardwoods. *Quarterly Journal of Forestry* 104: 43-46.
- [11]. Mohni, C., Pelleri, F., and Hemery, G.E. (2009). The modern silviculture of *Juglans regia* L.: A literature review. *Die Bodenkultur*, 60(3): 21-34.
- [12]. Bernard, A., Lheureux, F., and Dirlewanger, E. (2018). Walnut: past and future of genetic improvement. *Tree Genetics and Genomes*, 14(1): 1. <https://doi.10.1007/s11295-017-1214-0>.
- [13]. Romano, R., and Cesaro, L. (2016). Tree Planting Measures in Rural Development Plans: Status of Implementing Problematic Landscapes. In: Proceedings of "Pioppicoltura e arboricoltura da legno in Italia". October, Casale Monferrato, Italy.
- [14]. IFD (2001). Evaluation of the community aid scheme for forestry measures in agriculture of regulation, No 20180/92. Institute for Forestry Development.
- [15]. Garcia-Martin, A., Paniagua-Simon, L.L., Lopez-Larrinaga, F. and Coletto-Martnez, J.M. (2011). Production of quality woods in Extremadura. In: Coletto Martinez JM, de Muslera-ardo E, Gonzllez Blanco R, Garcia FP, and Blanco IA (Eds.). *Agriculture and livestock in Extremeoasm*. Caja de Ahorros de Badajoz, Spain.
- [16]. Vahdati, K., Massah Bavani, A., Khosh-khui, M., Fakor, P., and Sarikhani, S. (2018). Land suitability classification of Persian walnut cultivation in Iran using geographic information system. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 19(3): 403-418
- [17]. Maddah Arefi, H. (2007). *Genetic improvement of Persian walnut for maximizing timber production*. Final Report of Research Project. Research Institute of Forest and Rangelands. Agricultural Research and Education Organization, 145 P.
- [18]. Ebrahimi, A., Fatahi, R., and Zamani, Z. (2011). Analysis of genetic diversity among some Persian walnut genotypes (*Juglans regia* L.) using morphological traits and SSRs markers. *Scientia Horticulturae*, 130: 146-151.
- [19]. Maddah Arefi, H., Eisivand, and H. R., Bazrafshan, J. (2005). Investigating the location of suitable sites for the creation of walnut forest using temperature zoning. In: Applied Scientific Conference on Ways to Deal with Frost, Yazd, Iran.
- [20]. Beineke, W. F. (1983). The genetic improvement of black walnut for timber production. *Plant Breeding Review*, 1: 236-266.
- [21]. Guàrdia, M., Savé, R., Diaz, R., Vilanova, A., and Aletà, N. (2013). Genotype and environment: two factors related to autumn cold hardiness on Persian walnut. *Annals of Forest sciences*, 70: 791-800.
- [22]. Mosivand, M., Hassani, D., Payamnour, V., and Jafar Aghaei, M. (2013). Comparison of tree, nut, and kernel characteristics in several walnut species and inter-specific hybrids. *Crop Breeding Journal*, 3(1): 25-30.
- [23]. Vischi, M., Chiabà, C., Raranciuc, S., Poggetti, L., Messina, R., Ermacora, P., Cipriani, G., Paffetti, D., Vettori, C., and Testolin, R. (2017). Genetic diversity of Walnut (*Juglans Regia* L.) in the Eastern Italian Alps. *Forests*, 25: 1-14.
- [24]. Ebrahimi, A., Zarei, A., McKenna, J.R., Bujdoso, G., and Woeste, K.E. (2017). Genetic diversity of Persian walnut (*Juglans regia*) in the cold-temperate zone of the United States and Europe. *Scientia Horticulturae*, 220: 36-41.

- [25]. Mamadjanov, D.K. (2001). Walnut fruit forests and diversity of walnut trees in Kyrgyzstan. *Acta Scientiarum Polonorum Horticulturae*, 705: 173-176.
- [26]. Diaz, R., Alonso, E., and Fernandez-Lopez, J. (2004). Genetic and geographic variation in seed traits of common walnut among twenty populations from the West of Spain. *Acta Scientiarum Polonorum Horticulture*, 30: 124-132.
- [27]. Jafari Sayadi, M.H., Vahdati, K., Mozafari, J., Mohajer, M.R.M., and Leslie C.A. (2012) Natural Hyrcanian populations of Persian walnut (*Juglans regia* L.) in Iran. *Acta Horticulture*, 948: 97-101.
- [28]. Saadat, Y.A., and Zandi, P. (2001). Identification and evaluation of Persian walnut elite trees in Fars province. *Pajooohesh and Sazandegi*, 52: 14-18.
- [29]. Rezaei, R., Hassani, G. H., Hassani, D., and Vahdati, K. (2008). Morpho-biological characteristics of some newly selected walnut genotypes from seedling collection of Kahriz, Orumia. *Horticultural Science*, 9(3): 205-214.
- [30]. Mahmoodi, R., Rahmani, F., and Rezaee, R. (2013). Genetic diversity among *Juglans regia* L. genotypes assessed by morphological traits and microsatellite markers. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(2): 431-437.
- [31]. Ghanbari, A., Faraji, M., Shokouhian¹, A., and Pyrayesh, A. (2018). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in the west of Meshkin-Shahr. *Journal of Nuts*, 9 (1): 57-65.
- [32]. Zare Rashnoodi, N., Erfani Moghadam, J., and Fazeli, A. (2017). Evaluation of some walnut genotypes in the west of Iran using fruit characteristics and RAPD marker. *Iranian Journal of Plant Biology*, 9(3): 1-18.
- [33]. Akca, Y., and Ozongun, S. (2004). Selection of late leafing, late flowering, laterally fruitful walnut (*Juglans regia*) types in Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 32 (4): 337-342.
- [34]. Roor, W., Konrad, H., Mamadjanov, D., and Geburek, T. (2017). Population differentiation in common walnut (*Juglans regia* L.) across major parts of its native range- insights from molecular and morphometric data. *Journal of Heredity*, 108: 391-404.
- [35]. Loewe-Muooz, V., Balzarini, V., and Gonzlez, M. (2019). Pure and mixed plantations of Persian walnut (*Juglans regia* L.) for high quality timber production in Chile, South America. *Journal of Plant Ecology*, 13(1): 12-19.
- [36]. Myers, R.K., and Fischer, B.C. (1991). Black walnut tree growth in a mixed species, upland hardwood stands in southern Indiana. In: 8th Central Hardwood Forest Conference, March 4-6, Arkansas, USA, pp. 388-394.
- [37]. Rezaei, R., and Vahdati, K. (2014). Morphological variation, heritability and phenotypic correlation of trait related to the vigor in Persian walnut. *Journal of Crop Production and Processing*, 4(12): 259-271.
- [38]. Smith, W. B., and Shifley, S. R. 1984. Diameter Growth, Survival and Volume Estimates for Trees in Indiana and Illinois. Forest Service, North Central Forest Experiment Station, 257.
- [39]. Shirley, S. R., and Smith, W. B. (1982). Diameter Growth, Survival and Volume Estimates for Missouri Trees. Forest Service, North Central Forest Experiment Station, 292.
- [40]. Simsek, M., Yilmaz, K.U., and Demirkiran, A.R. (2010). Selection and determination of some significant properties of promising walnut genotypes. *Scientific Research and Essays*, 5: 2987-2996.
- [41]. Mohni, C., Pelleri, F., and Hemery, G. E. (2009). The modern silviculture of *Juglans regia* L.: A literature review. *Die Bodenkultur*, 60(3): 21-34.
- [42]. Lefièvre, J., and Carmeille, J. 2005. Walnut pruning techniques for wood in Aquitaine. In: Hispano-French conference on walnut: the production of fruit and wood. November 22-24. La Pobla de Mafumet Tarragona, Spain.
- [43]. Fernández-Moya, J., Urbán-Martínez, I., Pelleri, F., Castro, G., Bergante, S., Giorelli, A., and Homar-Sánchez, C. (2019). Silvicultural guide to managing walnut plantations for timber production. H2020 EU project "Second generation of planted hardwood forests in the EU - Woodnat" ISBN 978-84-09-12163-2. 76 p.

- [44]. Vidal, P. (2012). Pruning and size of valuable hardwoods: pruning problem. *Forêt Entreprise*, 207: 30-33.
- [45]. Vilanova, A., Garcia-Turu, D., and Aletà, N. (2011). Evaluation of growth and production of wood in Spanish walnut fields made with hybrid offspring. Results in the semi-adult stage. *Navarra Forestal*, 28: 12-19.
- [46]. Nosenzo, A., Boetto, G., and Meloni, F. (2009). The classification of the retractable assortments as a tool for analyzing the productiveness of wood arboriculture plants. In: Proceedings of “del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani”. October 16-19, Taormina, Italy, pp. 882-888.

Investigation of genetic diversity of *Juglans regia* using quantitative and qualitative growth traits

P. Salehi Shanjani*; Assoc, Prof., Natural Resources Gene Bank, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, I.R. Iran.

M. Dadmand; Researcher, Natural Resources Gene Bank, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, I.R. Iran.

S. E. Seyedian; Researcher, Natural Resources Gene Bank, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, I.R. Iran.

L. Rasoulzadeh; Researcher, Natural Resources Gene Bank, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, I.R. Iran.

L. Falah Hoseini; Researcher, Natural Resources Gene Bank, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, I.R. Iran.

M. Ramezani Yeganeh; Researcher, Natural Resources Gene Bank, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, I.R. Iran.

M. Amirkhani; Researcher, Natural Resources Gene Bank, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, I.R. Iran.

M. R. Pahlevani; Researcher, Natural Resources Gene Bank, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, I.R. Iran.

(Received: 18 October 2020, Accepted: 20 January 2020)

ABSTRACT

Persian walnut (*Juglans regia* L.) is an economically important species cultivated worldwide for its wood and nuts. Walnut has high genetic diversity due to sexual reproduction and cross-pollination. In this study, the Genetic diversity of walnut was investigated from the wood production viewpoint. In 1999, the walnut seeds of straight and good quality trunk mother trees of three regions including Karaj (10 seeds), Baft (22 seeds) and Isfahan (22 seeds) were planted in the Forests and Rangelands Research Institute, Iran. During 1996 and 1997, the vegetative traits of 17-18 years old walnut trees, including collar diameter at 30 cm height, stem shape quality, tree height, canopy area, diameter at breast height, wood volume production and mean annual height growth were studied. Analysis of variance of studied traits indicated that there was a significant difference between regions in stem shape, canopy area and diameter at breast height. Study of different regions showed that the trees with Baft origin had higher height (3.27 m), canopy area (7.47 m²) and mean annual height growth (17.77 cm) than other Regions. However trees with Karaj origin had higher diameter at breast height (9.37 cm). The UPGMA dendrogram grouped genotypes into two groups. Genotypes of group 1 had higher wood production; however genotypes of group 2 showed higher wood quality. The results indicate considerable genetic variation among genotypes that can be useful in walnut breeding programs.

Keywords: Genetic diversity, morphological traits, Persian walnut, wood quality.

*Corresponding Author, Email: psalehi1@gmail.com, Tel: +989127931981