Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 53, No 1, Spring 2022 (209-224)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.318674.1896

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۱ (ص ۲۲۴-۲۰۹)

نشریه پژوهشی:

ارزیابی تنوع ژنتیکی برخی ژنوتیپ‌های منتخب گردو با استفاده از خصوصیات مورفولوژیکی و پومولوژیکی

یوسف حکیمی[۱]، محمدرضا فتاحی مقدم[۲*] و ذبیح اله زمانی[۲]
۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۳۰- تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/٦/٦)

چکیده

شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های برتر در مناطق مختلف کشور است یک روش اصلاحی سودمند در گردو است. این پژوهش به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی برخی ژنوتیپ‌های منتخب گردو با استفاده از ۱۹ صفت کمی و کیفی مرتبط با خصوصیات مورفولوژیکی و پومولوژیکی بر اساس توصیف‌نامه IPGRI (با برخی تغییرات) بر روی ۲۸ ژنوتیپ گردو در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقات گروه علوم باغبانی دانشگاه تهران صورت گرفت. نتایج بررسی نشان داد که بیشترین درصد مغز (٦۹/۱۲ و ٦۷/۱٤ درصد) به ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های UTW10 و UTW09 بودند. ژنوتیپ‌های UTW05 و UTW07 دیر برگ‌ده‌ترین بودند. ژنوتیپ‌های UTW09 و UTW05 به ترتیب بیشترین وزن مغز با میزان ۸/۰۵ و ۷/۸۷ گرم را دارا بودند. ژنوتیپ‌های UTW22 و UTW05 به ترتیب با ۱٤/٤۸ و ۱۳/۹۳ گرم بیشترین وزن خشک میوه را به خود اختصاص دادند. بر اساس تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های با صفات مطلوب تر از سایر ژنوتیپ‌ها جدا شدند. از جمله عوامل که در تفکیک خوشه‌های اصلی نقش دارند می‌توان به صفات وزن خشک میوه، وزن مغز میوه، طول، قطر و عرض خشک میوه، درصد مغز، گوشتی بودن مغز، پر بودن مغز و وضعیت خزان‌کنندگی برگ‌های ژنوتیپ‌ها اشاره کرد. نتایج تجزیه همبستگی ساده صفات، وجود همبستگی مثبت و منفی معنی‌داری را بین برخی صفات مهم نشان داد. در مجموع ژنوتیپ‌های UTW01، UTW04، UTW06، UTW07، UTW08، UTW20 و UTW22 به دلیل بسته بودن روزنه انتهایی خشک میوه، روشن بودن مغز، سهولت جدا شدن مغز از پوست چوبی، باردهی جانبی، درصد مغز بالا به عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: ژرم پلاسم، ژنوتیپ‌های امیدبخش، گردو، گروه‌بندی، همبستگی صفات.

Evaluation of genetic diversity among some selected walnut by using morphological and pomological characteristics

Yousef Hakimi[1], Mohamadreza Fattahi[2*] and Zabihollah Zamani[2]
1, 2. M. Sc. Student and Professor, College of Agriculture & Natural Resoruces, University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: Feb. 18, 2021- Accepted: Aug. 28, 2021)

ABSTRACT

Identification and selection of superior genotypes in different regions of the country is a useful breeding method in walnut. This study was conducted to evaluate the genetic diversity among some selected walnut genotypes using 19 quantitative and qualitative traits related to morphological and pomological characteristics based on the IPGRI description (with some modifications) on 28 walnut genotypes during years of 2018 and 2019 in Reseach Station of Department of Horticulture, Unversity of Tehran. The results showed that the highest kernel percentage (69.12 and 67.14) belonged to UTW10 and UTW09 genotypes, respectively. The UTW05 and UTW07 genotypes were the latest leafing date. The UTW09 and UTW05 genotypes had the highest kernel weights of 8.05 and 7.87 g, respectively. UTW22 and UTW05 genotypes with 14.48 and 13.93 g, respectively, had the highest nut weight. Based on cluster analysis, genotypes with desirable traits were grouped from other genotypes. Among the factors that play a role in separating the main clusters were nut dry weight, kernel weight, length, diameter and width of nut, kernel percentage, Kernel plumpness, Kernel fillness and Leaf Abscission of genotypes. The results of simple correlation analysis of traits showed a significant positive and negative correlation between some important traits. In general, UTW01, UTW04, UTW06, UTW07, UTW08, UTW20, and UTW22 genotypes were selected as superior genotypes due to closed-shell seal, light kernel color, ease of kernel removal from nuts, lateral bearing, and high kernel percentage.

Keywords: Clustering, germplasm, superior genotype, trait correlation, walnut.

* Corresponding author E-mail: fattahi@ut.ac.ir

مقدمه

گردو درختی مهم با استفاده‌های چند منظوره می‌باشد، بطوریکه در باغبانی بخاطر میوه، درجنگل‌کاری برای چوب با ارزش آن و در داروسازی به عنوان یک گیاه دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Balanian *et al*., McGranahan & Leslie, 1990 ; 2013). خانواده Juglandaceae از هشت جنس و حدود ۶۰ گونه تشکیل شده است. جنس *Juglans* شامل ۲۰ گونه است که گردوی ایرانی (*Juglans regia* L.) از مهمترین گونه‌های اقتصادی و کشت شده در بین خشک میوه‌های خوراکی در مناطق معتدله جهان می‌باشد (Guo *et al*., 2020). گردوی ایرانی (*Juglans regia* L.) در ایران در عرض‌های جغرافیایی ۲۹ تا ۳۹ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ تا ۶۹ درجه شرقی به خوبی رشد می‌کند. منشاء طبیعی گردو، مناطق کوهستانی آسیای مرکزی از جمله مناطقی از جنگل‌های شمال ایران است (Radnia, 1996; Fattahi Moghadam *et al.*, 2009).

ایران با تولیدی بالغ بر ۳۴۹۱۹۲ تن گردو در سال پس از کشورهای چین و امریکا، سومین تولید کننده بزرگ گردو در دنیا محسوب می‌شود و همچنین از نظر سطح زیر کشت گردو در جهان مقام دوم را دارا می‌باشد (FAO, 2018). ایران یکی از منابع غنی ژنتیکی گردو است و کشت و پرورش آن از زمان‌های قدیم به صورت بذری مرسوم بوده است. علاوه بر این، دگرگشنی گردو نیز بر تنوع ژنتیکی آن افزوده است (Rezaei *et al*., 2008). در دنیا برای استفاده از این تنوع طبیعی حاصل از کشت بذری گردو، تحقیقات بسیار زیادی انجام شده است و در اغلب کشورهای گردوخیز مانند ایران، ترکیه و اسلوونی، بیشتر تحقیقات به‌نژادی گردو بر پایه شناسایی، جمع‌آوری و ارزیابی ژنوتیپ‌های بومی استوار بوده است (Asma, 2012; Solar *et al*., 2002; Zeneli *et al*., 2005).

گاهی در بین درختان بذری، ژنوتیپ‌هایی یافت می‌شود که از نظر عملکرد و کیفیت محصول و نیز مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده برتر هستند. طولانی بودن دوره نونهالی و بزرگی اندازه درخت گردو مطالعات ژنتیکی روی گردو را با مشکل مواجه ساخته است، از این‌رو شناسایی، جمع‌آوری و ارزیابی ژنوتیپ‌های برتر از توده‌های بومی گردوی کشور یکی از روش‌های مهم در به‌نژادی درختان گردو است. گزینش ژنوتیپ‌های برتر گردو بر اساس صفاتی چون سازگاری آب و هوایی، زودباردهی، تولید زیاد و کیفیت بالای مغز و میوه اهمیت دارد. در این روش علاوه بر تنوع، سازگاری ژنوتیپ‌ها با محیط نیز حاصل می‌شود (Aslantaş, 2006). افزایش کمیت و کیفیت محصول به منظور افزایش صادرات، بالا بردن میزان عملکرد با ارتقا صفاتی از قبیل باردهی جانبی و اندازه میوه، بسته بودن روزنه انتهایی، روشن و یکدست بودن رنگ مغز، درصد بالای مغز، طعم مطلوب، راحت جدا شدن مغز از پوست، تولید محصولی با پوست روشن و جذاب و تا حدودی صاف؛ سختی متوسط تا کم نیز در برنامه اصلاحی مورد توجه می‌باشند. بدست آوردن ژنوتیپ‌هایی که دارای مقاومت به آفات (کرم خراط) و بیماری‌ها (بلایت، آنتراکنوز و خط سیاه) باشند. ژنوتیپ‌هایی با کیفیت چوب مطلوب، توسعه پایه‌های مقاوم به بیماری و شرایط نامناسب خاک و انتخاب ژنوتیپ‌های دیربرگ که بتوانند از سرمای دیررس بهاره مصون بمانند نیز در اصلاح گردو مد نظر می‌باشند (McGranahan *et al*., 1998).

تنوع موجود در نمونه های بذری گردو منجر به بررسی گسترده‌تر ژرم‌پلاسم بومی موجود در مراکز اصلی پراکنش گردو مانند ایران (Ebrahimi *et al*., 2011; Fatahi *et al*., 2010)، آسیای میانه (Molnar *et al*., 2011)، هند و کوهپایه‌های هیمالیا (Sharma *et al*., 2014)، چین (Gunn *et al*., 2010; Liu *et al*., 2020) و مناطقی که گونه‌ها در آخرین یخبندان به سمت آن‌ها پراکنده شدند مانند شبه جزیره ایبری (Carrión & Sánchez-Gómez, 1992)، ایتالیا (Poggetti *et al*., 2017)، بالکان (Cerovic *et al*., 2017; Solar & Štampar, 2004)، یونان و جزایر اژه (Rouskas & Zakynthinos, 2001)، رومانی (Cosmulescu & Stefanescu, 2018)، مونته‌نگرو (Jaćimović *et al*., 2020) و ترکیه (Akca *et al*., 2015; Aysen *et al*., 2019) شد. در چندین کشور، چنین تحقیقاتی منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های برتر

شده است (Bujdosó *et al*., 2020; Hassani *et al*., 2012a, 2012b; Limongelli, 1991; McGranahan & Leslie, 2004; Sutyemez, 2016; Sütyemez *et al*., 2019)، که گاهی در برنامه‌های اصلاحی استفاده می‌شوند (Germain, 1995).

تحقیقات گسترده‌ای در اروپا و ایالات متحده در مورد انتخاب ژنوتیپ‌های گردو با کیفیت بالا از توده‌های بذری صورت گرفته است و ارقام شناخته شده‌ای برای انتخاب و ارزیابی ژنوتیپ‌ها معرفی شده‌اند. در گزارشی، از میان توده‌های بذری گردو در کالیفرنیا، رقم یورکا (Eureka) انتخاب و معرفی شد (McGranahan *et al*., 1998). در مطالعه‌ای در دانشگاه کالیفرنیا-دیویس، ژنوتیپ رابرت لیورمور (Robert Livermore) به عنوان رقم جدیدی معرفی شد که از سال چهارم شروع به گلدهی کرده و ۹۰ درصد باردهی جانبی دارد و عملکرد آن به خوبی تخمین زده شده است. زمان برگ‌دهی و گل‌دهی آن نزدیک به رقم چندلر می‌باشد. پوسته چوبی محکمی دارد و به راحتی از مغز جدا می‌شود. مغز آن ۷ گرم وزن دارد که نیمی از وزن خشک میوه می‌باشد. پوست مغز (پلیسل) آن به دلیل تجمع آنتوسیانین قرمز است (McGranahan & Leslie, 2004). در ترکیه، در بررسی ژنوتیپ‌های گردوی جمع‌آوری شده از چهار استان کشور میانگین وزن میوه را ۷/۱۷- ۷/۵۲ گرم و بیشترین وزن را ۹/۸ گرم گزارش کردند (Ehteshamnia *et al*., 2009). در پژوهشی ۶۳ دانهال گردو در کوه‌پایه‌های هیمالیا در کشور هند مورد بررسی قرار گرفت و ژنوتیپ GL0109 را با خصوصیات مناسب مغز برای مصرف در بازارهای بین المللی معرفی شد. این ژنوتیپ دارای وزن مغز ۱۰/۲۰ گرم و درصد مغز برابر با ۶۱/۴۰ درصد بود. طول و عرض این ژنوتیپ به ترتیب ۴۵/۴۵ و ۴۲/۰۷ میلیمتر بود (Sharma *et al*., 2014). Sütyemez *et al*. (2019)، رقمی را معرفی کردند که دارای ویژگی‌های فنولوژیکی مانند زودگلدهی به شکل هموگامی و میوه‌دهی به شکل خوشه‌ای می‌باشد. بطور متوسط ۸۰ تا ۸۵ درصد گل‌ها به میوه تبدیل می‌شوند و زمان برداشت میوه حدود یک ماه زودتر از رقم چندلر است. تاریخ خزان آن بطور کلی حدود سه هفته زودتر از رقم چند می‌باشد. شکل خشک میوه، بیضی شکل بوده و پوست روشن و صافی دارد و مغز به راحتی از آن جدا می‌شود. رنگ مغز، کهربایی روشن است و وزن آن بین ۵ تا ۷ گرم و درصد مغز آن ۵۵ تا ۶۵ درصد تخمین زده شده است. از مهمترین ویژگی آن، میوه‌دهی به شکل خوشه‌ای می‌باشد. در سال ۲۰۱۶، ارقام ماراس ۱۸ (Maras 18)، سوتیمز ۱ (Sutyemez 1) و کمن ۱ (Kaman 1) توسط همین محققین معرفی شدند (Sutyemez, 2016). اخیرا، ژنوتیپی تحت عنوان BD6 معرفی شده است که دارای عادت رشد نیمه عمودی می‌باشد و دارای شاخه‌های نیمه متراکم است و در برابر بیماری بلایت مقاوم است. دیکوگامی این ژنوتیپ از نوع ماده پیش‌رس است و ۳۵ تا ۴۵ درصد گل‌ها روی شاخه‌های جانبی تشکیل می‌شود. خشک میوه به شکل بیضی بوده و رنگ مغز کهربایی روشن است و وزن آن ۱/۷ گرم و درصد مغز آن ۴۰ درصد می‌باشد (Bujdosó *et al*., 2020).

اولین برنامه جمع‌آوری و احداث کلکسیون ژرم پلاسم گردوی کشور در یک برنامه تحقیقاتی توسط عاطفی با جمع آوری ۴۵۹ ژنوتیپ گردو در سال ۱۳۶۴ به انجام رسید (Atefi, 1991). برنامه‌های بعدی جمع‌آوری ژرم پلاسم گردو در سال ۱۳۶۷ و ۱۳۷۰ به ترتیب با جمع‌آوری ۳۲۰ و ۲۰۰ ژنوتیپ توسط همین محقق انجام و مجموع ژرم پلاسم این محصول به بیش از ۹۵۰ عدد بالغ شد (Atefi, 1991). از سال ۱۳۶۲، کار شناسایی، جمع‌آوری و ارزیابی ژنوتیپ‌های برتر گردو در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در مناطق گردوخیز کشور آغاز شد و ارزیابی ژنوتیپ‌های انتخابی تا سال ۲۰۰۸ ادامه یافت و در نهایت حدود ۵۰ ژنوتیپ برتر در سه فاز مختلف انتخاب شدند. در فاز اول هفت ژنوتیپ برتر جهت ارزیابی‌های نهایی انتخاب و از میان آن‌ها ارقام جمال و دماوند معرفی شدند (Hassani *et al*., 2012a, 2012b). در پژوهشی دوازده ژنوتیپ گردو در چهار منطقه از استان مرکزی به دلیل باردهی منظم و عملکرد بالا انتخاب شدند و بر اساس نتایج گزارش شده توسط آنها، وزن میوه و مغز به ترتیب بین۷/۴۶ تا ۱۵/۲۵ و ۳/۷۷ تا ۸/۱ گرم

و درصد مغز بین۴۵/۹۷ و ۶۰/۵۱ درصد متغیر بود (Ghasemi *et al*., 1995). ابراهیمی و همکاران (2010)، ۶۰۸ ژنوتیپ بذری گردو را با هدف بررسی تنوع ژنتیکی میان آن‌ها مورد بررسی قرار دادند که از بین آن‌ها هفت ژنوتیپ را به عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی کردند که ۸۵ درصد از صفات مورد بررسی را دارا بودند که از بین آن‌ها می‌توان به باردهی جانبی تا ۹۸ درصد، داشتن میوه‌های ذوزنقه‌ای کشیده که استحصال مغز در این ژنوتیپ‌ها راحت می‌باشد، دیربرگدهی، وزن مغز و درصد مغز بالا اشاره کرد. در بررسی همبستگی ۷۱ ژنوتیپ گردوی انتخاب شده از استان کرمان چهار صفت کلیدی وزن مغز، وزن میوه، ضخامت پوست چوبی و نحوه جدا شدن پوست چوبی از مغز را جز صفات دخیل و اثرگذار برای درصد مغز دانستند (Amiri *et al*., 2010). در مطالعه‌ای روی ۵۸ ژنوتیپ گردو در استان چهارمحال وبختیاری ۲۱ صفت مورد ارزیابی قرار گرفت و از این تعداد بیش از نیمی از آن‌ها دارای درصد مغز بالای ۵۰ درصد و چهار ژنوتیپ نیز دارای درصد مغز بالای ۶۰ درصد بودند (Mousavi et al., 2015). مطالعه‌ای دیگر با هدف انتخاب ژنوتیپ‌های امیدبخش گردو توسط Rezaei et al. (2018) صورت پذیرفت. در این پژوهش بیشترین وزن مغز، درصد مغز، وزن دانه به ترتیب ۱۱/۱۵، ۶۶/۲۹، ۲۱/۳۱ گرم و همچنین بیشترین قطر و طول دانه به ترتیب ۴۳/۵۹ و ۴۷/۷۷ میلی‌متر بود. از بین این‌ها، ۵۷ ژنوتیپ با بیشترین وزن مغز و وزن دانه و همچنین رنگ روشن مغز به عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند. Rasouli & Ershadi (2018)، ۳۳ ژنوتیپ بذری گردو را با استفاده از صفات مورفولوژی و پومولوژیکی مورد ارزیابی قرار دادند و بیشترین درصد و وزن مغز، درصد روغن و وزن تر میوه به ترتیب ۶۷/۵۱ درصد و ۵/۹۴ گرم، ۷۲/۹۵ درصد و ۳۳/۸۰ گرم مشاهده شد. اخیراً چهار رقم جدید ایرانی با اسامی کاسپین، پرشیا، الوند و چالدران معرفی گردیده‌اند که دارای ویژگی‌هایی چون دیربرگ‌دهی، وزن مغز بالا، عادت گلدهی جانبی، درصد میوه‌دهی ۶۰ تا ۸۰ درصد و استحصال راحت مغز می‌باشد (Hassani *et al*., 2020). این تحقیق به منظور بررسی و تعیین خصوصیات مهم و گزینش ژنوتیپ‌های برتر و ثبت خصوصیات آنها با هدف معرفی ارقام بهتر و به کار بردن آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی آینده صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۷و ۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقات گروه علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در محمدشهر کرج با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی انجام شد.

مواد گیاهی و اندازه‌گیری صفات

در این پژوهش ۲۲ ژنوتیپ منتخب گردو از جمعیت‌های گزینش شده بر پایه بذری به همراه ۶ رقم شاهد داخلی و خارجی که همگی به صورت پیوندی بودند از لحاظ صفات کمی و کیفی مورد بررسی قرار گرفتند.

برای ۲۸ ژنوتیپ انتخابی، تعداد ۱۹ صفت طبق توصیف‌نامه ارزیابی درختان گردو (IPGRI, 1994) ثبت گردید. به این منظور ژنوتیپ‌ها با ترکیب حروف و اعداد کدگذاری شدند و در مورد هر ژنوتیپ بررسی‌های مربوط به صفات مورفولوژیکی با کمک از توصیف نامه بین‌المللی با کمی تغییرات انجام شد (جدول ۱). در این پژوهش به منظور بررسی میزان عملکرد تمام محصول جمع‌آوری شد و از هر ژنوتیپ هم‌سن، ۴۵ عدد خشک میوه (سه تکرار و از هر تکرار ۱۵ عدد) از سه درخت به طور تصادفی انتخاب و وزن دانه و مغز آنها ثبت گردید. سپس مشخصات مربوط به هر ژنوتیپ از قبیل قطر، عرض و طول دانه با استفاده از کولیس، صفات کیفی از قبیل رنگ پوست، رنگ مغز و روزنه انتهایی میوه در هر ژنوتیپ براساس توصیف‌نامه ارزیابی شدند.

تجزیه داده‌ها

آمار توصیفی، همبستگی صفات ، تجزیه خوشه‌ای (روش Ward) و مقایسه میانگین‌ها (روش دانکن) با استفاده از

نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 26 انجام شده و ثبت داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2019 صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

بررسی توصیفی صفات ارزیابی شده

نتایج حاصل در جدول ۲ آورده شده است. بیشترین مقدار ضریب تغییرات به ترتیب مربوط به درصد آلودگی مغز، میانگین رشد سالیانه، روزنه انتهایی و استحصال مغز می‌باشد به نحوی که ضریب تغییرات میزان آلودگی مغز (۸۴/۷۸ درصد) (محدوده بین صفر تا ۱۵ درصد)، میانگین رشد سالیانه (۴۷/۳۷ درصد) (محدوده بین ۱۰ تا ۷۷/۵۰ سانتی‌متر)، روزنه انتهایی (۴۵/۲۳ درصد) (محدوده بین پوشش باز تا پوشش کاملا بسته) و استحصال مغز (۴۱/۸۵ درصد) (محدوده بین خیلی آسان تا سخت) دیده شده است.

جدول ۱. نوزده صفت مربوط به ۲۸ ژنوتیپ گردو مورد ارزیابی طبق توصیف‌نامه ارزیابی درختان گردو (IPGRI, 1994) .

Table 1. Nineteen traits of 28 walnut genotypes evaluated according to walnut descriptor (IPGRI, 1994).

Character	Abbreviation	Unit	Measurement method
Leafing date	LDa	Date	5th March
Leaf Abscission	LAs	Date	1=green leaves, 2=yellow leaves, 3=fallen leaves
Annual growth	AG	cm	The average length of five annual branches
Flowering type	FlT	Code (1-2-3)	1=lateral, 2=medium, 3=terminal
Fruit set percentage	FP	%	(Female flower per fruits formed) × 100
Thickness of Hull	TH	mm	Caliper
Fruit weight with hull	SWT	g	Scale
Nut weight	NW	g	Scale
Nut length	NLE	mm	Caliper
Nut diameter	NDI	mm	Caliper
Nut Width	NWI	mm	Caliper
Packing tissue thickness	PTT	Code (1-3-5-7-9)	1= open, 3= thinly coated, 5= medium coated, 7= strong cover, 9 =completely closed cover
Kernel weight	KWT	g	Scale
Kernel percentage	KPE	%	(Kernel weight per nut weight) × 100
Kernel color	KCOL	Code (1-2-3-4)	1= Extra light, 2= light, 3= light amber, 4= amber
Kernel plumpness	KPl	Code (1-2-3)	1= thin, 2= medium, 3= plump
Kernel fill	KFI	Code (3-5-7)	3= weak, 5= medium, 7= good
Ease of kernel removal from nuts	EKerRe	Code (1-3-5-7-9)	1= very easy, 3= easy, 5= medium, 7= hard, 9= very hard
Kernel putrescence	POC	%	View

جدول ۲. آمار توصیفی برای خصوصیات ریخت شناسی در ژنوتیپ های مورد مطالعه گردو.

Table 2. Descriptive statistics for the morphological characters in the studied genotypes of walnut.

Character	Min	Max	Mean	SD	CV (%)
Leafing date	33.00	51.00	42.21	5.23	12.39
Leaf abscission	2.00	3.00	2.71	0.46	16.97
Annual growth	10.00	77.50	30.84	14.61	47.37
Flowering type	2/00	3.00	2.46	0.47	19.10
Fruit set percentage	23/90	63.00	53.16	10.10	18.99
Thickness of hull	4.75	11.56	6.35	1.51	23.78
Fruit weight with hull	36.35	64.65	50.14	7.24	14.44
Nut weight	9.10	15.43	11.47	1.63	14.21
Nut length	28.17	40.69	35.01	3.48	9.91
Nut diameter	26.05	36.92	33.09	2.78	8.40
Nut width	28.45	45.78	40.74	3.68	9.03
Packing tissue thickness	1.00	8.70	4.93	2.23	45.23
Kernel weight	3.56	8.05	5.92	1.10	18.58
Kernel percentage	35.74	69.12	51.80	6.94	13.40
Kernel color	1.00	3.00	1.96	0.55	28.06
Kernel plumpness	1.17	3.00	2.69	0.46	17.10
Kernel fill	3.00	7.00	5.86	0.96	16.38
Ease of kernel removal from nuts	1.00	6.00	2.70	1.13	41.85
Kernel putrescence	0.00	15.00	4.27	3.62	84.78

ضریب تغییرات قطر دانه (۸/۴۰ درصد) (محدوده بین ۲۶/۰۵ و ۳۶/۹۲ میلی‌متر) مشاهده شد که در مطالعات دیگران این ضریب (۹/۸۰ درصد) (محدوده بین ۲۴/۸۷ و ۴۳/۵۹ میلی‌متر) (Rezaei *et al*., 2018)، (۸/۴۲ درصد) (محدوده بین ۲۴ و ۴۱/۵۷ میلی‌متر) (Arzani *et al*., 2008)، (۹/۲۷ درصد) (محدوده بین ۲۱/۸۰ و ۳۳/۸۰ میلی‌متر) (Ehteshamnia *et al*., 2009) بود. Mosivand et al. (2013) گزارش دادند که بیشترین و کمترین قطر دانه در گردوهای ایرانی به‌ترتیب ۳۰/۲۰ و ۱۴/۸۰ میلی‌متر بود. بیشتر قطر دانه مربوط به ژنوتیپ UTW14 با قطر ۳۶/۹۲ میلی‌متر بود که بالاتر از ارقام Jamal، Je، Lara، Pedro، Serr و Vaina به ترتیب با قطر ۳۴/۰۹، ۳۱/۹۴، ۳۶/۸۲، ۳۴/۶۷، ۳۴/۶۱ و ۳۰/۷۵ میلی‌متر بود.

دامنه طول دانه از ۲۸/۲۷ تا ۴۰/۶۹ میلی‌متر بود و ژنوتیپ UTW10 بیشترین طول دانه را داشت. Khadivi-Khub (2015) دامنه‌ای از ۲۵/۰۰-۴۷/۰۰ میلی‌متر را برای طول دانه و ۲۴/۰۰-۴۸/۰۰ میلی‌متر برای قطر دانه گزارش دادند.

ضریب تغییرات بسته بودن روزنه انتهایی (۴۵/۲۳ درصد) (محدوده بین باز تا کاملا بسته بودن روزنه انتهایی دانه) مشاهده شد که در پژوهشی دیگر این ضریب (۶۷/۳۱ درصد) (محدوده بین باز تا بسته بودن روزنه انتهایی دانه) (Rezaei *et al*., 2018) بود.

ضریب تغییرات وزن مغز (۱۸/۵۸ درصد) (محدوده بین ۳/۵۶ و ۸/۰۵ گرم) مشاهده شد که در مطالعات دیگر این ضریب (۲۴/۵۴ درصد) (محدوده بین ۵/۳۵ و ۲۱/۳۱ گرم) (Rezaei *et al*., 2018)، (۲۳/۷۳ درصد) (محدوده بین ۲/۸۵ و ۹/۵۰ گرم) (Arzani *et al*., 2008)، (۲۵/۷۴ درصد) (محدوده بین ۲/۱۰ و ۷/۵۰ گرم) (Ehteshamnia *et al*., 2009) بود. بیشترین وزن مغز مربوط به ژنوتیپ UTW09 با وزن ۸/۰۵ گرم بود که بالاتر از ارقام Jamal، Je، Lara، Pedro، Serr و Vaina به ترتیب با وزن ۵/۳۲، ۴/۹۹، ۶/۳۵، ۳/۵۶، ۶/۲۴ و ۳/۸۹ گرم بود.

ضریب تغییرات درصد مغز (۱۳/۴۰ درصد) (محدوده بین بین ۳۵/۷۴ و ۶۹/۱۲ درصد) مشاهده شد که در پژوهش دیگر این ضریب (۸/۲۰ درصد) (محدوده بین ۳۷/۲۷ و ۶۶/۲۹ درصد) (Ehteshamnia *et al*., 2009) بود. بیشترین درصد مغز مربوط به ژنوتیپ UTW10 با درصد مغز ۶۹/۱۲ بود که بالاتر از Jamal، Je، Lara، Pedro، Serr و Vaina به ترتیب با درصد مغز ۴۷/۳۲، ۵۱/۹۰، ۴۰/۹۶، ۳۵/۷۴، ۵۵/۲۹ و ۴۲/۹۷ بود.

ضریب تغییرات رنگ مغز (۲۸/۰۶ درصد) (محدوده بین رنگ روشن تا کهربایی روشن) مشاده شد که در پژوهش رضایی و همکاران (2018) این ضریب تغییرات (۶۰/۷۷) (محدوده بین رنگ روشن تا کهربایی تیره) بود.

ضریب تغییرات نه یک واحد اندازه‌گیری بلکه یک پارامتر است در نتیجه برای مقایسه صفات مورد بررسی موثرتر می‌باشد. به عبارت دیگر اندازه ضریب تغییرات ممکن است نشان‌دهنده توانایی تشخیص بین ژنوتیپ‌ها بر اساس ظاهر باشد. صفات مورفولوژیکی با ضریب تغییرات پایین نشان‌دهنده همگن‌تر و تکرارپذیرتر بودن ژنوتیپ‌ها بوده که این موضوع می‌تواند مقادیر پایین این ضریب را در صفات توجیه کند. مقادیر بالا نشان‌دهنده تفاوت بیشتر بوده که می‌تواند نشانگر قابل اعتمادی برای تشخیص ژنوتیپ‌ها باشد.

زمان برگ‌دهی یک صفت مهم است و تفاوت ژنوتیپ‌ها در این صفت به دلیل تفاوت در شرایط ژنتیکی و محیطی است. انتخاب ارقام دیربرگ‌ده یکی از اهداف عمده برنامه‌های اصلاحی در گردو است. ژنوتیپ‌های دیربرگ‌ده می‌توانند دو کاربرد داشته باشند؛ ۱) به عنوان والدین مناسب برای انتقال این ویژگی با هدف بهبود ارقام در برنامه‌های اصلاحی استفاده شوند، ۲) در صورت برتر بودن مغز دانه از نظر کمی و کیفی، می‌توان از آن‌ها به عنوان ارقام تجاری استفاده کرد. صفت دیربرگ‌دهی در گردو دارای وراثت‌پذیری بالا (۰/۸۰) می‌باشد (Hansche *et al*., 1972). دامنه تاریخ برگ‌دهی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی از هجدهم فروردین تا تا ششم اردیبهشت بود. ژنوتیپ‌های زودبرگ‌ده‌ترین شامل UTW04، UTW19 و UTW21 بودند. رقم Lara و ژنوتیپ‌های UTW05، UTW06 و UTW18 نیز دیربرگ‌ده‌ترین‌ها بودند. امروزه، دیربرگ‌دهی، زودرسی، عملکرد زیاد و کیفیت مغز از مهم‌ترین اهداف گردو می‌باشند. ظهور دیرتر برگ‌ها در بهار حتی برای چند روز می‌تواند نقش بسزایی در کاهش خسارات ناشی از

سرمازدگی بهاره و کاهش آسیب به بیماری باکتریایی داشته باشد (Forde, 1979).

مهم‌ترین صفات در برنامه‌های اصلاحی گردو مربوط به میوه می‌باشد (Sharma & Sharma, 1998). تنوع زیاد در خصوصیات میوه نشان‌دهنده پتانسیل بالای ژنوتیپ‌ها در منطقه برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر بر اساس اهداف برنامه اصلاحی است (Cosmulescu & Botu, 2012). یک خشک‌میوه ایده آل گردو باید پوست چوبی بدون سیاه شدگی، محکم، نازک و پوشش انتهایی بسته داشته باشد و وزن آن ۱۸-۱۲ گرم باشد. مغز باید به راحتی از پوسته جدا شود. رنگ مغز باید یکنواخت و روشن باشد، وزن ایده آل مغز ۱۰/۰۰-۶/۰۰ گرم یا حداقل ۵۰ درصد وزن دانه را شامل شود (Khadivi-Khub, 2014). کیفیت خشک میوه و مغز به شدت تحت تأثیر ژنوتیپ، محیط و تعامل آن‌ها قرار دارد (McGranahan & Leslie, 2012). در برنامه‌های اصلاحی، ژنوتیپ‌هایی که درصد مغز آن‌ها بیش از ۵۰ درصد باشند بسیار مطلوب هستند (Germain, 1995). وزن خشک میوه از ۹/۱۰ تا ۱۵/۴۳گرم متغیر بود، بیشترین وزن خشک میوه متعلق به ژنوتیپ Lara و دامنه وزن مغز از ۳/۵۶ تا ۸/۰۵ گرم بود (جدول ۲). ژنوتیپ UTW09 بیشترین وزن مغز را داشت.

روزنه انتهایی یکی از مهمترین صفات در انبارمانی گردو است (McGranahan & Leslie, 1990). خشک میوه‌هایی با روزنه انتهایی باز به شکل گسترده‌ای توسط حشرات مورد حمله قرار می‌گیرند و در طول انبارمانی توسط قارچ و کپک آسیب می‌بینند (Khadivi-Khub, 2014). ضریب تغییرات بدست آمده در این صفت ۴۵/۲۳ درصد بود که نشان می‌دهد از نظر باز یا بسته بودن روزنه بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. ژنوتیپ‌های UTW12، UTW17، UTW10 دارای پوشش کاملا بسته در قسمت روزنه انتهایی و ژنوتیپ‌های UTW21، UTW22 و UTW08 دارای پوشش نازک در این بخش داشتند.

رنگ روشن مغز معمولا ارزش اقتصادی بالاتری نسبت به سایر رنگ‌ها دارد که عامل مهمی در انتخاب ارقام جدید است (McGranahan *et al*., 1998). رنگ روشن مغز یکی از مهمترین شاخص‌ها در تعیین کیفیت گردو و بازارپسندی آن است. میانگین این صفت ۱/۹۶ و ضریب تغییرات آن ۲۸/۰۶ درصد بود که بیانگر رنگ روشن در بیشتر ژنوتیپ‌ها بود. وضعیت رنگ مغز در مطالعات اصلاحی از اهمیت بالایی برخوردار است. بررسی تأثیرات ژنوتیپ و محیط روی رنگ مغز و تغییرات رنگ مغز در محیط‌های مختلف و همچنین مقایسه رنگ مغز ژنوتیپ‌ها در مناطق مختلف مفید خواهد بود. در تحقیقی در ترکیه، درصد مغزهای با رنگ روشن از ۲۸/۱۵ تا ۴۱/۶۱ درصد متغیر بود (Bayazit & Sumbul, 2012). استحصال مغز از دانه و رنگ مغز از ویژگی‌های مهمی هستند که برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر گردو استفاده می‌شود (Bayazit & Sumbul, 2012; Cosmulescu & Botu, 2012; Sharma & Sharma, 2001).

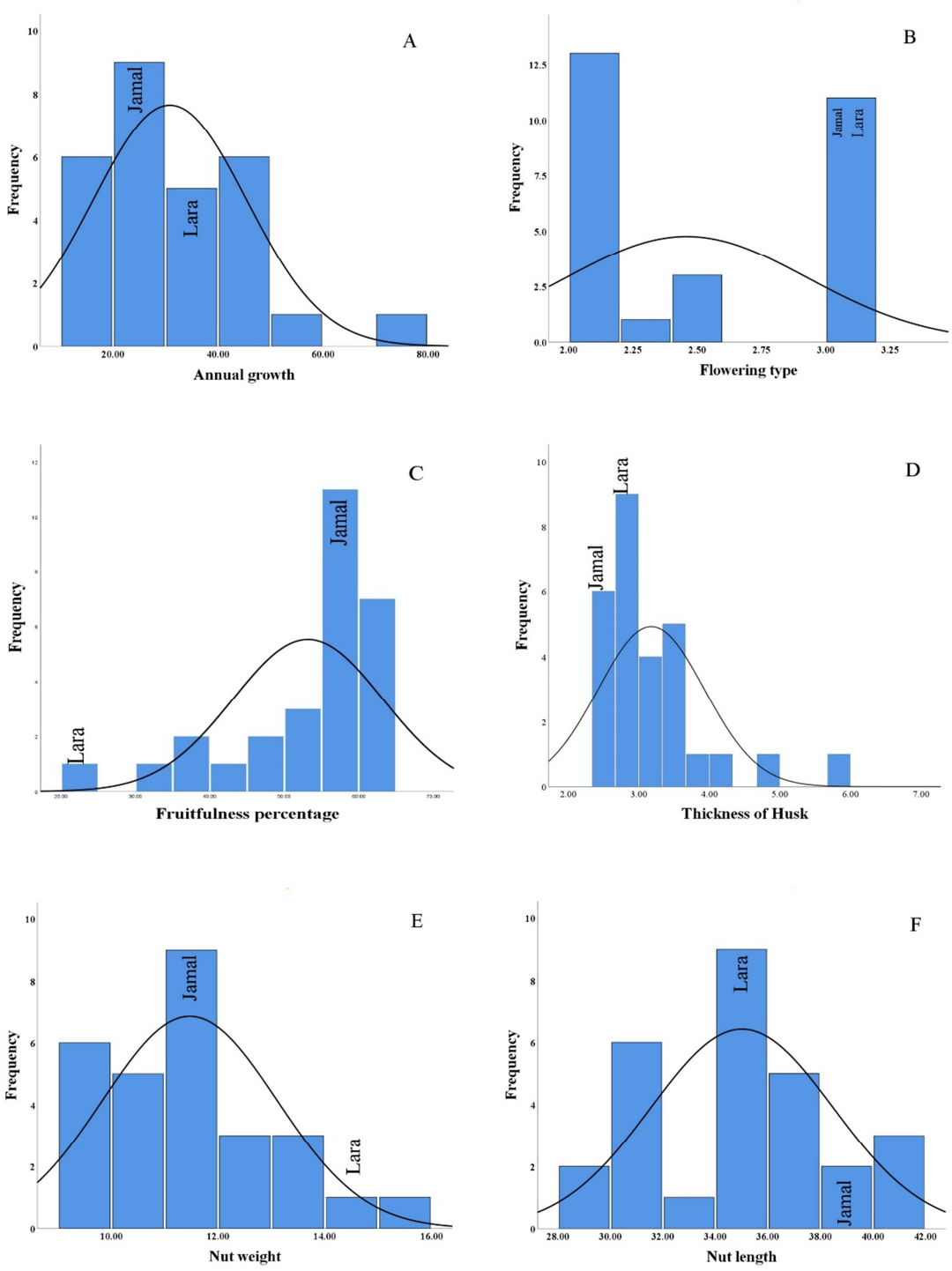
فراوانی ژنوتیپ‌ها براساس برخی صفات کمی و کیفی مهم

توزیع ۲۸ ژنوتیپ گردو برای برخی صفات کمی و کیفی از جمله میانگین رشد سالیانه، نوع میوه‌دهی، درصد میوه‌دهی، ضخامت پوست سبز، وزن دانه، طول دانه در شکل ۱ و قطر دانه، روزنه انتهایی، وزن مغز، درصد مغز در شکل ۲ و رنگ مغز، گوشتی بودن، پر بودن و استحصال مغز در شکل ۳ آورده شده است. ارقام و ژنوتیپ‌ها در برخی صفات به طور نسبی از یک توزیع نرمال تبعیت می‌کنند. بسیاری از این ژنوتیپ‌ها در مقایسه با ارقام شاهد داخلی و خارجی برتری زیادی را در صفات ارزیابی شده نشان دادند.

در شکل (B-۱) اینگونه مشاهده می‌شود که نیمی از ژنوتیپ‌های امیدبخش دارای نوع میوه‌دهی متوسط و جانبی می‌باشند. در شکل (C-۱) مشاهده می‌شود که ۷ ژنوتیپ امیدبخش دارای درصد میوه‌دهی بالای ۶۰ درصد و ۱۴ ژنوتیپ امیدبخش دارای درصد میوه‌دهی بالای ۵۰ درصد می‌باشد که رقم Lara دارای ۲۳/۹ درصد میوه‌دهی می‌باشد.

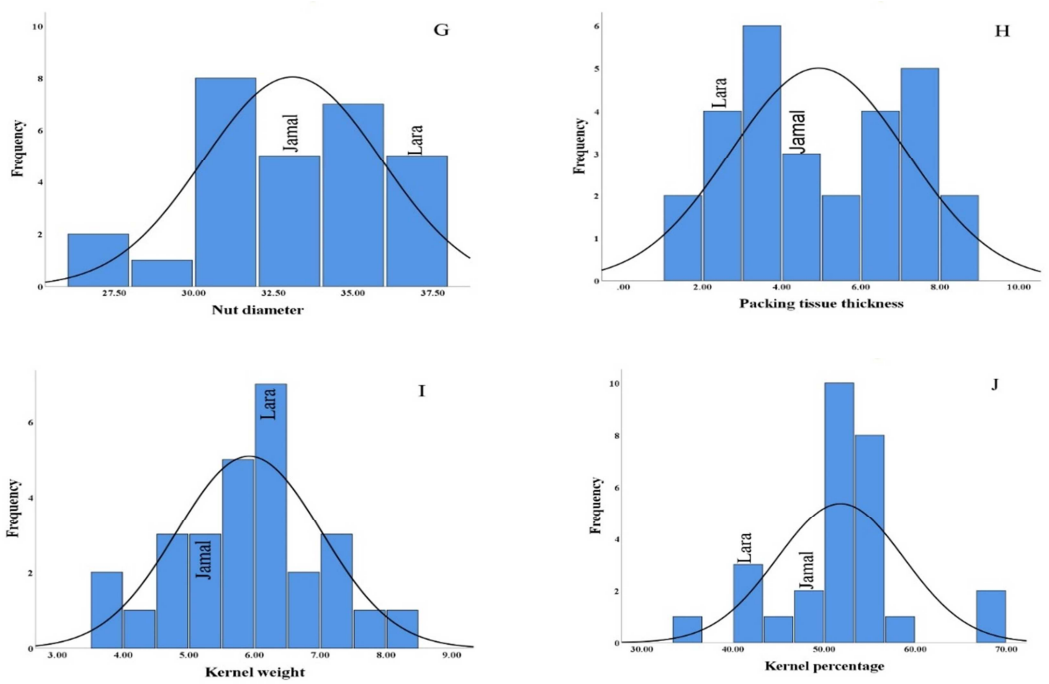
در شکل (H-۲) که نشان‌دهنده پوشش روزنه انتهایی است. ژنوتیپ‌ها دارای پراکندگی بوده و مد،

میانه و میانگین بر روی هم قرار دارند. ژنوتیپ‌های استاندارد پایین‌تر از مد بوده و دارای پوشش متوسط و ضعیف‌تر هستند. دو ژنوتیپ دارای پوشش کاملا بسته هستند و ۹ ژنوتیپ دارای پوشش انتهایی قوی هستند.



شکل ۱. توزیع فراوانی ژنوتیپ‌های امیدبخش گردو برای صفات (A) میانگین رشد سالیانه (سانتی‌متر)، (B) نوع میوه‌دهی، (C) درصد میوه‌دهی، (D) ضخامت پوست سبز (میلی‌متر)، (E) وزن دانه (گرم) و (F) طول (میلی‌متر).

Figure 1. Frequency distribution of promising walnut genotypes for (A) Annual growth (cm), (B) Flowering type, (C) Fruitfulness percentage, (D) Husk thickness (mm), (E) Nut weight (g), (F) Nut length (mm).



شکل ۲. توزیع فراوانی ژنوتیپ‌های امیدبخش گردو برای صفات (G) قطر دانه (میلی‌متر)، (H) روزنه انتهایی، (I) وزن مغز (گرم)، (J) درصد مغز و (K) رنگ مغز.

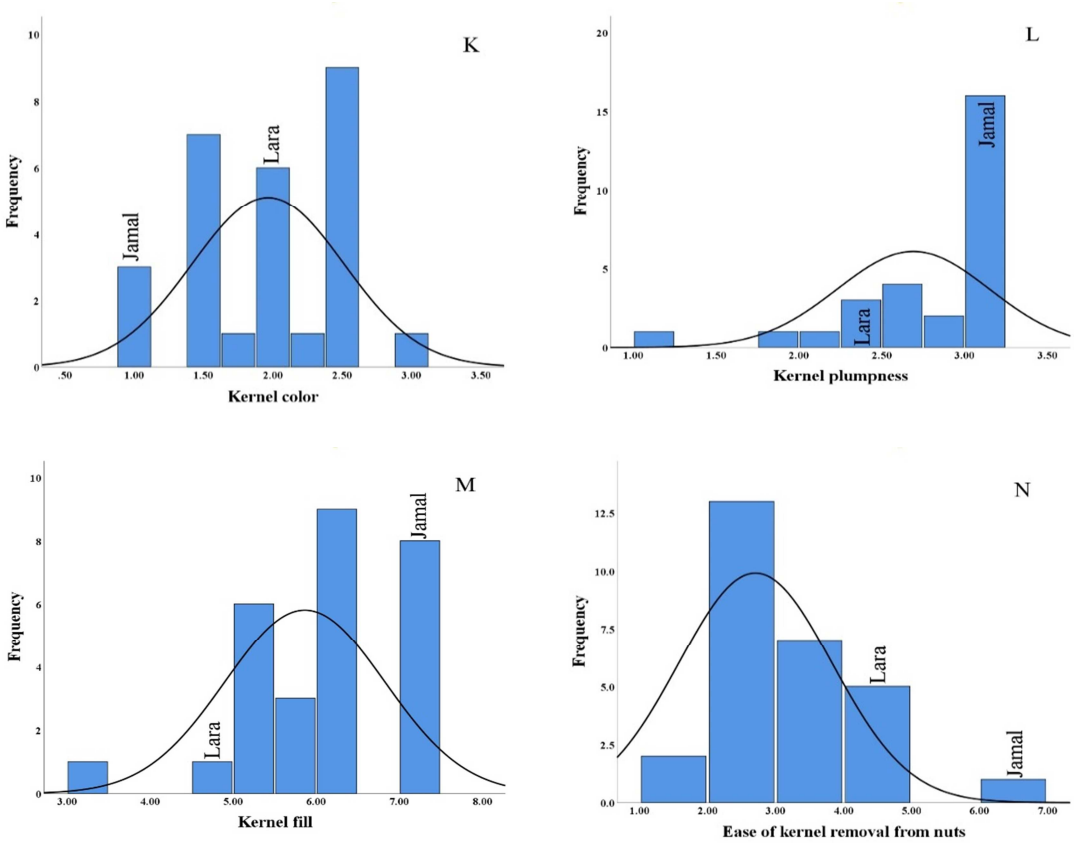
Figure 2. Frequency distribution of promising walnut genotypes for (G) Nut diameter (mm), (H) Packing tissue thickness, (I) Kernel weight (g), (J) Kernel percentage.

رقم Jamal دارای پوشش انتهایی متوسط و رقم Lara دارای پوشش نازک می‌باشد. در شکل (I-۲) که نشان‌دهنده وزن مغز می‌باشد مشاهده می‌شود که ژنوتیپ‌ها از یک توزیع نرمال پیروی می‌کنند و ارقام استاندارد همچون Lara روی مد، میانه و میانگین قرار دارد و تعدادی از ژنوتیپ‌های امیدبخش از وزن مغز بیشتری نسبت به این ارقام استاندارد برخوردار هستند. در شکل (J-۲) که نشان‌دهنده درصد مغز گردو است، ژنوتیپ‌های امیدبخش بالاتر از مد و ژنوتیپ‌های استاندارد Lara و Jamal هستند. ۲۱ ژنوتیپ دارای درصد مغز بالای ۵۰ درصد می‌باشند.

در شکل (K-۳) مشاهده می‌شود که اکثر ژنوتیپ‌ها دارای رنگ مغز روشن بودند و ژنوتیپ‌های Jamal، UTW08 و UTW20 دارای رنگ مغز کاملا روشن بودند. شکل (L-۳) که نشان می دهد اکثر ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفت گوشتی بودن در بالاترین درجه می‌باشند که ژنوتیپ استاندارد Jamal نیز در این دسته قرار دارد. در شکل (N-۳) اینگونه می‌توان دریافت که بیشتر ژنوتیپ‌های امیدبخش دارای استحصال مغز بسیار آسان تا متوسطی را دارا می‌باشند. رقم Jamal دارای استحصال مغز سخت و رقم Lara دارای استحصال مغز آسان می‌باشد.

همبستگی بین صفات

نتایج حاصل از همبستگی پیرسون در جدول ۳ آورده شده است. همبستگی بین صفات اجازه‌ی پی بردن به تغییرات صفات از طریق اندازه‌گیری صفات همبسته را می‌دهد، لذا با این راه می‌توان به طور غیرمستقیم اندازه‌گیری یک صفت با صرف زمان و هزینه کمتر انجام داد (Forde, 1975). همبستگی مثبت بین صفات خشک میوه با یکدیگر مشاهده شد. وزن خشک میوه با وزن مغز همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند ($r=۰/۷۱^{**}$) که مطابق با مطالعات قبلی بود که نشان می‌دهد با افزایش وزن خشک میوه، وزن مغز نیز افزایش می‌یابد و بالعکس (Arzani *et al*., 2008; Bayazit & Sumbul, 2012; Cosmulescu & Botu, 2012; Ebrahimi *et al*., 2011; Fatahi *et al*., 2010; Mousavi *et al*., 2015).



شکل ۳. توزیع فراوانی ژنوتیپ‌های امیدبخش گردو برای صفات (K) رنگ مغز، (L) گوشتی بودن مغز، (M) پر بودن مغز و (N) سهولت جدا شدن مغز از بافت چوبی.

Figure 3. Frequency distribution of promising walnut genotypes for (K) Kernel color, (L) Kernel plumpness, (M) Kernel fill and (N) Ease of kernel removal from nut.

همبستگی مثبت معنی‌دار بین درصد مغز و پر بودن مغز، گوشتی بودن مغز و وزن مغز مشاهده شد که با نتایج (Arzani *et al*., 2008; Bayazit, 2012; Cosmulescu & Botu, 2012; Ebrahimi *et al*., 2011; Fatahi *et al*., 2010; Mousavi *et al*., 2015) مطابقت داشت که نشان می‌دهد با افزایش درصد مغز، صفات پر بودن، گوشتی بودن و وزن مغز نیز افزایش می‌یابد و بالعکس. همبستگی مثبت معنی‌دار بین وزن خشک میوه با قطر دانه ($r=۰/۵۳^{**}$) مشاهده شد که با نتایج مطالعات قبلی مطابقت داشت که نشان می‌دهد که با افزایش وزن خشک میوه، قطر دانه نیز افزایش می‌یابد و بالعکس (Arzani *et al*., 2008; Ebrahimi *et al*., 2011; Fatahi *et al*., 2010; Bayazit, 2012; Cosmulescu & Botu, 2012; Mousavi *et al*., 2015).

به ترتیب همبستگی منفی و مثبت معنی‌دار بین باز بودن روزنه انتهایی با عرض دانه ($r=-۰/۴۴^{*}$) و سهولت جدا شدن مغز از پوست چوبی ($r=۰/۴۱^{*}$) مشاهده شد که نشان می‌دهد با افزایش باز بودن روزنه انتهایی، جدا شدن مغز دانه نیز راحت‌تر می‌گردد و یا اینکه جدا شدن آسان مغز از دانه با افزایش باز بودن روزنه انتهایی همبستگی مثبتی دارد.

همبستگی منفی معنی‌دار بین گوشتی بودن و پر بودن مغز با درصد آلودگی مغز مشاهده شد که نشان می‌دهد با افزایش گوشتی بودن و پر بودن مغز، انتظار می‌رود درصد آلودگی مغز نیز کاهش می‌یابد و بالعکس. همبستگی مثبت معنی‌دار بین رشد سالیانه و زمان باز شدن برگ‌ها ($r=۰/۵^{**}$) مشاهده شد و اینگونه به نظر می‌رسد که با افزایش رشد سالیانه، زمان باز شدن برگ‌ها نیز افزایش می‌یابد.

تجزیه خوشه‌ای

خوشه‌ای بر اساس تمام صفات اندازه‌گیری شده به روش

WARD صورت گرفت. در فاصله اقلیدسی ۱۰ ژنوتیپ‌های گردو به سه گروه اصلی و با کاهش این فاصله از ۱۰ به ۵ ژنوتیپ‌ها به هفت گروه اصلی تقسیم‌بندی شدند. از جمله عوامل که در تفکیک خوشه‌های اصلی نقش دارند می‌توان به صفات وزن خشک میوه، وزن مغز میوه، طول، قطر و عرض خشک میوه، درصد مغز، گوشتی بودن، پر بودن و وضعیت خزان‌کنندگی ژنوتیپ‌ها اشاره کرد (جدول ۴).

به منظور تبیین ویژگی‌های هر گروه می‌توان صفات کمی و کیفی برخی از ژنوتیپ‌های شاهد را مورد بررسی قرار داد.

رقم Lara دارای ویژگی‌های دیربرگ‌دهی، وزن خشک میوه (۱۵/۴۳ گرم)، طول و عرض (به ترتیب ۳۵/۶۳ و ۳۶/۸۲ میلی‌متر)، دارای روزنه انتهایی با پوشش نازک و درصد مغز (۴۰/۹۶ درصد) و رنگ مغز روشن می‌باشد.

رقم Vaina دارای ویژگی‌های دیربرگ‌دهی، وزن خشک میوه (۹/۳۰ گرم)، طول و عرض (به ترتیب ۳۷/۱۹ و ۳۰/۷۵ میلی‌متر)، روزنه انتهایی با پوشش نازک و درصد مغز (۴۲/۹۷ درصد) و رنگ مغز روشن تا کهربایی روشن می‌باشد.

رقم پدرو دارای ویژگی‌های دیربرگ‌دهی، وزن خشک میوه (۱۰/۲۷ گرم)، وزن مغز (۳/۵۶ گرم)، طول و عرض (به ترتیب ۴۰/۱۰ و ۳۴/۶۷ میلی‌متر)، روزنه انتهایی با پوشش قوی و درصد مغز (۳۵/۷۴ درصد) و رنگ مغز روشن تا کهربایی روشن می‌باشد.

جدول ۳. ضرایب همبستگی ساده برخی صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های گردو.

Table 3. Simple correlation coefficients of some quantitative and qualitative traits measured in walnut genotypes.

	LDa	LAs	AG	FlT	FP	TH	SWT	NW	NLE
LDa	1								
LAs	0.10	1							
AG	0.50**	0.39*	1						
FlT	-0.16	0.06	0.03	1					
FP	0.13	-0.17	-0.01	-0.41*	1				
TH	0.30	0.08	0.50**	-0.21	0.17	1			
SWT	0.12	0.30	0.32	-0.37	0.01	0.16	1		
NW	0.02	0.22	0.03	-.032	-0.04	-0.05	0.78**	1	
NLE	-0.12	-0.30	-0.10	0.35	-0.05	-0.33	0.15	0.03	1
NDI	0.01	0.09	0.06	0.09	-0.05	-0.37	0.55**	0.53**	0.60**
NWI	0.13	0.04	0.42*	0.03	0.27	0.18	0.32	0.15	0.38*
PTT	-0.01	-0.45*	-0.26	0.05	0.11	0.29	-0.45*	-0.27	-0.08
KWT	-0.05	-0.07	0.02	-0.37	0.13	0.06	0.67**	0.71**	0.03
KPE	-0.09	-0.33	0.01	-0.15	0.15	0.15	0.12	-0.05	0.01
KCOL	-0.09	-0.12	-0.11	0.20	-0.11	0.03	-0.11	0.02	0.12
KPl	-0.09	0.02	0.11	-0.51**	0.30	0.10	0.35	0.34	-0.28
KFI	0.02	-0.01	0.26	-0.11	0.29	0.19	0.09	0.06	-0.32
EKerRe	0.20	0.40*	0.26	0.15	-0.15	-0.18	0.06	0.03	-0.16
POC	-0.12	-0.13	-0.18	0.20	-0.06	0.10	-0.06	-0.21	0.22

* و **: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

*, **: Significantly difference at the 5% and 1% of probability level, respectively.

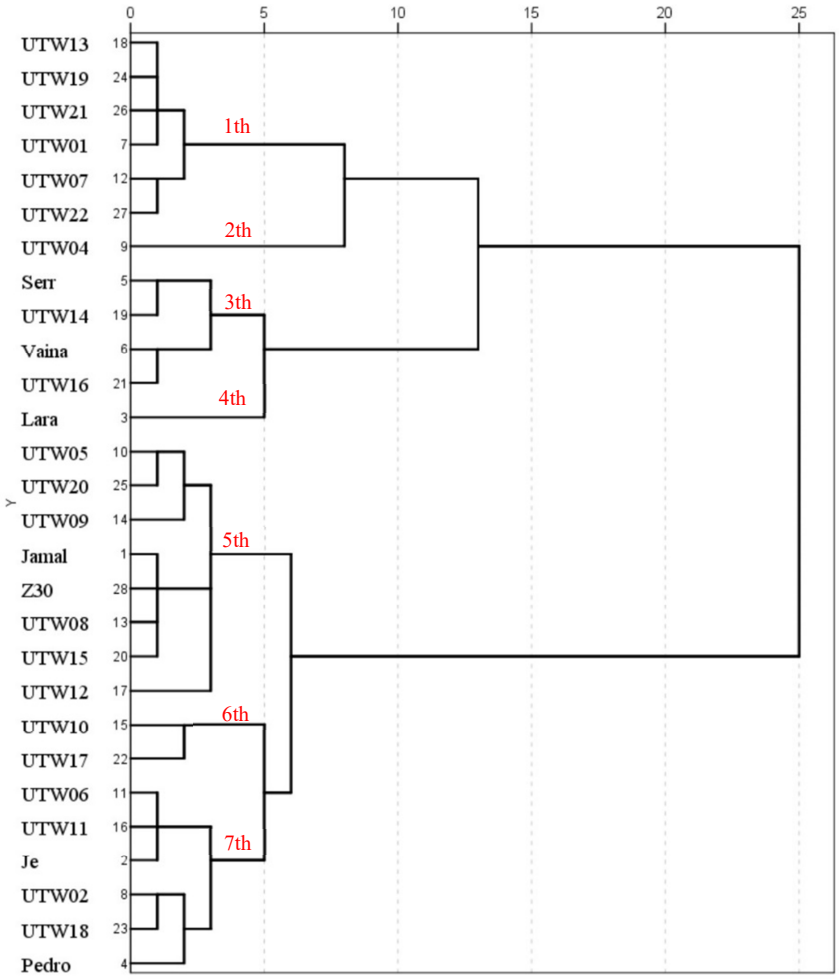
ادامه جدول ۳. ضرایب همبستگی ساده برخی صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های گردو.

Continued table 3. Simple correlation coefficients of some quantitative and qualitative traits measured in walnut genotypes.

	NDI	NWI	PTT	KWT	KPE	KCOL	KPl	KFI	EKerRe	POC
NDI	1									
NWI	0.45*	1								
PTT	-0.37	-0.44*	1							
KWT	0.29	0.08	-0.14	1						
KPE	-0.17	-0.06	0.09	0.66**	1					
KCOL	-0.03	0.07	0.08	-0.07	-0.15	1				
KPl	-0.06	-0.08	-0.09	0.70**	0.63**	-0.53**	1			
KFI	-0.27	-0.09	0.01	0.48*	0.63**	-0.31	0.70**	1		
EKerRe	0.07	0.04	0.41*	-0.25	-0.37*	-0.37	0.01	-0.53**	1	
POC	-0.05	0.08	0.20	-0.34	-0.27	0.50**	-0.53**	-0.54**	-0.22	1

* و **: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

*, **: Significantly difference at the 5% and 1% of probability level, respectively.



شکل ۲. تحلیل خوشه‌ای ۲۸ ژنوتیپ گردو.

Figure 2. Cluster analysis of 28 walnut genotypes.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات گردو در بین گروه‌های کلاستر با روش دانکن.

Table 4. Means comparison of walnut traits among cluster groups by Duncan method.

Group	LDa	LAs	AG	FlT	FP	TH	SWT	NW	NLE	NDI
1	39.00ab	2.83a	41.66c	2.33abc	83.00d	3.76ab	54.6b	12.08a	33.70a	32.07a
2	33.00a	3.00a	77.5d	2.00a	91.00d	4.76b	54.4b	11.45a	30.66a	31.81a
3	40.66ab	2.33a	16.00a	2.33abc	69.00c	3.08a	46.78ab	11.16a	33.10a	30.47a
4	44.28bc	2.71a	23.85ab	2.21ab	84.14d	5.30a	54.02b	12.12a	36.69a	34.78a
5	43.83bc	2.50a	21.33ab	2.63abc	83.16d	3.10a	41.93a	10.16a	35.24a	32.59a
6	40.33ab	3.00a	46.33c	2.83bc	58.00b	2.85a	48.70ab	11.05a	35.72a	34.78a
7	49.5c	3.00a	27.00b	3.00c	40.50a	2.75a	52.83b	12.36a	36.41a	33.78a

*در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

*In each column, means with similar letters are not significantly different at 5% probability level.

ادامه جدول ۴. مقایسه میانگین صفات گردو در بین گروه‌های کلاستر با روش دانکن.

Continued table 4. Means comparison of walnut traits among cluster groups by Duncan method

POC	EKerRe	KFI	KPl	KCOL	KPE	KWT	PTT	NWI	group
5.04a	2.50ab	6.33ab	2.91b	2.00a	53.07bc	6.35bc	4.82a	42.35b	1
0.00a	2.00bc	7.00b	3.00b	1.50a	51.92bc	5.91abc	4.90a	43.30b	2
4.16a	1.66a	6.33ab	3.00b	1.83a	59.66c	6.53bc	8.08b	33.03a	3
2.89a	3.00abc	6.00ab	2.96b	1.71a	54.64bc	6.64c	3.70a	41.89b	4
6.25a	2.33ab	5.16a	2.23a	2.20a	45.76ab	4.61a	6.33ab	41.24b	5
2.50a	2.66abc	5.83ab	2.50ab	2.08a	53.37bc	5.88abc	3.23a	41.58b	6
5.75a	4.33c	4.83a	2.08a	2.25a	41.96a	5.12ab	3.16a	39.35b	7

*در هر ستون، میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

*In each column, means with similar letters are not significantly different at 5% probability level.

جدول ۵. میانگین برخی صفات کمی و کیفی مهم اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های امیدبخش گردو.

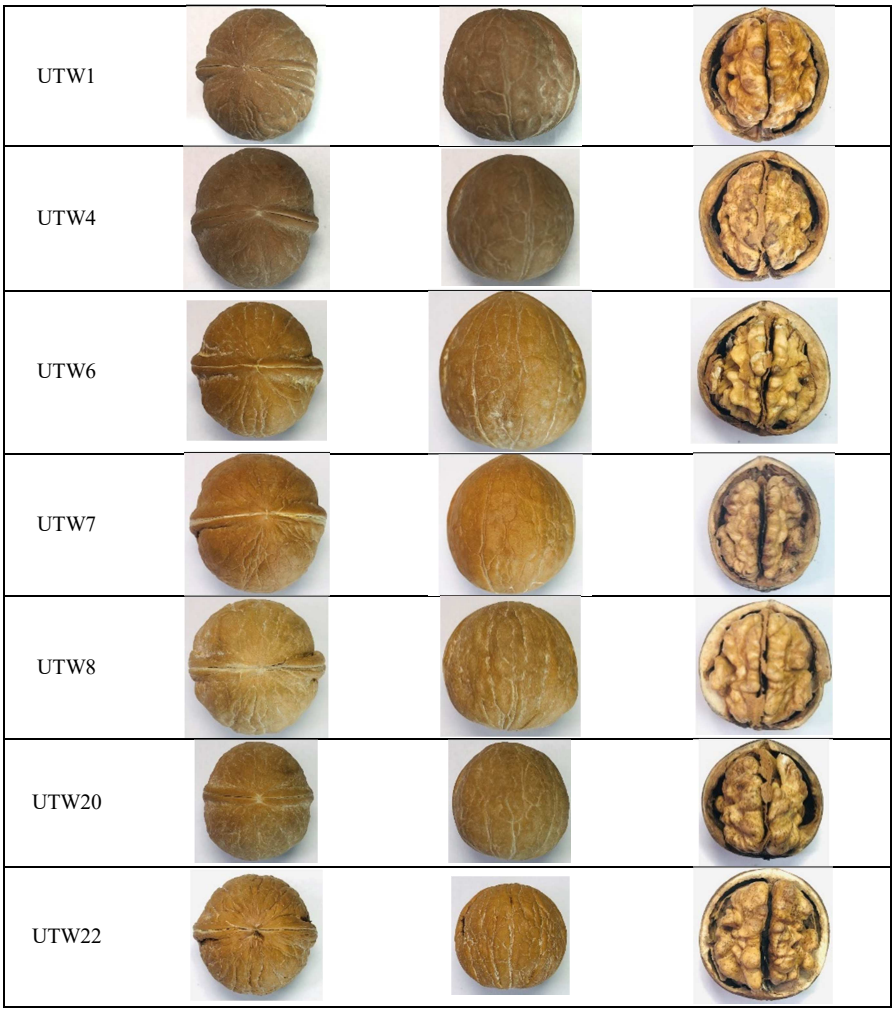
Table 5. Mean of some important traits measured in superior walnut genotypes.

Superior Genotypes	LDa	LAs	AG	FIT	FP	TH	SWT	NW	NLE	NDI
UTW01	41	3	35.00	2.00	52.00	3.94	52.50	10.95	31.17	27.66
UTW04	33	3	77.50	2.00	63.00	4.76	54.40	11.45	30.66	31.81
UTW06	42	2	21.00	2.00	55.00	2.39	42.25	11.00	34.11	33.89
UTW07	48	3	42.00	3.00	62.00	3.13	52.70	11.55	37.46	35.39
UTW08	46	3	24.00	2.00	59.00	2.88	59.50	12.60	35.67	36.75
UTW20	47	3	18.0	2.00	59.40	2.75	46.30	10.50	29.34	31.19
UTW22	39	3	44.00	2.00	61.50	3.13	64.65	14.48	35.86	36.27
Jamal	40	3	31.00	3.00	58.7	2.38	47.5	11.25	38.25	34.09
Lara	37	3	21.00	3.00	23.90	2.72	58.33	15.43	35.63	36.82
Je	51	3	28.00	3.00	55.80	4.95	42.10	9.70	33.62	31.94

ادامه جدول ۵. (ادامه) میانگین برخی صفات کمی و کیفی مهم اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های امیدبخش گردو.

Continued table 5. Mean of some important traits measured in superior walnut genotypes.

Superior Genotypes	NWI	PTT	KWT	KPE	KCOL	KPI	KFI	EKerRe	POC
UTW01	37.15	6.75	6.03	55.11	1.50	3.00	6.00	2.00	6.50
UTW04	43.30	4.90	5.92	51.92	1.50	3.00	7.00	4.00	0
UTW06	41.75	7.00	5.33	48.60	1.50	3.00	6.00	3.00	0
UTW07	42.90	6.83	6.19	54.49	2.50	2.50	6.00	2.00	7.50
UTW08	42.68	2.00	6.56	51.86	1.00	3.00	5.50	3.00	0
UTW20	40.45	2.35	5.84	55.50	1.00	3.00	6.00	4.00	0
UTW22	45.78	1.70	7.26	50.15	2.00	3.00	6.00	2.00	2.5
Jamal	39.60	4.43	5.32	47.32	1.00	3.00	7.00	6.00	2.5
Lara	40.53	3.00	6.35	40.96	2.00	2.33	4.67	4.00	4.83
Je	39.60	7.90	4.98	51.89	2.00	2.50	7.00	3.00	2.5



شکل ۳. تصاویر ژنوتیپ‌های برتر گردو.

Figure 3. Images of superior walnut genotypes.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع ژنوتیپ‌های UTW01، UTW04، UTW06، UTW07، UTW08، UTW20 و UTW22 به دلیل روزنه با پوشش بسته، روشن بودن مغز، چسبندگی کم چوب به مغز، باردهی جانبی، درصد مغز بالا به عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش انتخاب شدند. با توجه به تنوع موجود و خصوصیات مهم، از این ژنوتیپ‌ها به منظور استفاده در برنامه‌های به‌نژادی و غیره توصیه می‌شود.

REFERENCES

1. Akca, Y., Bilgen, Y., & Ercisli, S. (2015). Selection of superior persian walnut (*Juglans regia* L.) from seedling origin in Turkey. *ACTA Scientiarum Polonorum Horticulture*, *14*(3), 103-114.
2. Amiri, R., Vahdati, K., & Mohsenipoor, S. (2010). Correlations between some horticultural traits in walnut. *HortScience*, *45*(11), 1690-1694.
3. Arzani, K., Mansouri-Ardakan, H., Vezvaei, A., & Roozban, M. R. (2008). Morphological variation among persian walnut (*Juglans regia*) genotypes from central Iran. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, *36*(3), 159-168.
4. Aslantaş, R. (2006). Identification of superior walnut (*Juglans regia*) genotypes in north-eastern Anatolia, Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, *34*(3), 231-237.
5. Asma, B. (2012). Pomological and phenological characterization of promising walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from Malatya, Turkey. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, *11*(4), 169-178.
6. Atefi, J. (1991). Evaluation of walnut genotypes in Iran. *International Walnut Meeting*, *311*, 24-33.
7. Aysen, K. O. C., Keles, H., & Ercisli, S. (2019). Some pomological properties of promising seed propagated walnut genotypes from inner Turkey. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *47*(4), 1094-1099.
8. Balanian, H., Moghadam, M. R. F., Ebadi, A., & Hasani, D. (2013). Effect of rootstock growth characteristics on Persian walnut minigrafting. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 44(1), 21-30. (In Farsi).
9. Bayazit, S., & Sumbul, A. (2012). Determination of fruit quality and fatty acid composition of Turkish walnut (*Juglans regia*) cultivars and genotypes grown in subtropical climate of eastern Mediterranean region. *International Journal of Agriculture and Biology*, *14*(3), 419-424.
10. Bujdosó, G., Fodor, A., & Karacs-Végh, A. (2020). BD6 walnut. *HortScience*, *55*(8), 1393-1394.
11. Carrión, J. S., & Sánchez-Gómez, P. (1992). Palynological data in support of the survival of walnut (*Juglans regia* L.) in the western Mediterranean area during last glacial times. *Journal of Biogeography*, *19*, 623-630.
12. Cerovic, S., Golosin, B., Bijelic, S., & Bogdanovic, B. (2017). Walnut biodiversity in the Western Balkans. *Journal of International Scientific Publications: Agriculture & Food*, *5*(1000023), 202-216.
13. Cosmulescu, S., & Botu, M. (2012). Walnut biodiversity in South-Western Romania-resource for perspective cultivars. *Pakistan Journal of Botany*, *44*(1), 307-311.
14. Cosmulescu, S., & Stefanescu, D. (2018). Morphological variation among persian walnut (*Juglans regia*) genotypes within the population and depending on climatic year. *Scientia Horticulturae*, *242*, 20-24.
15. Ebrahimi, A., Fatahi, R., & Zamani, Z. (2011). Analysis of genetic diversity among some Persian walnut genotypes (*Juglans regia* L.) using morphological traits and SSRs markers. *Scientia Horticulturae*, *130*(1), 146-151.
16. Ebrahimi, A., Fatahi Moghadam, M., Zamani, Z., & Vahdati, K. (2010). 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), 83-94. (In Farsi).
17. Ehteshamnia, A., Sharifani, M., & Vahdati, K. (2009). Investigation of morphological diversity among native populations of walnut (*Juglans regia*) in golestan province, of Iran. *Journal of Plant Prpduction*, *16*(3), 29-48. (In Farsi).
18. FAO. (2018). *FAO statistical yearbook. Agricultural production. Food and Agriculture Organization of the United Nations (http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx).*
19. Fatahi, R., Ebrahimi, A., & Zamani, Z. (2010). Characterization of some Iranians and foreign walnut genotypes using morphological traits and RAPD markers. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *51*(1), 51-60.
20. Fattahi Moghaddam, M. R., Ebrahimi, A., & Zamani, Z. O. L. (2009). Characterization of some walnut genotypes using RAPD markers. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *40*(1), 45-54. (In Farsi).
21. Forde, H. I. (1975). Walnuts. *Walnuts*, 439-455.
22. Forde, H. I. (1979). Walnut. In J. Janick & J. N. Moore (Eds.), *Advances in fruit breeding* (pp. 439-455). Purdue University Press.

23. Germain, E. (1995). Genetic improvement of the Persian walnut (*Juglans regia* L.). In: *III International Walnut* Congress, 442. Alcobaça. Portugal. pp. 21-32.
24. Ghasemi, M., Arzani, K., Hassani, D., & Ghasemi, S. (1995). Variability in nuts of twelve walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Markazi province. In: *III International Walnut Congress*. Alcobaça. Portugal. pp. 419-424.
25. Gunn, B. F., Aradhya, M., Salick, J. M., Miller, A. J., Yongping, Y., Lin, L., & Xian, H. (2010). Genetic variation in walnuts (*Juglans regia* and *J. sigillata*; Juglandaceae): species distinctions, human impacts, and the conservation of agrobiodiversity in Yunnan, China. *American Journal of Botany*, *97*(4), 660-671.
26. Guo, W., Chen, J., Li, J., Huang, J., Wang, Z., & Lim, K. J. (2020). Portal of Juglandaceae: A comprehensive platform for Juglandaceae study. *Horticulture Research*, *7*(1), 1-8.
27. Hansche, P. E., Beres, V., & Forde, H. I. (1972). Estimated of quantitative genetic properties of walnut and their implications for cultivar improvement. *Journal of Amerecan Society for Horticultural Science*, *97*, 279-285.
28. Hassani, D., Atefi, J., Haghjooyan, R., Dastjerdi, R., Keshavarzi, M., Mozaffari, M. R., & Malmir, A. (2012a). Cultivar release: Damavand, a new persian walnut cultivar as a pollinizer for Iranian walnut cultivars and genotypes, cultivar. *Seed and Plant Improvement Journal*, *28*(3), 529-531. (In Farsi).
29. Hassani, D., Atefi, J., Haghjooyan, R., Dastjerdi, R., Keshavarzi, M., Mozaffari, M. R., & Malmir, A. (2012b). Jamal, a new Persian walnut cultivar for moderate-cold areas of Iran. *Seed and Plant Improvement*, *28*(3), 523-525. (In Farsi).
30. Hassani, D., Mozaffari, M. R., Soleimani, A., Dastjerdi, R., Rezaee, R., Keshavarzi, M., & Atefi, J. (2020). Four new Persian walnut cultivars of Iran: Persia, Caspian, Chaldoran, and Alvand. *HortScience*, *55*(7), 1162-1163.
31. IPGRI. (1994). *Descriptors for walnut (Juglans spp.).* International Plant Genetic Resources Institute.
32. Jaćimović, V., Adakalić, M., Ercisli, S., Božović, D., & Bujdoso, G. (2020). Fruit quality properties of walnut (*Juglans regia* L.) genetic resources in Montenegro. *Sustainability*, *12*(23), 9963.
33. Khadivi-Khub, A. (2014). Genetic divergence in seedling trees of Persian walnut for morphological characters in Markazi province from Iran. *Brazilian Journal of Botany*, *37*(3), 273-281.
34. Khadivi-Khub, A., Ebrahimi, A., Mohammadi, A., & Kari, A. (2015). Characterization and selection of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from seedling origin trees. *Tree Genetics & Genomes*, *11*(3), 54.
35. Limongelli, F. (1991). A new walnut cultivar:" Malizia". *Acta Horticulture*, *311*, 46-48.
36. Liu, B., Zhao, D., Zhang, P., Liu, F., Jia, M., & Liang, J. (2020). Seedling evaluation of six walnut rootstock species originated in China based on principal component analysis and cluster analysis. *Scientia Horticulturae*, *265*, 109212.
37. McGranahan, G. H., Charles, A., Leslie, C. A., Philips, H. A., & Dandaker, A. (1998). *Propagation. In: Walnut production manual.* (pp.71-83) UC ANR Publications.
38. McGranahan, G., & Leslie, C. (2004). Robert Livermore', a Persian walnut cultivar with a red seedcoat. *HortScience*, *39*(7), 1772.
39. McGranahan, GH., & Leslie, C. (2012). Walnut. In: M. Badenes & D. Byrne (Eds.), *Fruit breeding*. Springer.
40. McGranahan, GH, & Leslie, C. (1990). Walnuts (Juglans). *Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops*, *290*, 907-974.
41. Molnar, T. J., Zaurov, D. E., Capik, J. M., Eisenman, S. W., Ford, T., Nikolyi, L. V., & Funk, C. R. (2011). *Persian walnuts (Juglans regia L.) in Central Asia*. (Vol. 101). Annual Report North Nut Grow Association. 56-69.
42. Mosivand, M., Hassani, D., Payamnour, V., & Jafar Aghaei, M. (2013). omparison of tree, nut, and kernel characteristics in several walnut species and inter-specific hybrids. *Crop Breeding Journal*, *3*(1), 25-30.
43. Mousavi, S. A., Tatari, M., Moradi, H., & Hasani, D. (2015). Evaluation of Genetic Diversity Among the Superior Walnut Genotypes Based on Pomological and Phenological Traits in Chahar Mahal va Bakhtiari Province . *Seed and Plant Improvement Journal*, *31*(2), 365-389. (In Farsi).
44. Poggetti, L., Ermacora, P., Cipriani, G., Pavan, F., & Testolin, R. (2017). Morphological and carpological variability of walnut germplasm (*Juglans regia* L.) collected in North-Eastern Italy and selection of superior genotypes. *Scientia Horticulturae*, *225*, 615-619.
45. Radnia, H. (1996). *Tree fruits rootstocks (Translated)*. Agricultural Education Publisher. 637 pp (In Farsi).
46. Rasouli, M., & Ershadi, B. (2018). Investigation of genetic diversity of 33 walnut seed genotypes (*Juglans regia*) using morphological and pomological traits to introduce superior genotypes. *Pomology Research*, *3*(2), 27-39.

47. Rezaei, R., Hasani, G., Hasani, D., & Vahdati, D. (2008). Morphological characteristics of some newly selected walnut genotypes from seedling collection in Kahriz-Orumia. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, *9*(3), 205-214. (In Farsi).
48. Rezaei, Z., Khadivi, A., ValizadehKaji, B., & Abbasifar, A. (2018). The selection of superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes as revealed by morphological characterization. *Euphytica*, *214*(4), 69.
49. Rouskas, D., & Zakynthinos, G. (2001). Preliminary evaluation of seventy walnut (*Juglans regia* L.) seedlings selections in Greece. *Acta Horticulture*, *544*, 61-72.
50. Sharma, O. C., & Sharma, S. D. (2001). Genetic divergence in seedling trees of Persian walnut (*Juglans regia* L.) for various metric nut and kernel characters in Himachal Pradesh. *Scientia Horticulturae*, *88*, 163-171.
51. Sharma, R., Kour, K., Singh, B., & Yadav, S. (2014). Selection and characterization of elite walnut (*Juglans regia* L.) clone from seedling origin trees in North Western Himalayan region of India. *Australian Journal of Crop Science*, *8*(2), 257.
52. Sharma, R. M., Kour, K., Singh, B., Yadav, S., Kotwal, N., Rana, J. C., & Anand, R. (2014). Selection and characterization of elite walnut (*Juglans regia* L.) clone from seedling origin trees in north western himalayan region of india. *Australian Journal of Crop Science*, *8*(2), 257-262.
53. Sharma, S. D., & Sharma, O. C. (1998). Studies on the variability in nuts of seedling walnut (*Juglans regia* L.) in relation to the tree age. *Fruit Varieties Journal (USA)*, *52*, 20-23.
54. Solar, A., Ivancic, A., & Stampar, F. (2002). Genetic resources for walnut (*Juglans regia* L.) improvement in Slovenia. Evaluation of the largest collection of local genotypes. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *49*(5), 491-501.
55. Solar, A., & Štampar, F. (2004). Evaluation of some perspective walnut genotypes in Slovenia. *Acta Horticulture*, *705*, 131-136.
56. Sutyemez, M. (2016). New walnut cultivars: Maras 18, Sutyemez 1, and Kaman 1. *HortScience*, *51*(10), 1301-1303.
57. Sütyemez, M., Bükücü, Ş. B., & Özcan, A. (2019). Maraş 12: A Walnut cultivar with cluster-bearing Habit. *HortScience*, *54*(8), 1437-1438.
58. Zeneli, G., Kola, H., & Dida, M. (2005). Phenotypic variation in native walnut populations of Northern Albania. *Scientia Horticulturae*, *105*(1), 91-100.