بررسی تنوع ژنتیکی ۳۳ ژنوتیپ بذری گردو (*Juglans regia*) با استفاده از صفات مورفولوژیکی و پومولوژیکی به منظور معرفی ژنوتیپ‌های برتر

موسی رسولی[1]*، بهمن ارشادی‌قره‌لر[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۰- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۴)

چکیده

اولین گام در برنامه‌های به‌نژادی و اصلاح گردو، استفاده از تنوع ژنتیکی موجود در بین جمعیت‌ها، ارقام و ژنوتیپ‌های موجود می‌باشد. به همین دلیل شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های برتر از جایگاه ویژه‌ای در توسعه باغ های اصلاح شده گردو دارد. در پژوهش حاضر تنوع ژنتیکی ۳۳ ژنوتیپ بذری گردو موجود در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه ملایر با استفاده از برخی صفات مورفولوژیک و پومولوژیک مورد ارزیابی قرار گرفت. بین ژنوتیپ‌های مختلف مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری از لحاظ صفات مورد بررسی مشاهده شد. ژنوتیپ‌های MKG_{112}، MKG_{65} و MKG_{105} نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دیر برگده بودند. بیشترین درصد و وزن مغز به ترتیب با ۶۷/۵۱ درصد و ۵/۹۴ گرم در ژنوتیپ MSG_{15} و کمترین وزن پوسته چوبی با ۳ گرم در ژنوتیپ شماره MKG_{82} بدست آمد. همچنین ژنوتیپ MKG_{105} بیشترین وزن تر میوه با پوست سبز را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها با ۳۳/۸۰ گرم دارا بود. کمترین و بیشترین درصد روغن به ترتیب در ژنوتیپ‌های MKG_{46} و MSG_{15} به میزان ۵۱/۹۳ و ۷۲/۹۵ درصد مشاهده شد. نتایج تجزیه همبستگی ساده صفات، وجود همبستگی مثبت و منفی معنی‌داری بین برخی از صفات رویشی، خشک میوه و مغز را نشان داد. براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، در فاصله ۵ اقلیدسی ژنوتیپ‌ها به ۵ گروه تقسیم‌بندی شدند. صفات مورد مطالعه در ۱۱ گروه عاملی قرار گرفتند که مجموعاً ۷۱/۰۱ درصد از واریانس کل را توجیه کردند. بر اساس نتایج پژوهش حاضر ژنوتیپ‌های MKG_{11}، MKG_{12}، MSG_{15}، MKG_{16}، MKG_{36}، MKG_{41}، MKG_{44}، MKG_{45}، MKG_{55}، MKG_{65}، MKG_{105} ، MKG_{111}، MKG_{112} و MKG_{114} از نظر برخی صفات مهم مثل وزن خشک میوه و مغز بهتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند که می توانند در برنامه های اصلاحی مورد استفاده بیشتری قرار بگیرند.

کلمات کلیدی: تنوع ژنتیکی، گردو، صفات مورفولوژیک، همبستگی صفات

۱- دانشیار، گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

۲- دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

* پست الکترونیک: mousarasouli@gmail.com

مقدمه

گردو گیاهی از خانواده *Juglandaceae* می‌باشد. جنس *Juglans* دارای ۲۱ گونه بوده که همگی خوراکی بوده و در بین این گونه‌ها، گردوی ایرانی (*Juglans regia* L.) از نظر تولید دانه خوراکی به عنوان بهترین گردو شناخته شده و در سطح وسیعی در نقاط مختلف دنیا کشت می‌شود (مک گراناهان و لزلی[1]، ۱۹۹۸). این‌گونه قادر به رشد در عرض های جغرافیایی ۱۰ تا ۵۰ درجه شمالی بوده و به لحاظ تولید دانه خوراکی و نیز به عنوان یک درخت جنگلی دارای چوب باارزشی می‌باشد (وحدتی، ۱۳۸۲). ایران از نظر سطح زیر کشت گردو (۱۵۷ هزار هکتار) در جهان مقام دوم و از نظر تولید بعد از چین و آمریکا، مقام سوم را داراست. متوسط عملکرد گردو در ایران حدود ۱/۵ تا ۲/۵ تن در هکتار است و تولید کل گردو در ایران ۳ میلیون تن می باشد (فائو[2]، ۲۰۱۷). گردوی تولیدی در ایران بیشتر به مصرف داخلی رسیده و تنها ۱۱ درصد از کل گردوی تولید شده به صورت مغز به کشورهای خارجی صادر می‌شود. یکی از دلایل اصلی صادرات محدود گردوی ایران، عدم یکنواختی محصول تولیدی است که دلایل آن تکثیر این گیاه با بذر و عدم استفاده از روش‌های مختلف تکثیر غیرجنسی مانند پیوند روی دانهال‌های بذری می‌باشد.

تحقیقات برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر گردو در کشور توسط عاطفی در سال ۱۹۸۴ آغاز گردید (عاطفی[3]، ۱۹۹۳) و با پژوهش‌های سایر محققین در بخش‌های مختلف کشور ادامه پیدا کرد (حق‌جویان و همکاران، ۱۳۸۴؛ ارزانی[4] و همکاران، ۲۰۰۸؛ ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۸؛ کریمی[5] و همکاران، ۲۰۱۰). حق‌جویان و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی تنوع ژنتیکی گردوهای مناطق مختلف کشور با استفاده از نشانگرهای مورفولوژیک، ۱۳۸ ژنوتیپ گردوی تویسرکان و چهار کلکسیون کرج، شاهرود، ارومیه و مشهد را از نظر ۱۶ صفت مورفولوژیک مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش‌های ایشان نشان داد که بیشترین تشابه بین ژنوتیپ‌های شماره ۴۳ و ۴۴ وردآورد تویسرکان و ژنوتیپ ۷۸ و ۸۴ مشهد به ترتیب با نام‌های $K_{21/2}$ و $K_{21/1}$ وجود داشت. ایشان درصد مغز و متوسط وزن مغز تک میوه را در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی به ترتیب، ۶۴-۲۴ درصد و ۱۴/۱-۱/۴۲ گرم گزارش کردند. ارزانی و همکاران (۲۰۰۸) نیز به منظور ارزیابی ژنوتیپ‌های برتر گردو در منطقه تفت استان یزد، ۵۸ ژنوتیپ را پس از غربال‌گری بر اساس وزن مغز و عدم تظاهر علائم بلایت مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس گزارش ایشان، دامنه تغییرات وزن میوه، وزن مغز، درصد مغز و ضخامت پوست در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به ترتیب ۱۵/۲-۶ گرم، ۹/۱-۲/۶ گرم، ۷۹/۶-۳۸/۴ درصد و ۱/۴-۰/۴ میلی‌متر بود. همچنین ژنوتیپ‌های AA_{33}، AA_{35}، AA_{115}، AA_{110} و AA_{150} به عنوان ژنوتیپ‌های برتر گردو در منطقه تفت معرفی شدند که وزن مغز و درصد مغز در آن‌ها به ترتیب بین ۹/۱-۶ گرم و ۷۹/۶-۴۶/۳ درصد بود. تحقیقات متعددی نیز در نقاط مختلف دنیا، به منظور ارزیابی مورفولوژیک ژنوتیپ‌های گردو انجام شده است. پژوهش-های انجام شده روی ژنوتیپ‌های گردو در منطقه گواس واقع در شرق آنتالیا ترکیه نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های برتر وزن میوه بین ۱۷/۰۴-۱۰/۳۸ گرم، وزن مغز ۷/۸۸-۵/۸۵، ضخامت پوست سخت بین ۱/۷۵-۰/۸۶ میلی‌متر، درصد مغز بین ۵۹/۲۷-۴۵/۰۹ درصد متغیر بود (یارلگاس[6] و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج تحقیقات انجام شده روی ۵۸ ژنوتیپ بذری گردو در منطقه هیماچال پرادش هندوستان نیز نشان داد که وزن میوه و مغز به ترتیب بین ۲۰/۵۵-۶/۴ و ۷/۱-۱/۵ گرم و درصد مغز بین ۶۲/۵-۱۲ درصد متغیر بود (شارما و شارما[7]، ۲۰۰۱ب). همچنین تحقیقات وسیعی در زمینه انتخاب ژنوتیپ‌های مرغوب گردو از بین توده‌های بذری در اروپا و آمریکا انجام شده و ارقام معروفی نیز در اثر انتخاب و ارزیابی ژنوتیپ‌ها بذری معرفی شده‌اند. بر اساس گزارشات ویلیام‌مک[8] (مک‌گراناهان و لزلی[9]، ۱۹۹۸) از بین توده‌های بذری گردو در کالیفرنیا، رقم یورکا[10]، همچنین جورج[11] (مک‌گراناهان و لزلی، ۱۹۹۸) رقم پاین[12] معرفی شده است.

1. McGranahan and Leslie
2. FAO
3. Atefi
4. Arzani
5. Karimi
6. Yarilgac
7. Sharma and Sharma
8. Villiam Mike
9. McGranahan and Leslie
10. Eureka
11. George
12. Payne

حق‌جویان (۱۳۸۱) ژنوتیپ‌های مربوط به تویسرکان و همدان را با استفاده از صفات مورفولوژیک مورد ارزیابی قرار دادند. مک‌گراناهان و لزلی (۱۹۹۸) و عاطفی (۱۹۹۳) با بررسی صفات مورفولوژیک در بین ژنوتیپ‌های بذری گردو تنوع ژنتیکی بالایی را بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفاتی نظیر دیر برگ‌دهی، وزن تک میوه، عملکرد، درصد مغز و عادت باردهی گزارش کردند.

از اهداف بنیادی برنامه اصلاح گردو بررسی صفات مهم مانند دگرگرده‌افشانی، زمان برداشت، میزان نیاز سرمایی و جوانه‌زنی بذور، ارزیابی ویژگی‌های رشد و نموی ژنوتیپ‌های انتخاب شده در مناطق مختلف و معرفی واریته‌های جدید و قرار دادن آنها در اختیار باغداران می‌باشد (مک‌گراناهان و همکاران، ۱۹۹۸). هدف از انجام این تحقیق بررسی تنوع ژنتیکی ۳۳ ژنوتیپ بذری گردو با استفاده از ۶۷ صفت فنولوژیک و مورفولوژیک جهت انتخاب ژنوتیپ‌های برتر برای استفاده در برنامه اصلاحی گردو بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال‌های ۱۳۹۶- ۱۳۹۵ در باغ تحقیقاتی دانشگاه ملایر واقع در استان همدان اجرا شد. این باغ در ۲۵ کیلومتری ملایر در جاده ملایر- بروجرد با موقعیت طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه، واقع شده است و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۲۵ متر و متوسط بارندگی آن ۲۴۲ میلی‌متر در سال می باشد. در این مطالعه ۳۳ ژنوتیپ بذری از لحاظ ۶۷ صفت مختلف کمی و کیفی مورد بررسی قرار گرفتند (جدول۱). ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شماره‌گذاری و کدگذاری شدند (MKG = ژنوتیپ کهکدان ملایر و MSG = ژنوتیپ سامن ملایر به همراه شماره درخت)، (جدول ۲) و در مورد هر ژنوتیپ بررسی‌های مربوط به صفات مورفولوژیک با استفاده از توصیف‌نامه بین‌المللی (IPGRI) با اندکی تغییرات انجام شد (جدول۱). در این بررسی برخی صفات مانند زمان باز شدن برگ‌ها، گل‌های نر و ماده برحسب تعداد روز در مقایسه با درخت شاخص (اولین درختی که گل و برگ‌های آن ظاهر می‌شود) ارزیابی گردید. برای صفات مربوط به میوه، ۵۰ عدد دانه از هر ژنوتیپ به صورت تصادفی انتخاب و وزن دانه و مغز آنها ثبت گردید. سپس مشخصات مربوط به هر ژنوتیپ از قبیل قطر و طول دانه با استفاده از کولیس و صفات کیفی بر اساس توصیفگر ارزیابی شدند.

جهت اندازه‌گیری میزان روغن نمونه‌ها از دستگاه سوکسله (مدل دستگاه SX100-G، شرکت سازنده Bakhshi، کشور ایران) به روش رسولی و ایمانی (۲۰۱۶) استفاده شد. برای اندازه‌گیری میزان روی، آهن، منگنز و بر از دستگاه جذب اتمی (مدل S – ConterAA 700 ساخت کشور Anlytik Jena آلمان) به روش چامپان[1] و همکاران (۱۹۸۲) استفاده شد. میزان فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (یونیکو uv, vis۲۱۰۰) و مطابق روش عبدالشافی[2] و همکاران (۱۹۹۴) انجام شد. سنجش میزان ترکیبات فنلی پوست سبز گردو با استفاده از معرف فولین سیو کالتیو و مطابق روش سیداد هارجو[3] و همکاران (۲۰۰۲) انجام شد.

فراوانی و آمار توصیفی صفات، همبستگی ساده بین صفات، تجزیه کلاستر و تجزیه به عامل‌ها با استفاده از نرم افزارهای SPSS (Version 21.0) و SAS (Version 9.1) انجام گردید. محاسبه ضریب تغییرات (CV)[4] از تقسیم انحراف معیار هر صفت بر میانگین آن صفت صورت گرفت. با استفاده از تکنیک چرخش عامل‌ها[5] و روش حداکثر واریانس[6]، تفکیک عامل‌ها انجام و در هر عامل اصلی و مستقل ضرایب عاملی ۰/۵ به بالا معنی‌دار در نظر گرفته شدند. تجزیه کلاستر و گروه‌بندی ارقام و ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش وارد[7] و یا حداقل واریانس و بر مبنای مربع فاصله اقلیدسی[8] و محاسبه فواصل بعد از نرمال کردن داده‌ها انجام گرفت (رسولی و همکاران، ۱۳۹۱).

نتایج و بحث

آمار توصیفی صفات

بر اساس نتایج، صفاتی مثل طول برگ، طول و عرض میوه با پوست، وزن پوست چوبی بین مغز، وزن خشک پوست سبز، پروتئین و میزان فنل کل در بین ژنوتیپ‌ها تنوع بالایی

1. Champan
2. Abdel–Shafey
3. Sidad Harjo
6. Coefficient of variation
7. Factor rotation
8. Varimax
9. Ward Method
10. Squared Euclidean distance

جدول ۱- صفات مورفولوژیک و پومولوژیک اندازه‌گیری شده در ۳۳ ژنوتیپ گردو

شماره	صفت اندازه‌گیری شده	واحد	روش اندازه‌گیری
1	درخت : قدرت رشدی	کد	۳= ضعیف، ۵= متوسط، ۷= قوی، ۹= خیلی قوی
2	درخت: عادت رشدی	کد	۱= مستقیم، ۲= نیمه مستقیم، ۳= گسترده
3	درخت : تراکم شاخه‌ها	کد	۱= خیلی باز، ۳= باز، ۵ بینابین، ۷= متراکم، ۹= خیلی متراکم
4	شاخه‌های یکساله: رنگ	کد	۱= زرد تیره، ۲= قهوه‌ای روشن، ۳= قهوه‌ای سبز، ۴= متمایل به سیاه
5	برگ: شکل برگچه‌های جانبی	کد	۱= بیضی باریک، ۲= بیضی، ۳= بیضی پهن
6	گل: تعداد گل آذین نر	کد	۳= کم، ۵= متوسط، ۷= زیاد
7	فندقه : اندازه	کد	۱= خیلی کوچک، ۳= کوچک، ۵= متوسط، ۷= بزرگ، ۹= خیلی بزرگ
8	فندقه: شکل در مقطع طولی منطبق بر درز میوه	کد	۱= دایره‌ای، ۲= مثلثی، ۳= تخم‌مرغی پهن، ۴= تخم‌مرغی، ۵= ذوزنقه‌ای پهن، ۶= ذوزنقه‌ای، ۷= بیضی پهن، ۸= بیضی
9	فندقه: شکل در مقطع طولی عمود بر درز میوه	کد	۱= دایره‌ای، ۲= مثلثی، ۳= تخم‌مرغی پهن، ۴= تخم‌مرغی، ۵= ذوزنقه‌ای پهن، ۶= ذوزنقه‌ای، ۷= بیضی پهن، ۸= بیضی، ۹= قلبی
10	فندقه : شکل در مقطع عرضی	کد	۱= کروی پخ، ۲= کروی، ۳= بیضی
11	فندقه: شاخص گرد بودن	کد	۱= خیلی کم، ۳= کم، ۵= متوسط، ۷= زیاد، ۹= خیلی زیاد
12	فندقه: شکل ته فندقه، عمودبر درز طولی	کد	۱= مثلثی باریک، ۲= گرد، ۳= تخت، ۴= لبه‌دار
13	فندقه: شکل نوک فندقه عمود بر درز طولی	کد	۱= نوک‌تیز، ۲= گرد، ۳= تخت، ۴= لبه‌دار
14	فندقه : میزان برجستگی نوک	کد	۳= کم، ۵= متوسط، ۷= زیاد
15	فندقه: محل قرار گرفتن لبه برچه‌ها روی شکاف طولی	کد	۱= در نیمه بالایی، ۲= در دو سوم بالایی، ۳= در تمام طول
16	فندقه: میزان برجستگی لبه برچه‌ها روی درز طولی	کد	۳= کم، ۵= متوسط، ۷= زیاد
17	فندقه: عرض لبه برچه روی شکاف طولی	کد	۳= باریک ، ۵= متوسط، ۷= پهن
18	فندقه: عمق شکاف در طول برچه روی درز	کد	۳= سطحی ، ۵= متوسط، ۷= عمیق
19	فندقه: ساختمان سطحی پوسته چوبی	کد	۱= شیار اندک، ۲= شیار متوسط، ۳= شیار زیاد، ۴= شیار گسترده
20	فندقه: ضخامت پوسته چوبی	کد	۱= خیلی نازک، ۳= نازک، ۵= متوسط، ۷= ضخیم
21	فندقه: چسبندگی دو نیمه پوست چوبی	کد	۱= خیلی کم، ۳= کم، ۵= متوسط، ۷= زیاد، ۹= خیلی زیاد
22	فندقه: ضخامت غشاهای جداکننده اولیه و ثانویه	کد	۳= نازک، ۵= متوسط، ۷= ضخیم
23	مغز: سهولت جدا شدن	کد	۱= خیلی راحت، ۳= راحت، ۵= بینابین، ۷= سخت
24	مغز: شدت رنگ زمینه	کد	۱= خیلی روشن، ۳= روشن، ۵= متوسط، ۷= تیره
25	مغز: اندازه	کد	۱= خیلی کوچک، ۳= کوچک، ۵= متوسط، ۷= بزرگ، ۹= خیلی بزرگ
26	مغز: درصد وزن مغز به وزن کل فندقه	کد	۱= خیلی کم، ۳= کم، ۵= متوسط، ۷= زیاد، ۹= خیلی زیاد
27	میوه: زمان رسیدن	کد	۳= زود، ۴= زود تا متوسط، ۵= متوسط، ۶= متوسط تا دیر،۷=دیر
28	برگ: زمان خزان	کد	۳= زود، ۵= متوسط، ۷= دیر
29	برگ: دوام دمبرگ اصلی	کد	۱= بی دوام، ۲= با دوام
30	پوشش سبز فندقه: ماندگاری روی درخت بعد از افتادن	کد	۱= بدون ماندگاری، ۲= نیمه ماندگاری، ۳= ماندگاری کامل
31	زمان باز شدن جوانه‌های برگ	کد	۱= خیلی زود، ۲= خیلی زود تا زود، ۳= زود، ۴= زود تا متوسط، ۵= متوسط، ۶= متوسط تا دیر، ۷= دیر، ۸= دیر تا خیلی دیر، ۹= خیلی دیر
32	زمان ظهور گل نر	کد	۱= خیلی زود، ۲= خیلی زود تا زود، ۳= زود، ۴= زود تا متوسط، ۵= متوسط، ۶= متوسط تا دیر، ۷= دیر، ۸= دیر تا خیلی دیر، ۹= خیلی دیر
33	زمان ظهور گل ماده	کد	۱= خیلی زود، ۲= خیلی زود تا زود، ۳= زود، ۴= زود تا متوسط، ۵= متوسط، ۶= متوسط تا دیر، ۷= دیر، ۸= دیر تا خیلی دیر، ۹= خیلی دیر
34	خزان	روز	روز از زمان ریزش برگ درخت شاخص
35	گلدهی گل ماده	روز	روز از زمان باز شدن گل ماده درخت شاخص
36	گلدهی گل نر	روز	روز از زمان باز شدن گل نر درخت شاخص

ادامه جدول ۱- صفات مورفولوژیک و پومولوژیک اندازه‌گیری شده در ۳۳ ژنوتیپ گردو

شماره	صفت اندازه‌گیری شده	واحد	روش اندازه‌گیری
37	زمان باز شدن جوانه برگ	روز	روز از زمان باز شدن درخت شاخص
38	درصد مغز	درصد	وزن ده عدد مغز به ده عدد خشک میوه
39	وزن خشک پوست	گرم	ترازوی دیجیتال
40	وزن خشک مغز	گرم	ترازوی دیجیتال
41	وزن چوبی بین مغز	گرم	ترازوی دیجیتال
42	وزن تر مغز	گرم	ترازوی دیجیتال
43	وزن پوسته چوبی	گرم	ترازوی دیجیتال
44	عرض گردو بدون پوست	میلی‌متر	کولیس
45	طول گردو بدون پوست	میلی‌متر	کولیس
46	وزن پوست سبز تر	گرم	ترازوی دیجیتال
47	وزن میوه با پوست	گرم	ترازوی دیجیتال
48	وزن میوه بدون پوست	گرم	ترازوی دیجیتال
49	عرض گردو با پوست	میلی‌متر	کولیس
50	طول گردو با پوست	میلی‌متر	کولیس
51	عرض برگ	میلی‌متر	خط کش
52	طول برگ	میلی‌متر	خط کش
53	طول دمبرگ	میلی‌متر	خط کش
54	خسارت گل نر	روز	روز از زمان خسارت درخت شاخص
55	طول گل نر	میلی‌متر	خط کش
56	عرض گل نر	میلی‌متر	خط کش
57	زمان رسیدن میوه	روز	روز از زمان رسیدن درخت شاخص
58	روغن	درصد	دستگاه سوکسله
59	پروتئین	درصد	دستگاه کجلدال
60	آهن	میلی‌گرم / ۱۰۰ گرم	دستگاه جذب اتمی
61	منیزیم	میلی‌گرم / ۱۰۰ گرم	دستگاه جذب اتمی
62	منگنز	میلی‌گرم/ ۱۰۰ گرم	دستگاه جذب اتمی
63	روی	میلی‌گرم / ۱۰۰ گرم	دستگاه جذب اتمی
64	سدیم	میلی‌گرم/ ۱۰۰ گرم	دستگاه فلیم
65	پتاسیم	میلی‌گرم / ۱۰۰ گرم	دستگاه فلیم
66	فسفر	میلی‌گرم/ ۱۰۰ گرم	دستگاه اسپکتروفتومتر
67	فنل کل	میلی‌گرم / گرم	دستگاه اسپکتروفتومتر

جدول۲- اسامی و کد ژنوتیپ‌های گردو مورد بررسی

ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ
1	MKG_{58}	7	MKG_{11}	13	MKG_{40}	19	MKG_{43}	25	MKG_{6}	31	MKG_{105}
2	MKG_{111}	8	MKG_{86}	14	MKG_{89}	20	MKG_{55}	26	MKG_{82}	32	MKG_{44}
3	MSG_{15}	9	MKG_{41}	15	MKG_{100}	21	MKG_{16}	27	MKG_{63}	33	MKG_{80}
4	MKG_{112}	10	MKG_{65}	16	MKG_{19}	22	MKG_{81}	28	MKG_{46}		
5	MKG_{98}	11	MKG_{45}	17	MKG_{42}	23	MKG_{12}	29	MKG_{30}		
6	MKG_{114}	12	MKG_{36}	18	MKG_{101}	24	MKG_{47}	30	MKG_{113}		

را نشان دادند و دارای ضرایب تغییرات بالایی بودند (جدول ۴). با توجه به وجود تنوع در صفات مورد بررسی امکان انتخاب برای مقادیر مختلف یک صفت وجود دارد. همچنین جهت تجزیه و بررسی آماری دقیق‌تر می‌توان از صفات دارای تنوع بالا به منظور ارزیابی ژنوتیپ‌ها استفاده نمود. زودترین زمان باز شدن جوانه‌های برگ در تاریخ ۷ فروردین

سال ۱۳۹۵ در ژنوتیپ‌های MKG_{41} و MKG_{42} (کد ۱) و دیرترین زمان باز شدن برگ در ۲۵ فروردین سال ۱۳۹۵ در ژنوتیپ MKG_{11} (کد ۷) مشاهده شد. زمان باز شدن گل ماده اکثراً از ۱ تا ۱۰ اردیبهشت ماه در سال ارزیابی بود. ارقام زود برگده در بهار بیشتر در معرض خطر سرمازدگی و بارندگی‌های بهاره می‌باشند که این موضوع می‌تواند در گرده‌افشانی و عملکرد آنها اختلال ایجاد کند و از طرفی به بیماری بلایت نیز حساس هستند (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۸). بیشترین درصد و وزن مغز به ترتیب با ۶۷/۵۱ درصد و ۵/۹۴ گرم در ژنوتیپ MSG_{15} و کمترین وزن پوسته چوبی با ۳ گرم در ژنوتیپ شماره MKG_{82} بدست آمد. همچنین ژنوتیپ شماره MKG_{105} بیشترین وزن میوه را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها با ۳۳/۸۰ گرم دارا بود (جدول ۵). از نظر زمان رسیدن میوه در بین کل ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ MKG_{58} زودرس‌ترین (تاریخ ۱۰ شهریور ۱۳۹۵) و ژنوتیپ-های MKG_{36} و MKG_{113} دیررس ترین (به ترتیب ۲۸ و ۳۰ شهریور ۱۳۹۵) بودند. کمترین و بیشترین درصد روغن به ترتیب در ژنوتیپ‌های MKG_{46} و MSG_{15} به میزان ۵۱/۹۳ و ۷۲/۹۵ درصد بود (جدول‌های ۳، ۴ و ۵). تنوع اساس اصلاح نباتات بوده و هر چقدر این تنوع در جمعیت مورد مطالعه بیشتر باشد، امکان گزینش ژنوتیپ‌های برتر را فراهم می‌نماید. وجود تنوع ژنتیکی بالا در مطالعات مختلفی نشان داده شده است. شاملو و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که تنوع زیادی در برخی صفات مورفولوژیکی برگ، خشک میوه و مغز مربوط به ۱۰۲ ژنوتیپ گردو ۴ منطقه استان گلستان وجود داشت که با نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر نیز مطابقت داشت و بیانگر اهمیت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش برای مطالعات تکمیلی می‌باشد.

ضرایب همبستگی ساده صفات

نتایج همبستگی صفات مورد بررسی نشان داد که بین برخی از آنها همبستگی مثبت و منفی معنی‌دار وجود داشت (جدول همبستگی ذکر نشده است). در بین صفات عرض گردو همراه با پوست با وزن تر مغز ($r_{=}$ +۰/۵۹۸) همبستگی مثبت معنی داری وجود داشت. بین صفت گلدهی گل ماده با گلدهی گل نر ($r_{=}$ +۰/۸۴۴) همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده شد. همچنین بین صفت ریزش برگ با باز شدن جوانه برگی ($r_{=}$ +۰/۷۸۵) همبستگی مثبت معنی‌داری وجود داشت. بین زمان باز شدن برگ و زمان رسیدگی میوه ($r_{=}$ +۰/۶۷۹) همبستگی مثبت معنی‌داری وجود مشاهده شد که با نتایج فورد[1] (۱۹۷۹) مطابقت داشت. بین گلدهی گل ماده با زمان رسیدگی میوه ($r_{=}$ +۰/۸۷۹) همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده گردید. بین طول گردو بدون پوست سبز تر با عرض گردو بدون پوست سبز ($r_{=}$ −۰/۴۶۴) همبستگی منفی معنی داری و همچنین بین وزن میوه بدون پوست با طول گردو بدون پوست سبز ($r_{=}$ +۰/۸۴۷) همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده شد. بین صفت وزن میوه با پوست با طول گردو با پوست ($r_{=}$ +۰/۴۷۶) همبستگی مثبت معنی داری و بین درصد وزن مغز به وزن کل فندقه با عرض گردو با پوست ($r_{=}$ −۰/۴۸۰) همبستگی منفی معنی‌داری مشاهده شد. بین طول گردو بدون پوست سبز با سهولت جدا شدن مغز ($r_{=}$ +۰/۵۱۵) همبستگی مثبت معنی‌داری به دست آمد. نتایج ذکر شده با یافته‌های برخی از محققین که همبستگی بین صفات مختلف مربوط به میوه گردو را گزارش کرده بودند، مطابقت داشت (کرامتلو و همکاران، ۱۳۹۵؛ مک گراناهان و همکاران، ۱۹۹۸؛ اسکندری[2] و همکاران، ۲۰۰۵؛ ارزانی و همکاران، ۲۰۰۸). همبستگی بالا و معنی‌دار بین برخی صفات امکان گزینش ژنوتیپ‌ها با کمک صفاتی که همبستگی بالای با آنها را دارند را فراهم می‌کند.

تجزیه به عامل‌ها

جدول ۶ مقادیر ویژه، درصد واریانس و واریانس تجمعی ۱۱ فاکتور اول تجزیه به عامل‌ها را نشان می‌دهد که در بین آنها عامل‌های اول، دوم و سوم، بیشترین سهم را در توجیه واریانس نشان دادند. میزان واریانس نسبی هر عامل نشان دهنده اهمیت آن عامل در واریانس کل صفات مورد بررسی است و به صورت درصد بیان شده است. در تجزیه به عامل ها، مجموعاً ۱۱ عامل اصلی و مستقل که مقادیر ویژه آنها بیشتر از یک بودند، توانستند مجموعاً ۷۱/۰۱ درصد واریانس کل را توجیه نمایند. برخی از صفات مورد ارزیابی مثل عرض گل نر، زمان رسیدن میوه، زمان ریزش برگ، طول دمبرگ، وزن میوه بدون پوست، طول و عرض گردو بدون پوست، ضخامت پوسته چوبی، وزن پوسته چوبی و درصد وزن مغز به وزن کل فندقه در عامل اول قرار گرفتند که ۱۳/۷۷ درصد از سهم واریانس را شامل شدند. صفاتی

1. Forde

2. Eskandari

چون اندازه فندقه، شکل ته فندقه عمود بر درز طولی و وزن تر مغز همراه برخی دیگر از صفات در عامل دوم قرار گرفتند که ۹/۸۷ درصد از سهم واریانس را شامل شدند. برخی خصوصیات مغز، زمان رسیدن میوه، وزن خشک میوه و زمان خزان برگ که در دو گروه عاملی یک و دو قرار گرفتند، بیشترین نقش را در تفکیک ژنوتیپ‌ها از یکدیگر داشتند. این دو عامل مجموعاً ۲۳/۶۴ درصد از سهم کل واریانس را به خود اختصاص دادند. تاریخ رسیدن میوه زمانی در نظر گرفته می‌شود که رنگ پوست سخت میوه تبدیل به قهوه‌ای گردد. تاریخ برداشت میوه زمان شکاف خوردن پوست سبز می‌باشد. در حال حاضر دیر برگدهی، زودرسی، عملکرد بالا و کیفیت محصول از اهداف مهم در به نژادی گردو به شمار می‌آید (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۸). صفاتی مثل زمان ظهور گل نر و وزن پوست سبز تر در گروه سوم قرار گرفتند و ۹/۱۸ درصد از کل واریانس را به خود اختصاص دادند و صفاتی مثل عرض لبه برچه روی درز طولی و میزان برجستگی لبه برچه‌ها روی درز طولی در گروه چهارم قرار گرفتند و ۶/۳۴ درصد سهم کل واریانس را شامل شد.

عامل پنجم شامل شکل طولی فندقه عمود بر درز میوه و میزان منگنز مغز میوه بود که ۵/۹۵ درصد از سهم کل واریانس را شامل شد. صفت دوام دمبرگ اصلی در گروه ششم قرار گرفت و ۵/۵۸ درصد از سهم کل واریانس را به خود اختصاص داد. شکل برگچه‌های جانبی و آهن در عامل هفتم قرار گرفتند و ۴/۹۱ درصد از سهم واریانس کل مربوط به آنها بود. در عامل هشتم صفت میزان سدیم قرار گرفت و ۴/۳۶ درصد از سهم کل واریانس را توجیه کرد. میزان پروتئین در عامل نهم با سهم ۴/۰۴ درصد از سهم کل واریانس قرار گرفت. صفت ماندگاری پوسته سبز فندقه در عامل دهم با ۳/۷۲ درصد از کل سهم واریانس قرار گرفت. در عامل یازدهم صفت میزان عنصر روی قرار گرفت و ۳/۲۹ درصد از سهم کل واریانس را به خود اختصاص داد.

نتایج برخی از محققین نشان داد که صفاتی که در مؤلفه اول و دوم قرار می‌گیرند، اهمیت بیشتری داشته و درصد بالای از واریانس را توجیه می‌کنند دو مؤلفه اصلی اول، به طور تجمعی ۹۹/۸۷ درصد تغییرات داده‌های اولیه را توجیه کردند (حق جویان و همکاران، ۱۳۸۴) که این دو مؤلفه برای نمایش گرافیکی پراکنش ژنوتیپ‌ها استفاده شدند. این دو مؤلفه صفات درصد مغز، طول و قطر میوه، وزن میوه و درصد پوست چوبی را در بر گرفت که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت داشت. پایین بودن سهم درصد تغییرات دو مؤلفه در این پژوهش نسبت به مطالعه حق‌جویان و همکاران (۲۰۰۵)، می تواند بدلیل تفاوت در تعداد و نوع صفات مورد مطالعه، تعداد ژنوتیپ‌ها و تفاوت میزان تنوع ژنتیکی نمونه-های مورد مطالعه در دو پژوهش باشد. همچنین در تحقیق دیگر نتایج نشان داد که عامل اول ۲۹/۲ درصد و عامل دوم ۱۷/۵۳ درصد از واریانس کل را توجیه کردند (پوپ[1] و همکاران، ۲۰۱۳). در تحقیق ایشان صفات مربوط به میوه و مغز از صفات اثرگذاری در عامل اول بودند که با نتایج آزمایش حاضر همسو می‌باشد.

تجزیه کلاستر

در این تحقیق، تجزیه کلاستر بر اساس تمام صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۱) به روش وارد[2] صورت گرفت (شکل ۱). در فاصله ۲۵ اقلیدسی ژنوتیپ‌ها به دو گروه اصلی تقسیم‌بندی شدند. از عوامل مهم تفکیک ژنوتیپ‌ها از یکدیگر در این فاصله صفاتی مثل عرض گل نر، وزن میوه با پوست و بدون پوست، وزن پوست سبز تر، وزن پوسته چوبی، وزن خشک پوست، شکل فندقه در مقطع طولی منطبق بر درز میوه، ضخامت پوسته چوبی، محل قرار گرفتن لبه برچه‌ها روی شکاف طولی، اندازه مغز و وزن تر مغز بودند. از مهم ترین صفات در برنامه‌های به نژادی گردو، صفات میوه هستند. این صفات کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی و سن درخت قرار می‌گیرند (شارما و شارما، ۱۹۹۸). در فاصله ۵ اقلیدسی، ژنوتیپ‌ها به پنج گروه اصلی تقسیم‌بندی شدند که از عوامل مهم تفکیک ژنوتیپ‌ها از یکدیگر در این فاصله صفاتی مثل زمان باز شدن جوانه‌های برگ، زمان باز شدن گل نر، طول برگ، زمان رسیدن میوه، طول و عرض گردو با پوست، وزن میوه با پوست و بدون پوست، وزن پوست سبز، طول گردو بدون پوست، وزن خشک پوست سبز، وزن پوسته چوبی، اندازه فندقه، عمق شکاف در طول برچه روی درز، ضخامت پوسته چوبی، چسبندگی دو نیمه پوست چوبی، سهولت جدا شدن مغز، رنگ مغز، اندازه مغز و وزن تر مغز بودند.

1. Pop

2. Ward

جدول ۳- حداقل، حداکثر، میانگین و واریانس صفات کیفی مورد بررسی در ۳۳ ژنوتیپ بذری گردو

شماره	صفت	حداقل	حداکثر	میانگین	واریانس
1	درخت: قدرت رشدی	3.00	9.00	6.45	2.56
2	درخت: عادت رشدی	1.00	3.00	2.09	0.89
3	درخت: تراکم شاخه‌ها	1.00	9.00	4.75	6.68
4	شاخه‌های یک‌ساله: رنگ	1.00	4.00	3.00	1.31
5	برگ: شکل برگچه‌های جانبی	1.00	3.00	1.63	0.30
6	گل: تعداد گل آذین نر	3.00	7.00	4.75	1.68
7	فندقه: اندازه	3.00	9.00	5.66	2.66
8	فندقه: شکل در مقطع طولی منطبق بر درز میوه	1.00	7.00	2.24	4.00
9	فندقه: شکل در مقطع طولی عمود بر درز میوه	1.00	8.00	3.15	4.25
10	فندقه: شکل در مقطع عرضی	1.00	3.00	2.06	0.18
11	فندقه: شاخص گرد بودن	1.00	9.00	5.39	5.62
12	فندقه: شکل ته فندقه، عمود بر درز طولی	2.00	4.00	2.69	0.40
13	فندقه: شکل نوک فندقه عمود بر درز طولی	1.00	4.00	2.39	0.87
14	فندقه: میزان برجستگی نوک	3.00	7.00	4.45	2.31
15	فندقه: محل قرار گرفتن لبه برچه‌ها روی شکاف طولی	1.00	5.00	2.30	0.78
16	فندقه: میزان برجستگی لبه برچه‌ها روی درز طولی	2.00	7.00	4.48	2.38
17	فندقه: عرض لبه برچه روی شکاف طولی	2.00	7.00	4.48	2.13
18	فندقه: عمق شکاف در طول برچه روی درز	3.00	7.00	4.93	2.12
19	فندقه: ساختمان سطحی پوسته چوبی	1.00	3.00	1.72	0.51
20	فندقه: ضخامت پوسته چوبی	1.00	7.00	5.06	2.37
21	فندقه: چسبندگی دو نیمه پوست چوبی	1.00	9.00	4.69	4.78
22	فندقه: ضخامت غشاهای جداکننده اولیه و ثانویه	3.00	7.00	3.90	2.27
23	مغز: سهولت جدا شدن	1.00	7.00	4.21	3.23
24	مغز: شدت رنگ زمینه	1.00	7.00	3.78	3.48
25	مغز: اندازه	3.00	9.00	5.90	1.52
26	مغز: درصد وزن مغز به وزن کل فندقه	1.00	9.00	4.09	5.52
27	میوه: زمان رسیدن	3.00	6.00	4.48	1.07
28	برگ: زمان خزان	3.00	7.00	5.12	1.23
29	برگ: دوام دمبرگ اصلی	1.00	2.00	1.78	0.17
30	پوشش سبز فندقه: ماندگاری روی درخت بعد از افتادن	1.00	3.00	2.57	0.43
31	زمان باز شدن جوانه های برگ	1.00	6.00	4.57	2.43
32	زمان ظهور گل نر	1.00	6.00	5.12	1.73
33	زمان ظهور گل ماده	1.00	7.00	4.09	5.77

در گروه اول ژنوتیپ‌های MKG_{55}، MKG_{44}، MKG_{111}، MKG_{16}، MKG_{11}، MKG_{65}، MKG_{45}، MKG_{36}، MKG_{112}، MKG_{12}، MKG_{114}، MKG_{41}، MKG_{105} و MSG_{15} قرار گرفتند (شکل ۱). به طور کلی این ژنوتیپ‌ها از نظر بیشتر صفات اندازه‌گیری شده بخصوص صفات مربوط به میوه و مغز مشابه هم بودند. ژنوتیپ‌های این گروه دارای خصوصیات ضخامت پوسته چوبی (متوسط)، وزن میوه با پوست (نسبتاً بالا)، وزن پوست سبز (زیاد)، وزن بالای میوه بدون پوست، وزن پوسته چوبی (بالا)، وزن خشک پوست (زیاد) و باز شدن دیرهنگام گل نر بودند. یونگ‌مینگ[1] و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی انواع دیکوگامی در گردو، صفت پروتاندری را بیشتر از سایر صفات مشاهده کردند به طوری که در هشت رقم گردوی مورد بررسی بیان کردند که دو رقم هموگام و بقیه پروتاندر بودند. در بررسی دیگری روی نه رقم گردو همگی این درختان پروتاندر بودند (پاندی و تومر[2]، ۲۰۱۲).

گروه دوم، تنها شامل ژنوتیپ MKG_{58} بود (شکل۱). این ژنوتیپ دارای بیشترین طول برگ (با ۳۸۴ میلی‌متر)، وزن

1. Yong Ming
2. Pandey and Tomar

جدول۴- حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیار، واریانس و ضریب تغییرات صفات کمی مورد بررسی در ۳۳ ژنوتیپ بذری گردو

شماره	صفت	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	واریانس	ضریب تغییرات (درصد)
1	طول دمبرگ	54.00	90.00	71.33	10.26	105.35	14.38
2	طول برگ	64.00	384.00	175.81	49.20	2421.15	**27.98**
3	عرض برگ	63.00	101.00	80.51	10.00	100.07	12.46
4	طول گل نر	50.00	108.00	78.54	13.35	178.25	16.98
5	عرض گل نر	6.00	15.00	10.54	2.46	6.06	23.33
6	طول گردو با پوست	13.13	50.80	36.30	12.52	156.93	**34.49**
7	عرض گردو با پوست	13.15	47.18	35.07	11.89	141.38	**33.90**
8	وزن میوه با پوست	21.08	33.80	27.42	3.47	12.10	12.65
9	پوست سبز تر	5.40	21.86	15.69	3.66	13.45	23.32
10	وزن میوه بدون پوست	6.80	16.66	10.46	1.97	3.91	18.83
11	طول گردو بدون پوست	22.80	40.63	32.17	3.98	15.84	12.37
12	عرض گردو بدون پوست	28.02	49.60	32.13	3.55	12.65	11.03
13	وزن پوسته چوبی	3.00	9.90	5.62	1.49	2.22	26.51
14	وزن تر مغز	2.20	5.94	4.35	0.66	0.43	15.17
15	وزن چوبی بین مغز	0.10	0.98	0.43	0.29	0.86	**67.44**
16	وزن خشک مغز	1.65	4.07	3.30	0.50	0.25	15.15
17	وزن خشک پوست	1.54	12.66	4.53	2.26	5.13	**49.88**
18	درصد مغز	29.24	67.51	42.45	7.98	63.76	18.80
19	باز شدن جوانه برگی	86.00	104.00	97.45	4.88	23.81	5.07
20	گلدهی گل نر	92.00	110.00	105.60	5.08	25.87	4.81
21	خسارت گل نر	24.00	70.00	39.66	13.01	169.41	**32.79**
22	گلدهی گل ماده	101.00	119.00	113.81	5.93	35.27	5.21
23	زمان رسیدن میوه	239.00	259.00	246.27	5.41	29.33	2.19
24	زمان خزان	296.00	322.00	307.00	7.870	61.93	2.56
25	روغن	51.60	72.95	59.99	4.65	21.68	7.75
26	پروتئین	12.80	55.12	17.40	7.09	50.31	**40.75**
27	آهن	1.19	3.10	2.25	0.65	0.42	**28.89**
28	منیزیم	121.00	188.00	154.78	20.55	422.36	13.27
29	منگنز	2.01	3.90	2.57	0.46	0.21	17.90
30	روی	1.66	3.06	2.20	0.40	0.16	18.18
31	سدیم	1.41	2.37	1.78	0.28	0.08	15.73
32	پتاسیم	401.00	493.00	444.27	25.25	637.70	5.68
33	فسفر	276.00	353.00	297.87	23.41	548.04	7.85
34	فنل کل	26.25	58.75	43.14	10.08	101.66	**23.36**

میوه با پوست متوسط (با میانگین۲۷/۴۲ گرم)، بالاترین طول گردو بدون پوست سبز (با میانگین۴۰/۶۳ میلی‌متر) و با پوست سبز (میانگین۵۰/۸۰ میلی‌متر)، بیشترین عرض گردو با پوست سبز (با میانگین ۴۴/۶۴ میلی‌متر)، اندازه فندقه خیلی بزرگ، عمق شکاف در طول برچه روی درز (عمیق)، چسبندگی دو نیمه پوست چوبی (متوسط)، رنگ

جدول ۴- برخی ویژگی‌های مهم مورفولوژیکی و پومولوژیکی اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌های مورد بررسی

ردیف	ژنوتیپ	قدرت رشدی درخت	تراکم شاخه ها	تعداد گل آذین نر	اندازه فندقه	ضخامت پوسته چوبی	چسبندگی دو نیمه پوست چوبی	رنگ مغز	درصد مغز	وزن تر مغز	طول گردو با پوست	عرض گردو با پوست	ساختمان سطحی پوسته چوبی	زمان رسیدن میوه	زمان ظهور گل ماده	زمان ظهور گل نر	باز شدن جوانه برگی	ریزش برگ	درصد روغن
		کد code	کد code	کد code	کد code	کد code	کد code	کد code	درصد (٪)	گرم (gr)	میلیمتر (ml)	میلیمتر (ml)	کد code	کد code	کد code	کد code	کد code	کد code	درصد (٪)
1	MKG_{58}	7	7	7	9	5	7	5	45.82	4.67	50.80	44.64	1	3	7	4	1	5	59.40
2	MKG_{111}	9	7	5	7	5	5	7	39.90	4.20	46.79	47.04	2	3	1	5	4	5	66.30
3	MSG_{15}	9	9	3	7	5	5	5	67.51	5.94	40.30	40.10	1	4	7	5	4	5	72.95
4	MKG_{112}	5	1	5	7	7	5	5	40.52	5.13	49.84	45.70	1	5	5	6	6	5	62.76
5	MKG_{98}	7	5	5	7	5	9	7	36.88	3.93	41.83	43.09	1	4	7	4	4	5	61.46
6	MKG_{114}	5	3	5	7	7	7	1	42.95	4.86	17.19	17.88	3	5	1	6	5	5	59.43
7	MKG_{11}	9	3	7	9	7	7	5	38.05	4.54	23.90	24.22	3	6	3	6	6	3	58.00
8	MKG_{86}	5	5	5	5	5	5	3	42.86	3.94	43.97	41.10	1	3	1	6	4	3	63.96
9	MKG_{41}	3	3	5	3	7	5	1	29.27	4.33	18.46	17.00	3	3	5	1	1	5	60.46
10	MKG_{65}	7	3	5	7	5	3	5	37.63	3.93	15.20	13.15	3	5	7	6	6	5	62.70
11	MKG_{45}	5	1	3	9	5	9	7	43.30	4.73	16.50	16.12	1	6	7	6	6	5	55.10
12	MKG_{36}	5	5	3	3	7	7	7	39.88	5.15	16.60	13.70	3	6	5	6	6	3	64.66
13	MKG_{40}	5	3	3	3	3	3	1	32.46	2.20	16.94	15.79	1	5	3	6	6	3	57.53
14	MKG_{89}	7	1	5	5	3	3	3	45.66	3.74	13.13	24.09	1	6	3	6	6	5	55.70
15	MKG_{100}	9	5	3	5	5	3	5	39.38	4.06	14.31	23.70	2	6	1	6	6	5	59.80
16	MKG_{19}	5	3	5	5	5	5	5	39.93	4.07	39.47	25.79	2	5	7	6	6	5	51.60
17	MKG_{42}	5	9	5	7	3	1	3	51.28	4.00	39.03	21.08	2	5	3	4	4	7	61.76
18	MKG_{101}	7	7	5	5	5	7	5	39.44	3.81	42.28	40.60	1	4	7	5	5	5	52.90
19	MKG_{43}	7	5	7	5	5	3	3	41.42	4.61	44.30	39.05	2	4	7	1	5	7	60.53
20	MKG_{55}	9	3	5	5	5	3	3	36.36	4.00	45.28	44.65	2	4	1	5	5	5	59.63
21	MKG_{16}	7	9	3	5	5	3	3	45.25	4.67	43.49	44.87	2	3	1	4	4	5	55.93
22	MKG_{81}	7	1	5	5	3	3	3	52.86	5.28	43.89	43.17	2	5	5	6	5	5	63.50
23	MKG_{12}	9	7	5	5	7	5	3	35.39	4.20	46.12	47.18	2	4	5	5	4	7	57.86
24	MKG_{47}	5	9	5	7	3	5	3	51.97	4.67	40.21	39.40	1	4	5	5	5	5	61.43
25	MKG_{6}	5	9	7	5	5	3	5	45.58	4.74	45.37	44.44	1	5	1	6	5	5	55.23
26	MKG_{82}	7	7	7	5	1	1	1	55.23	4.01	38.00	37.23	1	4	3	5	4	7	64.76
27	MKG_{63}	7	3	5	5	5	3	3	42.22	3.80	47.19	47.07	2	4	3	6	4	7	54.36
28	MKG_{46}	5	3	3	5	3	3	3	50.8	4.26	43.81	43.99	2	3	1	4	1	5	51.93
29	MKG_{30}	7	7	3	3	5	3	3	39.12	4.14	38.42	37.42	2	5	1	6	6	5	64.26
30	MKG_{113}	7	5	3	7	5	9	1	51.14	5.08	43.23	43.01	2	5	7	6	5	5	60.06
31	MKG_{105}	5	3	5	5	7	5	5	29.24	4.87	45.89	45.83	1	6	7	6	6	5	56.00
32	MKG_{44}	5	3	5	5	7	5	3	40.35	4.60	47.50	46.60	1	5	5	6	5	5	61.40
33	MKG_{80}	7	3	5	5	7	7	1	31.51	3.46	38.74	38.62	2	3	3	4	4	7	66.33

جدول۶- مقادیر ویژه، درصد واریانس و واریانس تجمعی ۱۱ فاکتور اول در ۳۳ ژنوتیپ

عامل ها	مقادیر ویژه	مقادیر ویژه به درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس
1	9.23	13.77	13.77
2	6.61	9.87	23.64
3	6.15	9.18	32.82
4	4.25	6.34	39.16
5	3.98	5.95	45.11
6	3.74	5.58	50.69
7	3.29	4.91	55.60
8	2.92	4.36	59.96
9	2.70	4.04	64.00
10	2.49	3.72	67.72
11	2.20	3.29	71.01

مغز (متوسط)، اندازه مغز (بزرگ)، وزن تر مغز بالا (میانگین ۴/۳۵ گرم)، میزان عنصر روی بیشتر (میانگین ۳/۰۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و میزان عنصر منگنز بیشتر (میانگین ۳/۹۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) بود. به طور کلی ژنوتیپ‌های مطلوب آن‌هایی هستند که مغز به راحتی از میوه جدا شود و رنگ روشنی داشته باشند (مک گراناهان و فورد ۱۹۸۵؛ فورد، ۱۹۷۹).

گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های MKG_{89}، MKG_{82} و MKG_{40} بود (شکل۱). ژنوتیپ‌های این گروه از زمان باز شدن جوانه‌های برگ (متوسط)، دیررس، وزن میوه با پوست (خیلی کم)، وزن پوست سبز (کم)، وزن میوه بدون پوست (کمتر) و وزن پوسته چوبی (کم) بودند. دیر برگدهی یکی از صفات مهم در اصلاح درختان گردو است که از ایجاد خسارت توسط سرمای دیررس بهاره جلوگیری می‌کند به علاوه ارقام ژنوتیپ‌های دیر برگده آلودگی کمتری نسبت به بیماری آنتراکنوز نشان می‌دهند (کاراداگ دستجردی و آکسا[1]، ۲۰۰۱). گروه چهارم شامل ژنوتیپ‌های MKG_{101}، MKG_{113}، MKG_{43}، MKG_{98}، MKG_{100} و MKG_{30} بود (شکل۱). این ژنوتیپ‌ها دارای خصوصیاتی از قبیل وزن میوه بدون پوست (متوسط)، وزن پوسته چوبی (متوسط) و سهولت جدا شدن مغز (خیلی راحت) بودند. میوه‌هایی با وزن مغز بیشتر و مغز درشت‌تر داشته و دارای درصد مغز، طول، عرض و قطر میوه بیشتری بودند، اما وزن و درصد پوست چوبی متوسطی داشتند. درگروه پنجم دندروگرام تجزیه خوشه ایی، ژنوتیپ‌های MKG_{86}، MKG_{6}، MKG_{63}، MKG_{47}، MKG_{81}، MKG_{46}، MKG_{19}، MKG_{42} و MKG_{80} بود. ژنوتیپ‌های این گروه دارای خصوصیاتی از قبیل وزن میوه با پوست کم (میانگین ۲۱/۸۰ گرم)، وزن پوست سبز متوسط (میانگین ۱۵/۶۹ گرم)، و میزان منیزیم مغز میوه بیشتر (میانگین ۱۵۲/۷۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) بودند (شکل ۱). در بررسی ۵۸ ژنوتیپ گردوی نواحی مختلف تفت، صفات با وراثت پذیری بالا همچون ویژگی‌های مغز و تاریخ برگ دهی از صفات مؤثر در گروه بندی ژنوتیپ‌ها بودند (ارزانی و همکاران، ۲۰۰۸).

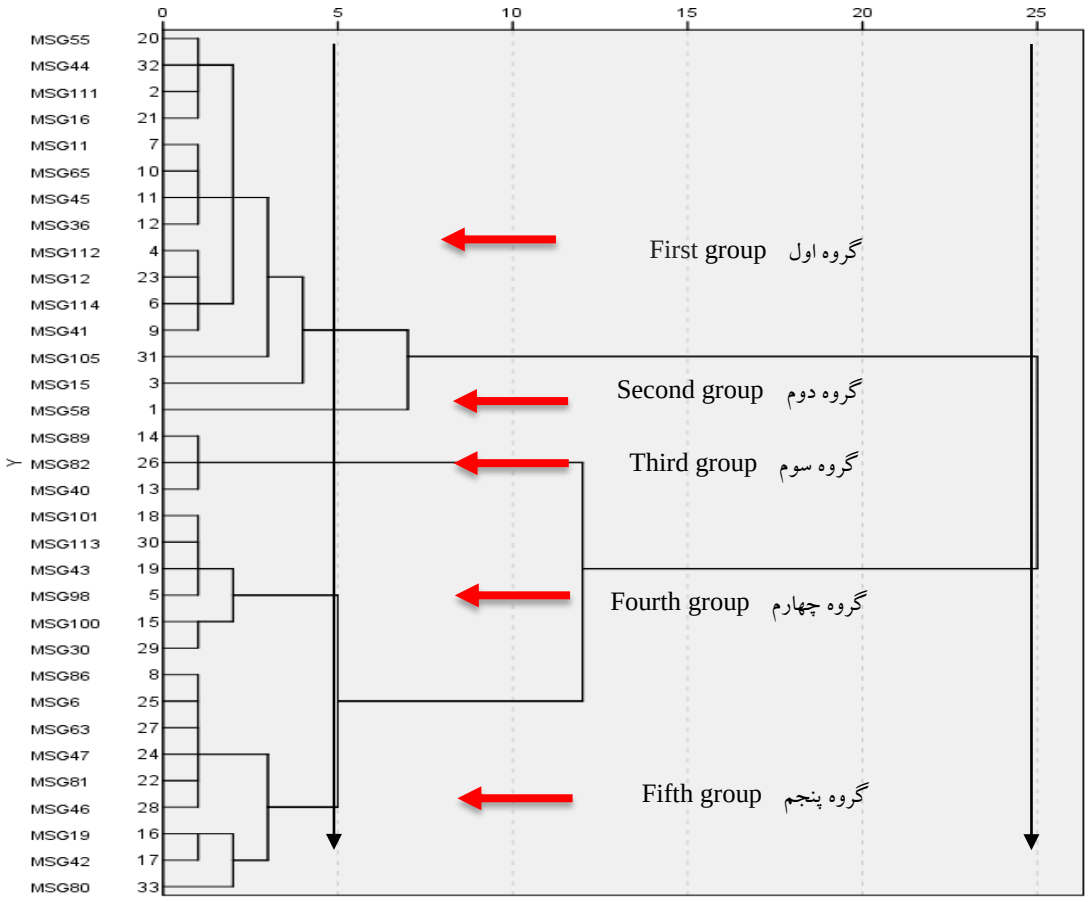
بر اساس نتایج کرامتلو و همکاران (۱۳۹۵) تجزیه کلاستر ۱۴ ژنوتیپ گردو براساس ۲۵ صفات اندازه‌گیری، آنها را به سه گروه اصلی تقسیم‌بندی نمود و صفات مربوط به خشک میوه و مغز در این گروه‌بندی موثر بودند. همچنین اطلاعات به‌دست آمده از تحقیق آنها نشان داد درختان گردو مطالعه شده، تنوع بالایی از لحاظ خصوصیات میوه داشتند که نشان از پتانسیل بالای درختان کهن‌سال منطقه مینو دشت استان گلستان جهت انتخاب ژنوتیپ‌های امیدبخش می‌باشد. ابراهیمی[2] و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی تنوع ژنتیکی ۳۱ ژنوتیپ بذری و ۴ رقم خارجی گردو، تنوع ژنتیکی نسبتا بالایی در بین ژنوتیپ های مورد بررسی با استفاده از نشانگرهای مورفولوژیکی و ریز ماهواره گزارش کردند. نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ های مورد مطالعه آنها نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در ۴ گروه اصلی به لحاظ گوناگونگی ژنتیکی و منشاء پراکنش جغرافیایی قرار گرفتند. وجود این تنوع ژنتیکی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در پژوهش حاضر نیز سبب دسته بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در گروه‌های متفاوت شد.

نتیجه‌گیری کلی

هدف پژوهش حاضر، بررسی تنوع و شناسایی ژنوتیپ‌های برترگردو به منظور استفاده از آنها در برنامه‌های اصلاحی در

1. Karadag Dastjerdi and Akca

2. Ebrahimi



شکل۱- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای ۳۳ ژنوتیپ گردو بر اساس ۶۷ صفت مورفولوژیک، پومولوژیکی و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده به روش Ward

گردو بود. بر اساس نتایج بدست آمده، ژنوتیپ‌های MKG_{55}، MKG_{44}، MKG_{111}، MKG_{16}، MKG_{11}، MKG_{65}، MKG_{45}، MKG_{36}، MKG_{112}، MKG_{12}، MKG_{114}، MKG_{41}، MKG_{105} و MSG_{15} از نظر برخی صفات مهم اندازه‌گیری شده خشک میوه و مغز نسبتاً بهتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند. لذا استفاده از این ژنوتیپ‌ها برای کاربرد در برنامه‌های اصلاحی و یا حتی کشت (پس از مطالعه بیشتر) با در نظر گرفتن سایر عوامل مؤثر توصیه می‌شود.

منابع

ابراهیمی، ع.، فتاحی مقدم، م.ر.، زمانی، ذ. و وحدتی، ک. ۱۳۸۸. بررسی تنوع ژنتیکی ۶۰۸ ژنوتیپ بذری گردو (*Juglans regia*) و انتخاب برخی از ژنوتیپ‌های دارای صفات برتر', علوم باغبانی ایران، ۴۰ (۴):۸۳-۹۴.

حق جویان، ر. ۱۳۸۱. بررسی تنوع ژنتیکی توده های گردوی تویسرکان و چهار مجموعه گردوی کشور(شاهرود، ارومیه، کرج و مشهد) با استفاده از نشانگرهای مورفولوژیک و رپید(RAPD). رساله دکتری علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

حق جویان ر.، قره یاضی، ب.، صانعی، شریعت پناهی، م. و خلیقی، ا. ۱۳۸۴. بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ های گردوی مناطق مختلف کشور با استفاده از نشانگر مورفولوژیک کمی. فصلنامه پژوهش و سازندگی، ۱۸(۴): ۲۲-۳۰.

رسولی، م.، فتاحی مقدم، م.، زمانی، ذ.، ایمانی، ع. و عبادی، ع. ۱۳۹۱. بررسی تنوع فنوتیپی برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های بادام با استفاده از نشانگرهای مورفولوژیکی. مجله علوم باغبانی ایران. ۴۳(۴): ۳۵۷-۳۷۰.

کرامتلو، ع.، شریفانی م. و صبوری، ح. ۱۳۹۵. ارزیابی تنوع ژنتیکی در تعدادی از ژنوتیپ‌های گردو (*Juglans regia* L) با نشانگرهای مورفولوژیک. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۶ (۲۰) :۱۳-۲۴.

وحدتی، ک. ۱۳۸۲. احداث خزانه و پیوند گردو. انتشارات خانیران، ۱۲۸ ص.

Abdel–Shafey, H.I., Hegemann, W., and Tainer, A. 1994. Digestion with concentreated HNO3 and H2O2 Environ Manage Helth, Environ Manage Health, 5: 21-24.

Arzani, K., Mansouri Ardakan, H., and Vezvaei, A. 2008. Morphological variation among Persian walnut (*Juglans regia*) genotype from central Iran. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 36, 159-168.

Atefi, J. 1993. Evaluation of walnut genotypes in Iran. Acta Horticulturae, 311: 24-33.

Chapman, H.D., Pratt, P.F., 1982. Methods of analysis for soils, plants and water. Chapman Publishers, Riverside, CA.

Ebrahimi, A., Fattahi Moghaddam, M.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.

Eskandari, S., Hassani, D. and Abdi, A. 2005. Investigation on genetic diversity of Persian walnut and evaluation of promising genotypes. Acta Horticulturae, 705, 159-163.

FAO. 2017. FAOSTAT database results. http://faostat.Fao.org.faostat. Servlet.

Forde, H.I. 1979. Walnuts. In: Janick, J. and Moore, J.N. (Eds.), Advances in Fruit Breeding. pp. 439–455. Purdue University Press, West Lafayette, IN.

Karadag, H. and Akca, Y. 2011. Phenological and pomological properties of promising walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from selected native population in Amasya Province. African Journal of Biotechnology, 10(74): 16763-16768.

Karimi, R., Ershadi, A., Vahdati, K. and Woeste, K. 2010. Molecular characterization of Persian walnut populations in Iran with Microsatellite Markers. HortScience, 45 (9): 1403-1406.

McGranahan, G.H., and Forde, H.I.1985. Relationship between clone age and selection trait expression in mature walnuts. Journal of the American Society for Horticultural Science, 110, 692–696.

McGranahan, G.H. and Leslie, C. 1998. In-vitro propagation of mature Persian walnut cultivars. HortScience, 23: 220-224.

Pandey, P. and Tomar, C.S. 2012. Growth, flowering fruit set and yield in some cultivars/selections of walnut (*Juglans regia* L.). Indian Journal of Agricultural Sciences, 82 (5): 402-404.

Pop, F.I., Cristina Vicol, A., Botu, M., Andrei Raica, P., Vahdati, K. and Pamfila, D. 2013. Relationships of walnut cultivars in a germplasm collection: Comparative analysis of phenotypic and molecular data. Scientia Horticulturae, 153: 124- 135.

Rasouli, M., and Imani, A. 2016. Effect of supplementary pollination by different pollinizers on fruit set and nut physicochemical traits of ‘Supernova’, a self-compatible almond. Fruits. 71: 299–306.

Shamlu, F., Rezaei, M., Lawson, S., Ebrahimi, A., Biabani, A., and Khan-Ahmadi, A. 2018. Genetic diversity of superior Persian walnut genotypes in Azadshahr, Iran. Physiology and molecular biology of plants, 24(5): 939-949.

Sharma, O.C. and Sharma, S.D. 2001. Correlation between nut and kernel character of Persian walnut.

Sharma, S.D. and Sharma, O.C. 1998. Studies on the variability in nuts of seedling walnut (*Juglans regia* L.) in relation to the tree age. Fruit Variety Journal, 52: 20-23.

Sharma, S.H. and Sharma, O.C. 2001b. Studies on variation in nut and kernel characters and selection of superior walnut seedlings (*Juglans regia* L.) from Garsa and Jogindernagar areas of Himachal Pradesh. Acta Horticulturae, 544: 47-50.

Siddhuraju, P., Mohan, P.S., Becker, K. 2002. Studies in the antioxidant activity of Indian laburnum. (*Cassia fistula* L.): Apreliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers and fruit pulp. Food Chemistry, 79: 61–67.

Yarilgac, T., Koyuncu, F., Koyuncu, M.A., Kazankaya, A., and Sen, S.M. 2001. Some promising walnut selections (*Juglans regia* L.). Acta Horticulturae, 544: 93-96.

Yong Ming, Y., Jia Cong, H., Yan Ping, Y., Xiao Jun, W. and Shi Fan, D. 2010. Phenology and principal economic characteristics of indigenous superior walnut cultivars in Baoshan Municipality. Journal of Southwest Forestry University, China 32 (2): 38-42.