

ارزیابی مورفولوژیک و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر گردو (*Juglans regia* L.) در شمال استان همدان، ایران

علی رضائی^۱، کاظم ارزانی^{۲*} و سعادت ساریخانی^۳

۱ و ۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. استادیار، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۱۱)

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی تنوع فنولوژیک، مورفولوژیک و پومولوژیک ژنوتیپ‌های گردو در شمال استان همدان، طی سال‌های باغی ۱۳۹۵-۹۶ انجام شد. بدین منظور، تعداد ۸۴ ژنوتیپ انتخاب و براساس دو توصیف‌نامه IPGRI و UPOV مورد ارزیابی قرار گرفتند، که پس از دو سال ارزیابی تعداد ۱۲ ژنوتیپ به‌عنوان ژنوتیپ برتر انتخاب گردید. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات فنولوژیک نشان داد که ژنوتیپ HaRaToMa23، با ۲۳ روز تاخیر برگ‌دهی نسبت به ژنوتیپ استاندارد مرجع، دیربرگ‌ده‌ترین ژنوتیپ بود. به‌علاوه سه ژنوتیپ HaRaSuSh1، HaRaToMa24 و HaRaVaAh17 هم‌گام بودند. براساس مطالعات پومولوژیک وزن دانه، مغز و درصد مغز در ژنوتیپ‌های برتر به ترتیب از ۶/۸۲-۱۱/۵۶ گرم، ۴۷/۱۵-۵۹/۴۷ درصد متغیر بود، کم‌ترین میزان ضخامت پوست سخت (۰/۷۷ میلی‌متر) در بین ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شده مربوط به ژنوتیپ HaRaVaAh9 بود و ژنوتیپ HaRaSuSh1 دارای بیش‌ترین میزان وزن دانه و مغز و ژنوتیپ HaRaSuSh2 دارای بیشترین درصد مغز بود. ژنوتیپ‌های برتر انتخابی دارای عادت باردهی جانبی بودند که رنگ مغز دانه آن‌ها از روشن تا بسیار روشن متغیر بود که به راحتی از پوست سخت قابل تشخیص بود. براساس نتایج به‌دست‌آمده، همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0.96^{**}$) در سطح احتمال یک درصد بین صفات تاریخ برگ‌دهی و تاریخ برداشت، عملکرد درخت با وزن دانه ($r=0.73^{**}$) و درصد باردهی جانبی ($r=0.73^{**}$) در سطح احتمال یک درصد مشاهده گردید. به‌طور کلی و براساس نتایج به‌دست‌آمده، ژنوتیپ‌های برتر انتخابی از نظر بسیاری از صفات مهم اصلاحی نسبت به ارقام تجاری برتر بودند که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی در راستای معرفی رقم‌های جدید استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: تنوع ژنتیکی، ژنوتیپ، صفات پومولوژیک، گردوی ایرانی.

Morphological evaluation and identification of walnut (*Juglans regia* L.) superior genotypes in north Hamadan province of Iran

Ali Rezaei¹, Kazem Arzani^{2*} and Saadat Sarikhani³

1, 2. Former M.Sc. Student and Professor, Tarbiat Modares University (TMU), Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Aburaihan Campus, University of Tehran, Pakdasht, Iran

(Received: March 06, 2019- Accepted: June 01, 2019)

ABSTRACT

The current research was conducted to evaluate the phenological, morphological and pomological diversity of some selected walnut genotypes in the north of Hamadan province during 2016-2017 growing seasons. For this purpose, 84 mature walnut genotypes were selected and evaluated based on the IPGRI and UPOV descriptors. After two years of evaluation, 12 genotypes were selected as the superior genotype. The results showed that HaRaToMa23 genotype is a late-leaving genotype with 23 days delay in compare with the reference standard genotype. In addition, three genotypes including HaRaSuSh1, HaRaToMa24 and HaRaVaAh17 were homogeneous. In term of pomological studies, nut and kernel weights and kernel percentages of superior genotypes varied from 12.95-22.60 g, 6.82-11.56 g and 47.15-59.47 %, respectively. The lowest shell thickness (0.77 mm) was among the superior genotypes above for HaRaVaAh9 genotype. Also, HaRaSuSh1 genotype had the highest nut and kernel weight and HaRaSuSh2 genotype showed the highest kernel percentage. The selected superior genotypes had a lateral bearing habit and their kernel color varied from bright to very bright that was easily distinguished from the hard skin. Based on the results, a positive and significant correlation ($r = 0.96^{**}$) was observed between leaving date and harvesting date, tree yield and nut weight ($r = 0.63^{**}$) and lateral bearing rate ($r = 0.73^{**}$) at a probability level of 1%. Selected superior genotypes in terms of many important breeding traits showed superiority in compare with commercial cultivars, so these selected genotypes can be used in breeding programs to introduce new cultivars.

Keywords: Genetic diversity, genotype, Persian walnut, pomological traits.

* Corresponding author E-mail: arzani_k@modares.ac.ir

مقدمه

گردوی ایرانی (*Juglans regia* L.) از مهم‌ترین خشک‌میوه‌های مناطق معتدله و از جمله گونه‌های گیاهی است که با هدف مصارف غذایی، صنعتی، دارویی و زینتی کشت می‌گردد (Bayazit *et al.*, 2007; Rahimipناه *et al.*, 2010; Vahdati *et al.*, 2014). وجود مقادیر بالای پروتئین، اسیدهای چرب و عناصر غذایی مفید در مغز گردو سبب شده است تا این گیاه از سوی سازمان خوار و بار جهانی (FAO)، به‌عنوان یک گونه‌ی راهبردی، در اولویت تولید و مصرف قرار گیرد (Gandev, 2007). از طرفی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و مقادیر بالای امگا-۳ در گردو سبب افزایش تقاضای جهانی آن گردیده است (Anderson *et al.*, 2001; Ros & Mataix, 2006). کشور ایران به‌دلیل دارا بودن شرایط مناسب کشت و پرورش گردو، با تولید بیش از ۱۳ درصد از گردوی دنیا، در ردیف مهم‌ترین مراکز تولید این گونه گیاهی ارزشمند قرار دارد، بطوریکه پس از چین و ایالات متحده آمریکا، بزرگ‌ترین تولیدکننده این محصول در سطح جهان است (FAO, 2017). علیرغم میزان تولید بالای گردو در ایران، تجارت جهانی این محصول ارزشمند در کشور موفقیت چندانی نداشته که علت اصلی آن را می‌توان به تنوع میوه تولیدی در اثر تکثیر جنسی (بذر) نسبت داد (Vahdati *et al.*, 2015). از طرفی، اگرچه در ژرم‌پلاسم موجود در گردوی کشور (با توجه به تکثیر بذری آن در سال‌های گذشته)، تنوع بالایی وجود دارد همین عامل سبب عدم یکسان بودن میوه‌های برداشتی می‌شود (Arzani, 2016)، که بایستی این مشکل با ایجاد باغ‌های پیوندی و با جایگزینی رقم‌های اصلاح شده و تجاری برطرف گردد، ولی از نظر برنامه‌های اصلاحی این تنوع موجود یک فرصت کاملاً استثنایی و منحصربه‌فردی را در دنیا در اختیار به نژادگران قرار داده است، که با شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های برتر در نقاط مختلف کشور، پژوهش‌های نو، کاربردی و مؤثر مورد نیاز کشور و با سوددهی تجاری با افق بلندمدت را انجام دهند (Arzani, 2013; Arzani, 2016).

کشور ایران یکی از مراکز اصلی پیدایش و پراکنش گردو در جهان است (Arzani *et al.*, 2008) که با

توجه به وجود ژرم‌پلاسم غنی آن در باغ‌های سنتی، ارزیابی مورفولوژیک، پومولوژیک، بیوشیمیایی، سیتولوژیک و مولکولی درختان گردو موجود در این باغ‌ها و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر، به‌عنوان اولین قدم در برنامه‌های اصلاحی گردو، نقش بسزایی در بهبود صنعت گردوکاری در سالیان آتی خواهد داشت (Arzani, 2003; Arzani, 2016; Arzani *et al.*, 2008; Sarikhani Khorami *et al.*, 2017; Rezaei *et al.*, 2018). به‌علاوه، بهره‌برداری از تنوع ژنتیکی و انتخاب و گزینش ژنوتیپ‌های برتر از بین ژرم‌پلاسم موجود در مراکز تنوع و پراکنش، یکی از روش‌های کارآمد در کاهش چرخه اصلاحی است (van Nocker & Gardiner, 2014).

مهم‌ترین اهداف اصلاحی درختان گردو شامل دستیابی به رقم‌های با عملکرد بالا همراه با کیفیت و بازار پسندی بالا، رنگ مغز روشن، دیربرگ‌دهی و مقاومت به سرمای دیررس بهاره، عادت باردهی جانبی بالا، هموگام و مقاوم نسبت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌باشد (Botu *et al.*, 2010; Cosmulescu *et al.*, 2010; Ebrahimi *et al.*, 2010; Francesca *et al.*, 2010). مطالعات در ارتباط با گزینش ژنوتیپ‌های برتر گردو و برنامه‌های اصلاحی آن‌ها در ایران توسط محققین مختلفی انجام شده و یا در حال انجام است (Ebrahimi *et al.*, 2011; Ghanbari *et al.*, 2017; Eskandari *et al.*, 2004; Sarikhani Khorami *et al.*, 2012; Arzani *et al.*, 2008; Ghasemi *et al.*, 2010; Karimi *et al.*, 2014; Khadivi-Khub *et al.*, 2015; Vahdati *et al.*, 2015; Shafaei Chorush & Arzani, 2017; Khadivi-Khub & Ebrahimi, 1991; Atefi, 2015)، همچنین این مطالعات در کشورهای از جمله هند (Sharma *et al.*, 2014a, 2014b; Angmo *et al.*, 2015; Pandey & Tripathi, 2007)، رومانی (Cosmulescu & Botu, 2012; Tsampas & Botu, 2013)، پاکستان (Hussain *et al.*, 2016) و اسلوانی (Solar & Stampar, 2004) با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های امید بخش از لحاظ صفات مهم اصلاحی صورت گرفته است.

بین ۹/۱-۶/۹ گرم بود (Asma, 2012). در مطالعه‌ای دیگر روی ژرم‌پلاسم گردو در منطقه Isparta، ترکیه مشخص گردید که دامنه تغییرات وزن دانه بین ۱۱/۰۹-۸/۴۳ گرم متغیر بود، همچنین بیشترین میزان وزن مغز ۶/۳۲ گرم و دامنه تغییرات درصد مغز بین ۴۸/۸۹-۵۷/۴۱ درصد متغیر بود (Ozkan & Koyunca, 2005). به علاوه نتایج حاصل از ارزیابی ژرم‌پلاسم گردو در منطقه‌ی Dibra در کشور آلبانی نشان داد که بیشترین میزان وزن دانه و مغز به ترتیب ۲۱/۱ و ۹/۸ گرم و بیشترین درصد مغز ۶۳/۸ درصد بود (Zeneli et al., 2005). همچنین، در بررسی ۵۸ ژنوتیپ گردو در کشور هندوستان، دامنه تغییرات وزن دانه و مغز را به ترتیب ۱/۵-۲۰/۵۵ گرم و ۶/۴-۷/۱۱ گرم گزارش کردند (Sharma & Sharma, 2001).

استان همدان یکی از مراکز اصلی تولید گردو در کشور به شمار می‌رود که ژرم‌پلاسم غنی گردو در این استان وجود دارد (Rezaei et al., 2017). عمده مطالعات در زمینه ارزیابی ژرم‌پلاسم گردو در این استان، محدود به مناطق جنوبی از جمله شهرستان تویسرکان می‌شود، این در حالی است که برخی از مناطق شمالی استان نیز دارای ژرم‌پلاسم غنی از درختان گردو هستند که از لحاظ برنامه‌های اصلاحی حائز اهمیت فراوانی است. لذا در پژوهش حاضر تلاش شده است تا از این ژرم‌پلاسم غنی به عنوان یک فرصت برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و پومولوژیک استفاده شود تا بتوان از ژنوتیپ‌های برتر انتخابی در برنامه‌های اصلاحی بعدی در راستای معرفی ارقام تجاری با خصوصیات مناسب استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و نمونه برداری

این پژوهش طی سال‌های باغی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ در شهرستان رزن واقع در شمال استان همدان انجام گرفت. شهرستان رزن یکی از مراکز کشت و کار گردو در استان همدان است که ژنوتیپ‌های با ارزشی را از نظر صفات مهم اصلاحی در خود جای داده است. پس از مشخص نمودن شش منطقه اصلی پراکنش گردو در این شهرستان (شکل ۱ و جدول ۱)، مطالعات اولیه بر روی

برنامه اصلاح گردو در ایران از سال ۱۳۶۲ توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر بر پایه ارزیابی ژرم‌پلاسم گردو در کشور آغاز و منجر به معرفی دو رقم جدید گردو به نام‌های جمال و دماوند گردید، که دماوند به عنوان رقم گرده‌زا و جمال به‌عنوان رقم تجاری معرفی گردید (Hassani et al., 2013). Arzani et al. (2008) در بررسی مورفولوژیک ۵۸ ژنوتیپ گردو در منطقه تفت استان یزد گزارش کردند که در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه میانگین وزن دانه بین ۶-۱۵/۲ گرم، وزن مغز بین ۲/۶-۹/۱ گرم، درصد مغز بین ۸/۴-۷۹/۶ درصد و ضخامت پوست دانه بین ۰/۴-۱/۴ میلی‌متر متغیر بود، که در نهایت با توجه به صفات مورد ارزیابی ژنوتیپ‌های BA150، AA116، AA115، AA35 و AA33 به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند، بطوریکه ژنوتیپ AA116 دارای اندازه دانه درشت، ژنوتیپ AA116 دارای وزن دانه بالا، ژنوتیپ‌های AA33 و AA115 دارای وزن مغز بالا، ژنوتیپ AA35 دارای درصد مغز بالا و ژنوتیپ BA150 به‌عنوان دیربرگه‌ترین ژنوتیپ شناسایی گردید. بررسی مورفولوژیک و مولکولی ۱۲ جمعیت گردو از استان‌های گلستان، همدان، لرستان، کرمانشاه کردستان نشان داد که تنوع وسیعی بین جمعیت‌های مورد مطالعه وجود داشت و تنوع وزن دانه آن‌ها بین ۱۱/۵-۱۷/۲ گرم، وزن مغز بین ۳/۳-۶/۳ گرم و درصد مغز بین ۲۸-۴۶/۷ درصد متغیر بود (Karimi et al., 2014). در مطالعه‌ای دیگر، در ارزیابی ژرم‌پلاسم گردو در استان فارس، ۱۲ ژنوتیپ برتر براساس ویژگی‌های پومولوژیک و فنولوژیک انتخاب گردید که بیشترین وزن دانه (۱۶/۳۲ گرم) در ژنوتیپ A30 و بیشترین وزن مغز (۷/۷۷ گرم) در ژنوتیپ A79 مشاهده گردید (Sarikhani Khorami et al., 2014). Ebrahimi et al. (2011) در طی گزارشی دامنه تغییرات وزن دانه را در بررسی ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده از چهار استان مختلف کشور را بین ۱۷/۷-۷/۵۲ گرم گزارش کردند.

به‌علاوه مطالعه‌ای در منطقه آناطولی شرقی، ترکیه از بین ۱۵۸ ژنوتیپ گردو مورد مطالعه، ۱۶ ژنوتیپ را به عنوان ژنوتیپ برتر انتخاب گردید که خصوصیات مورفولوژیک برتر آن‌ها شامل عادت باردهی جانبی بین ۳۸-۶۷ درصد، وزن دانه بین ۱۷/۵-۱۲/۶ گرم و وزن مغز

صفات مورد مطالعه

صفات فنولوژیک

صفات فنولوژیک شامل تاریخ برگ‌دهی، تاریخ برداشت، تاریخ شروع و پایان آزاد شدن دانه گرده و تاریخ شروع و پایان پذیرش دانه گرده توسط مادگی بودند. آغاز باز شدن جوانه‌ها زمانی در نظر گرفته شد که حدود ۵۰ درصد جوانه باز شده و نوک سبز رنگ برگ‌ها قابل مشاهده بود. همچنین زمان ظهور اولین و آخرین دانه گرده به ترتیب به عنوان ابتدا و انتهای تاریخ آزاد شدن دانه گرده لحاظ شد و تاریخ شروع و پایان پذیرش دانه گرده توسط مادگی نیز به ترتیب به عنوان اولین و آخرین تاریخ پذیرش دانه گرده ثبت گردید (IPGRI, 1994).

۲۷۰ ژنوتیپ بالغ گردو آغاز گردید. از جمله صفات حائز اهمیت در پیش انتخاب ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، دیر برگ‌دهی، مقاومت به سرما، عدم آلودگی به آفات و امراض، عملکرد بالا، درصد مغز بالا، مغز روشن، سهولت جدا شدن مغز از پوست سخت چوبی و نازک بودن پوست دانه بود. در ادامه پس از پلاک کوبی، ژنوتیپ‌ها بر اساس دو توصیف‌نامه ارزیابی گردو IPGRI و UPOV که به ترتیب توسط مؤسسه بین‌المللی منابع ژنتیکی گیاهی و اتحادیه بین‌المللی حمایت از ارقام جدید گیاهی تهیه شده است، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند (Vezaei *et al.*, 2003). پس از ارزیابی‌های مورفولوژیک و فنولوژیک ۲۷۰ ژنوتیپ مورد مطالعه، تعداد ۸۴ ژنوتیپ جهت ارزیابی‌های بعدی انتخاب گردید.



شکل ۱. نقشه جغرافیایی مناطق مورد مطالعه برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر گردو در شمال استان همدان
Figure 1. Geographical map of the studied sites for identification of walnut superior genotypes in north of Hamedan province

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر گردو در شمال استان همدان
Table 1. Geographical location of the studied sites for identification of walnut superior genotypes in north of Hamedan province

No.	Site	Site Code	Number of Genotype	Longitude	Latitude	Altitude (m)
1	Shavand	HaRaSh	13	49° 11' 45.5" E	35° 22' 14.8" N	1926
2	Sourtejin	HaRaSu	47	49° 00' 51.7" E	35° 32' 06.5" N	2061
3	Vafs	HaRaVa	9	48° 59' 40.2" E	35° 28' 26.3" N	1928
4	Darjazin	HaRaDa	6	49° 04' 39.8" E	35° 21' 30.2" N	1829
5	Gavsavar	HaRaGa	2	48° 48' 48.7" E	35° 29' 15.5" N	1919
6	Telkitappeh	HaRaTo	7	48° 56' 03.5" E	35° 29' 49.5" N	1957

صفات پومولوژیک

انتخاب ژنوتیپ های برتر

به منظور انتخاب ژنوتیپ های برتر، گزارش های پیشین در خصوص رقم تجاری چندلر به عنوان استاندارد در نظر گرفته شد (جدول ۳) و ژنوتیپ هایی که صفات کمی و کیفی برتری داشتند، به عنوان ژنوتیپ برتر انتخاب شدند. بر این اساس، از جمله ویژگی های کمی و کیفی که در انتخاب ژنوتیپ های برتر در این پژوهش مورد توجه قرار گرفت، می توان به دارا بودن وزن دانه بیشتر از ۱۲/۵ گرم، وزن مغز بیشتر از ۶ گرم، درصد مغز بیشتر از ۴۷ درصد، عادت باردهی جانبی بیش از ۵۰ درصد و ضخامت پوست سخت کمتر از ۱/۵ میلی متر بود. همچنین صفات کیفی از قبیل بسته بودن روزنه انتهایی پوست سخت، سهولت جدا شدن مغز از پوست سخت و رنگ مغز روشن در انتخاب ژنوتیپ های برتر مورد توجه قرار گرفت (Zeneli *et al.*, 2005; Sarikhani Khorami *et al.*, 2012).

تجزیه و تحلیل داده ها

میزان تنوع صفات حاصل از ارزیابی مورفولوژیک داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (Ver. 22) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در خصوص داده های کمی، ضمن انجام تست نرمال بودن داده، آنالیز تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (Ver. 9.2) انجام شد و مقایسه میانگین داده ها با استفاده از همین نرم افزار و آزمون چند دامنه ای دانکن صورت پذیرفت.

عادت باردهی ژنوتیپ نیز با توجه به درصد تشکیل دانه روی جوانه های جانبی تعیین گردید (Norouzi *et al.*, 2013). به منظور بررسی صفات مربوط به دانه، ۲۰ عدد دانه از هر ژنوتیپ در مرحله رسیدن کامل به طور تصادفی از قسمت های مختلف درخت برداشت گردید (IPGRI, 1994) و پس از حذف پوسته سبز آنها، به مدت یک ماه در محیط سایه و خشک نگهداری شد تا به طور کامل و یکنواخت خشک شوند (Zeneli *et al.*, 2005). به منظور ارزیابی صفات پومولوژیک تعداد ۱۵ عدد دانه (۳ تکرار و ۵ دانه در هر تکرار) به طور تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت. از جمله مهم ترین صفات پومولوژیک مورد بررسی می توان به طول، عرض و ضخامت دانه، وزن دانه و مغز، درصد مغز، ضخامت پوسته سخت دانه، شاخص اندازه، گرد بودن و شکل دانه و همچنین صفات کیفی از قبیل رنگ پوست و مغز، بسته بودن روزنه انتهایی دانه، سهولت جدا شدن مغز از دانه و ضخامت تیغه میانی لپه ها اشاره کرد (جدول ۲). شاخص شکل (FI) و گرد بودن دانه (RI) به ترتیب با قراردادن طول (H)، قطر (L) و ضخامت (E) دانه و براساس فرمول زیر محاسبه شد (Arzani *et al.*, 2008):

$$FI = 100H / ((E+L)/2) = 200H / (E+L)$$

$$RI = (E+L)/2H$$

جدول ۲. صفات کمی و کیفی مورد مطالعه در ژنوتیپ های گردو در شمال استان همدان، ایران

Table 2. The studied quantitative and qualitative traits of walnut genotypes in north of Hamedan province, Iran

Trait	Unit	Measuring method
Nut weight	(g)	Digital scale
Kernel weight	(g)	Digital scale
Kernel percentage	(%)	Formula
Lateral bearing	(%)	Formula
Nut width	(mm)	Digital caliper
Nut thickness	(mm)	Digital caliper
Nut length	(mm)	Digital caliper
Shell thickness	(mm)	Digital caliper
Form index	-	Code (Spherical (Less than 110), Oval shape (111-125) and Drawn oval (Larger than 125))
Lose of removal	-	Code (1. Very Easy – 9. Very Difficult)
Kernel color	-	Code (1. Extra Light – 9. Amber)
Shell texture	-	Code (1. Very Smooth – 9. Very Rough)
Packing tissue thickness	-	Code (1. Very Thin and Open – 9. Very Thick and close)
Shell seal	-	Code (1. Thin – 9. Strong)
Growth habit	-	Code (1. Upright 2. Semi upright 3. Spreading)
Tree yield	-	Code (1. Low Yield – 9. High Yield)
Time of leafing	(Day)	Days after reference standard*
Harvest time	(Day)	Days after reference standard**

* و **: تعداد روز بعد از ژنوتیپ استاندارد مرجع (برای صفات تاریخ برگ دهی و تاریخ برداشت میوه استاندارد مرجع، به ترتیب ۲۱ فروردین و ۲۲ شهریور در نظر گرفته شد).

*, ** Days after reference standard (for leafing and flowering date, reference standard was considered 10-April and for harvest date, reference standard was considered 13-Sep).

جدول ۳. ویژگی‌های رقم استاندارد مرجع "چندلر" (Vahdati et al., 2019)
Table 3. Characteristics of reference standard cultivar of walnut 'Chandler'

Characterization	
Leafing date (day)	4-Apr
Tree vigor	Moderate
Yield	Strong
Bearing habit	Lateral
Nut weight (g)	13.2
Kernel weight (g)	6.50
Kernel percentage (%)	49
Shell thickness	Thin
Kernel color	Extra light

برنامه‌های اصلاحی گردو و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر دارای اهمیت بسزایی هستند. به دلیل این که ظهور نسبی صفات فنولوژیک تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرند، لذا ارزیابی آن‌ها نسبت به رقم استاندارد مرجع صورت می‌گیرد (Arzani et al., 2008)، که در این پژوهش زود برگ‌ده‌ترین ژنوتیپ (HaRaShAt30) به عنوان استاندارد مرجع در نظر گرفته شد و ارزیابی صفات فنولوژیک سایر ژنوتیپ‌ها نسبت به این ژنوتیپ صورت گرفت. دامنه تغییرات صفات مورفولوژیک مربوط به ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش در جدول ۴ ارائه شده است. براساس نتایج به دست آمده ژنوتیپ HaRaShAt22 با یک روز تأخیر نسبت به ژنوتیپ استاندارد مرجع زودبرگ‌ترین ژنوتیپ و همچنین ژنوتیپ HaRaToMa23 با ۲۳ روز تأخیر در باز شدن جوانه برگ به عنوان دیربرگ‌ترین ژنوتیپ بود. رسیدن میوه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از تاریخ ۲۳ شهریور ۱۳۹۶ آغاز شد، لذا یک روز قبل از آن به عنوان استاندارد مرجع برای ارزیابی سایر ژنوتیپ‌ها مدنظر قرار گرفت. بر همین اساس ژنوتیپ HaRaShCh14 زودرس‌ترین ژنوتیپ و ژنوتیپ‌های HaRaToMa24، HaRaVaAh19 و HaRaToMa23 با بیش از ۲۰ روز تأخیر در رسیدن دانه دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۴). بررسی ۱۲ ژنوتیپ برتر شناسایی شده از نظر مهم‌ترین صفات فنولوژیک نشان داد که زودبرگ‌ترین ژنوتیپ (HaRaDaTa5) با هشت روز و دیربرگ‌ترین ژنوتیپ (HaRaToMa23) با ۲۳ روز تأخیر، دیرتر از ژنوتیپ استاندارد مرجع باز شدند. بررسی ژنوتیپ‌ها از نظر زمان رسیدگی نشان داد که ژنوتیپ HaRaDaTa5 با ۱۵ روز اختلاف با استاندارد مرجع زودرس‌ترین ژنوتیپ و ژنوتیپ

برای این بخش، داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) با سه تکرار و ۵ دانه در هر تکرار تجزیه و با هم مقایسه گردیدند. به منظور مطالعه همبستگی، داده‌های حاصل از ۸۴ ژنوتیپ انتخابی اولیه مورد استفاده قرار گرفت و ضریب همبستگی پیرسون با استفاده از نرم‌افزار آماری (SPSS (Ver. 22) محاسبه گردید. همچنین برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و خوشه‌بندی ژنوتیپ‌های برتر از نرم‌افزار Minitab (Ver. 16) بر مبنای داده‌های مورفولوژیک و فنولوژیک با توارث‌پذیری بالا شامل وزن میوه و مغز، درصد مغز، عادت باردهی جانبی، عرض، ضخامت و طول دانه، ضخامت پوست سخت، تاریخ برداشت، تاریخ باز شدن جوانه، تاریخ آزاد شدن اولین و آخرین دانه گرده و تاریخ پذیرش دانه گرده توسط مادگی (Hansche et al., 1972; Vahdati et al., 2019) استفاده گردید.

نتایج و بحث

ارزیابی صفات فنولوژیک

صفت دیربرگ‌دهی همانند صفات زودرسی، عملکرد مناسب و کیفیت محصول از جمله صفات حائز اهمیت در برنامه‌های اصلاحی گردو می‌باشد (Ebrahimi et al., 2010)، بطوریکه گزینش ژنوتیپ‌های دیربرگ‌دهی می‌تواند نقش مهمی در کاهش خسارت سرمای دیررس بهاره و همچنین بیماری بلایت داشته و به مراتب عملکرد گیاه را نیز افزایش دهد (Khadivi-Khub et al., 2015; Hassankhah et al., 2017). وراثت‌پذیری صفات زمان برگ‌دهی خیلی بالا ($h^2 > 0.90$) و زمان برداشت بالا ($0.8 < h^2 < 0.90$) می‌باشد (Hansche et al., 1972)، لذا در انجام

محیطی قرار می‌گیرند (McGranahan & Forde, 1985).

ارزیابی صفات پومولوژیک

بررسی دامنه تغییرات صفات پومولوژیک ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که بیشترین میزان وزن دانه (۲۲/۶۰ گرم) و مغز (۱۱/۵۶ گرم) در ژنوتیپ HaRaSuSh1 مشاهده شد. همچنین کمترین میزان وزن دانه (۸/۵۵ گرم) و مغز (۴/۴۳ گرم) نیز در ژنوتیپ HaRaSuTo12 وجود داشت و بیشترین درصد مغز (۷۱/۰۲ درصد) و باردهی جانبی (۷۵ درصد) در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به ترتیب در ژنوتیپ‌های HaRaSuJe1 و HaRaSuKe7 وجود داشت. به علاوه نتایج بررسی‌ها نشان داد که به ترتیب ژنوتیپ‌های HaRaSuHe31 و HaRaSuKe3 دارای کمترین (۰/۳۴ میلی‌متر) و بیشترین (۱/۳۰ میلی‌متر) میزان ضخامت پوست سخت دانه بودند (جدول ۴). نتایج حاصل از بررسی خصوصیات پومولوژیک ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که بیشترین میزان طول (۵۱/۸۴ میلی‌متر)، عرض (۴۱/۳۳ میلی‌متر) و ضخامت (۴۲/۵۹ میلی‌متر) دانه در ژنوتیپ HaRaSuSh1 مشاهده شد.

HaRaToMa24 با ۲۵ روز اختلاف با استاندارد مرجع دیررس‌ترین ژنوتیپ در میان ژنوتیپ‌های برتر انتخابی بود. بررسی نتایج نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های HaRaSuSh1، HaRaToMa24 و HaRaVaAh17 با بیش از ۶ روز همپوشانی دوره آزاد شدن دانه گرده و پذیرش آن توسط مادگی، ژنوتیپی هم‌گام بودند. بررسی رفتار گرده‌افشانی ژنوتیپ‌های برتر نشان داد که بیشترین همپوشانی دوره آزاد شدن دانه گرده و پذیرش آن توسط مادگی در ژنوتیپ HaRaToMa24 با ۹ روز بود (شکل ۲ و جدول ۵). همپوشانی دوره آزاد شدن دانه گرده و پذیرش آن توسط مادگی در مدیریت گرده‌افشانی باغ در زمان عدم حضور رقم گرده‌زای مناسب حائز اهمیت فراوانی است (*et al* Rezai, 2008). در بررسی نوع دایکोगامی در ژنوتیپ‌های برتر مشخص شد که تمامی ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شده دارای ناهمرسی از نوع نر پیش‌رس یا پروتاندروس بودند (شکل ۲)، که این موضوع با یافته‌های *Mansuri Ardakan et al.* (2003)، مبنی بر غالب‌بودن پدیده ناهمرسی از نوع ماده پیش‌رس مغایرت داشت، که دلیل این موضوع می‌تواند به لحاظ تفاوت نوع آب و هوا در منطقه یزد و همدان باشد چرا که ظهور نسبی صفات فنولوژیک تحت تأثیر شرایط

No.	Genotype	Flower	Dichogamy	Male & Female Flowers Habit (DARS) *																																										
				12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48						
2	HaRaSuSh1	Male	(H) Pr																																											
		Female																																												
2	HaRaSuHe16	Male	Pr																																											
		Female																																												
3	HaRaToMa24	Male	(H) Pr																																											
		Female																																												
4	HaRaSuSh2	Male	Pr																																											
		Female																																												
5	HaRaVaAh17	Male	(H) Pr																																											
		Female																																												
6	HaRaDaTa3	Male	Pr																																											
		Female																																												
7	HaRaToMa10	Male	Pr																																											
		Female																																												
8	HaRaToMa23	Male	Pr																																											
		Female																																												
9	HaRaSuHe1	Male	Pr																																											
		Female																																												
10	HaRaVaAh9	Male	Pr																																											
		Female																																												
11	HaRaVaAh6	Male	Pr																																											
		Female																																												
12	HaRaDaTa5	Male	Pr																																											
		Female																																												

* Days After Reference Standard

شکل ۲. طول دوره باز شدن گل نر و ماده و نوع دایکोगامی در ژنوتیپ‌های برتر مورد مطالعه در سال باغی ۱۳۹۵-۱۳۹۶
Figure 2. The duration of pollen shedding, pollen receptivity and type of dichogamy in the studied walnut superior genotypes in 2016-2017 growing seasons.

HaRaVaAh9 و HaRaDaTa3 مشاهده شد (جدول ۵).

براساس گزارش‌های موجود برخی از خصوصیات میوه گردو تحت تأثیر سن درخت نمی‌باشد (Sharma & Sharma, 2001)، بطوریکه عوامل محیطی، ژنوتیپ و برهمکنش بین آن دو، از عوامل اثرگذار بر کیفیت دانه و مغز گردو بشمار می‌روند (McGranahan & Leslie, 2012). بررسی ژنوتیپ‌های برتر از نظر تنوع صفات پومولوژیک نشان داد که تنوع قابل ملاحظه‌ای از نظر صفات میوه بین ژنوتیپ‌های برتر وجود داشت. طبق نتایج حاصل‌شده، میانگین وزن دانه ژنوتیپ‌های برتر بین ۲۲/۶۰ - ۱۲/۹۵ گرم متغیر بود، بطوریکه بیشترین وزن دانه در ژنوتیپ HaRaSuSh1 و کمترین آن در ژنوتیپ HaRaSuAh9 مشاهده شد (جدول ۶).

همچنین بررسی دامنه تغییرات وزن دانه و مغز در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که ژنوتیپ HaRaSuSh1 با میانگین وزن دانه و مغز به ترتیب ۲۲/۶۰ و ۱۱/۵۶ گرم بیشترین میزان این صفات را در بین ژنوتیپ‌های برتر داشت و بیشترین درصد مغز نیز مربوط به ژنوتیپ HaRaSuSh2 به میزان ۵۹/۴۷ درصد بود. همچنین بررسی ژنوتیپ‌های برتر از نظر درصد باردهی جانبی نشان داد که ژنوتیپ HaRaSuHe16 با ۷۴/۵ درصد بیشترین و ژنوتیپ HaRaSuSh1 با ۵۵ درصد کم‌ترین میزان باردهی جانبی را دارا بودند. نتایج حاصل از بررسی ضخامت پوسته سخت دانه در ژنوتیپ‌های برتر نشان داد که دامنه تغییرات ضخامت پوست سخت بین ۲۸/۷۷-۰/۱ میلی‌متر متفاوت بود، بطوریکه بیشترین و کمترین میزان این صفت به ترتیب در ژنوتیپ‌های

جدول ۴. دامنه تغییرات برخی خصوصیات مهم مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گردو شناسایی در شمال استان همدان

طی سال‌های باغی ۱۳۹۶-۱۳۹۵

Table 4. The variation ranges of some important morphological characteristics of the studied walnut genotypes originated from north of Hamedan Province in 2016

Traits	Mean	Min	Max	SD.	CV (%)
Nut length (mm)	38.71	29.54	51.84	4.36	11.27
Nut width (mm)	34.07	27.10	41.23	2.67	7.84
Nut thickness (mm)	34.62	29.21	44.39	2.76	7.97
Nut weight (g)	13.47	8.55	22.60	2.69	19.74
Kernel weight (g)	7.18	4.43	11.56	1.35	18.92
Kernel percentage (%)	54.09	40.80	71.02	5.31	9.82
Shell thickness (mm)	0.86	0.34	1.30	0.16	18.80
Bud break date (DARS) ¹	11.84	1.00	23.00	3.41	28.79
Harvest date (DARS)	13.48	1.00	32.00	5.00	37.09
Lateral bearing (%)	53.99	21.00	75.00	14.69	27.21

۱. تعداد روز بعد از استاندارد مرجع، (برای صفات تاریخ برگ‌دهی و برداشت به ترتیب ۲۱ فروردین و ۲۲ شهریور در نظر گرفته شد)

1. Days after reference standard (for leafing and flowering date, reference standard was considered 10-April & for harvest date, reference standard was considered 13-Sep).

جدول ۵. دامنه تغییرات برخی خصوصیات مهم مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های برتر گردوی شناسایی‌شده در شمال استان همدان

طی سال‌های باغی ۱۳۹۶-۱۳۹۵

Table 5. The variation ranges of some important morphological characteristics of the superior walnut genotypes selected from north of Hamedan Province in 2016

Traits	Mean	Min	Max	SD.	CV (%)
Nut length (mm)	40.74	31.85	51.84	5.71	14.03
Nut width (mm)	35.40	27.76	41.33	3.39	9.60
Nut thickness (mm)	35.85	29.20	42.59	3.49	9.76
Nut weight (g)	15.90	12.95	22.60	2.59	16.29
Kernel weight (g)	8.50	6.82	11.56	1.43	16.86
Kernel percentage (%)	53.47	47.15	59.47	3.44	6.43
Shell thickness (mm)	1.00	0.77	1.28	0.13	13.66
Bud break date (DARS) ¹	14.66	8.00	23	4.86	33.19
Harvest date (DARS) ¹	17.17	15.00	25	5.21	30.40
Lateral bearing (%)	66.09	55.00	74.50	1.16	16.17

۱. تعداد روز بعد از استاندارد مرجع، که در این پژوهش رقم چندلر می‌باشد (برای صفات تاریخ برگ‌دهی و برداشت به ترتیب ۲۱ فروردین و ۲۲ شهریور در نظر گرفته شد).

1. Days after reference standard (for leafing and flowering date, reference standard was considered 10-April & for harvest date, reference standard was considered 13-Sep).

Cosmulescu & Botu (2012) با میانگین ۷۱/۷۰ درصد همخوانی داشت.

بررسی نتایج حاصل از تغییرات طول، عرض و ضخامت دانه نشان داد که ژنوتیپ HaRaVaAh17 دارای کمترین مقدار طول (۳۱/۸۴ میلی‌متر)، عرض (۲۷/۷۶ میلی‌متر) و ضخامت (۲۹/۲۱ میلی‌متر) دانه بود. به‌علاوه ژنوتیپ HaRaSuSh1 دارای بیشترین مقدار طول (۵۱/۸۴ میلی‌متر) و عرض (۴۱/۲۳ میلی‌متر) دانه بود، همچنین بیشترین (۴۲/۵۸ میلی‌متر) مقدار ضخامت دانه در ژنوتیپ HaRaSuSh1 مشاهده گردید (جدول ۶). براساس گزارش Sharma *et al.* (2014a) میانگین طول دانه در توده‌های با منشاء بذری در منطقه شمال غربی همالیا ۴۵/۴۵ میلی‌متر بود. همچنین دامنه تغییرات طول دانه در گزارش Khadivi-Khub & Ebrahimi (2015) بین ۲۶/۶-۴۱/۸۰ میلی‌متر متفاوت بود.

از جمله صفات بسیار مهم در بحث ارزیابی ژنوتیپ‌های امید بخش، ضخامت پوست سخت دانه می‌باشد، بطوریکه یک ژنوتیپ امید بخش گردو می‌بایست دارای ضخامت پوست سختی بین ۰/۷ تا ۱/۵۰ میلی‌متر باشد (Akca & Ozongun, 2004). همچنین Nenuhin (1971) گزارش کرد که ضخامت مناسب برای پوست سخت دانه در حدود ۰/۹۲ میلی‌متر است. در پژوهش حاضر، دامنه تغییرات ضخامت پوست دانه در ژنوتیپ‌های برتر بین ۱/۲۸-۰/۷۷ میلی‌متر متغیر بود، که بیشترین میزان این صفت در ژنوتیپ HaRaDaTa3 با میانگین ۱/۲۸ میلی‌متر و کمترین میزان آن در ژنوتیپ HaRaVaAh9 با میانگین ۰/۷۷ میلی‌متر مشاهده شد. در ارزیابی ژرم‌پلاسم گردو در منطقه هیمچال پرادش، هند گزارش شده است که ضخامت پوسته سخت دانه در منطقه هیمچال پرادش بین ۰/۶۰ تا ۲/۶۰ میلی‌متر است که از یافته‌های این تحقیق بیشتر بوده است (Sharma & Sharma, 2001). دامنه تغییرات صفت ضخامت پوست سخت دانه در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش (۰/۳۰-۱/۴۰ میلی‌متر) کمتر از یافته‌های سایر محققین Aslantas *et al.* (2006) و Akca & Ozongun (2004) و Yarılgac *et al.* (2001) در مناطق مختلف ترکیه بود. به‌علاوه کم‌ترین

براساس نتایج حاصله، بیشترین میزان وزن دانه (۲۲/۶۰ گرم) در این پژوهش نسبت به گزارش‌های Atefi (1997) به میزان ۲۰ گرم در کرج، Ebrahimi *et al.* (2015) به میزان ۲۲/۳۰ گرم در برخی مناطق ایران، Sharma & Sharma (1998) به میزان ۱۸/۶۰ گرم در منطقه هیمچال پرادش، Aslantas (2006) به میزان ۱۶/۰۱ گرم در منطقه آنتولیا و Ipek *et al.* (2018) به میزان ۱۴/۳۴ گرم در کونیا بیشتر بود.

بررسی ژنوتیپ‌های برتر از نظر وزن مغز نشان داد که دامنه تغییرات وزن مغز ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شده بین ۱۱/۵۶-۶/۸۲ گرم متغیر بود، بطوریکه بیشترین وزن مغز در ژنوتیپ HaRaSuSh1 و کمترین مقدار آن نیز در ژنوتیپ HaRaSuAh9 مشاهده گردید (جدول ۶). بیشترین میزان وزن مغز در ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شده (۱۱/۵۶ گرم) در مطالعه حاضر، از بیشترین میزان یافته‌های Ebrahimi *et al.* (2015) به میزان ۸/۵۳ گرم در برخی مناطق ایران، Aslantas (2006) به میزان ۷/۳۷ گرم در منطقه شمال شرقی آنتولیا و همچنین از یافته‌های Akca & Ozongun (2004) به میزان ۵/۸۱ گرم در ترکیه بیشتر بود و از نتایج Khadivi-Khub *et al.* (2015) به میزان ۱۴ گرم در برخی از مناطق استان فارس کمتر بود. Hassani *et al.* (2013) در ارزیابی صفات پومولوژیک هشت رقم خارجی و هفت رقم امید بخش داخلی دامنه تغییرات وزن دانه را بین ۱۳/۶۲-۷/۴۷ گزارش کردند. براساس گزارش‌های موجود دانه‌های گردو با درصد مغز بالای ۵۰ درصد مطلوب است (Germain, 1997). براساس نتایج به‌دست‌آمده، درصد مغز ژنوتیپ‌های برتر شناسایی‌شده بین ۴۷/۴۷-۵۹/۴۷ درصد متغیر بود، بطوریکه بیشترین و کمترین درصد مغز در بین ژنوتیپ‌های برتر به ترتیب در ژنوتیپ HaRaSuSh2 و HaRaSuHe1 مشاهده گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ۸۳/۳۳ درصد از ژنوتیپ‌های برتر دارای درصد مغز بیش از ۵۰ درصد بودند، به عبارت دیگر تنها ژنوتیپ‌های HaRaSuSh1 و HaRaSuHe1 درصد مغز کمتر از ۵۰ درصد داشتند که با نتایج Zeneli *et al.* (2005) به میزان ۶۳/۸۰ درصد، Aslantas (2006) به میزان ۶۷/۱۴ درصد و

روشن تا روشن بودند. بررسی ژنوتیپ‌ها برتر از نظر صفت میزان بسته بودن روزنه انتهایی پوست سخت نشان داد که بیش از نیمی از ژنوتیپ‌ها دارای روزنه انتهایی کاملاً بسته بودند. همچنین بررسی صفت میزان پر بودن دانه ژنوتیپ‌های امید بخش مشخص گردید که تنها ژنوتیپ HaRaSuHe1 دارای دانه متوسط تا پر بود و مابقی آن‌ها دارای دانه پر تا بسیار پر بودند. همانطوری که جدول ۷ نشان می‌دهد، ژنوتیپ‌ها از نظر درجه سهولت جدا شدن مغز از پوست سخت دانه به طور مساوی به ۳ گروه خیلی راحت، خیلی راحت تا راحت و راحت تقسیم شدند. نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از این بود که ضخامت تیغه میانی در ۵۸/۳۳ درصد از ژنوتیپ‌های امیدبخش خیلی نازک تا نازک بود (جدول ۷). به‌علاوه نتایج به دست آمده از ارزیابی ۱۲ ژنوتیپ امیدبخش گردو نشان داد که ژنوتیپ‌های HaRaSuSh1، HaRaSuSh2، HaRaSuHe16، HaRaToMa23 و HaRaSuHe1 دارای رنگ مغز خیلی روشن تا روشن بودند (جدول ۷). به‌طور کلی، به‌نژادگران گردو از صفاتی مانند رنگ روشن مغز و سهولت جدا شدن ژنوتیپ‌های برتر در برنامه‌های اصلاحی خود استفاده می‌کنند (Aslantaş, 2006; Cosmulescu & Botu, 2012; Kazankaya et al., 2001; Sharma & Sharma 2001; Yarılgac et al., 2005; Zeneli et al., 2001). به‌علاوه بررسی ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شده از نظر صفت عادت رشدی درخت نشان داد که تنها ژنوتیپ‌های HaRaDaTa5 و HaRaSuSh1 دارای عادت رشدی نیمه عمودی بوده و مابقی آن‌ها دارای عادت رشدی گسترده بودند.

میزان ضخامت پوست سخت (۰/۶۹ میلی‌متر) در بین ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شده، بیشتر از نتایج Khadivi- *Khub et al.* (2015) به میزان ۰/۱۰ میلی‌متر بود. نتایج حاصل از بررسی شاخص شکل و اندازه دانه نشان داد که بیشترین شاخص اندازه (۴۵/۲۲) و شکل دانه (۱۲۳/۷۸) در ژنوتیپ HaRaSuSh1 مشاهده گردید. همچنین بیشترین شاخص گرد بودن دانه (۰/۹۸) در ژنوتیپ HaRaDaTa5 مشاهده گردید. *Zeneli et al.* (2005)، دانه‌های گردو را از نظر وزن به ۵ گروه بسیار کوچک (میانگین وزن کمتر از ۷/۵ گرم)، کوچک (میانگین وزن بین ۷/۶-۹ گرم)، متوسط (میانگین وزن بین ۹/۱-۱۰ گرم)، بزرگ (میانگین وزن بین ۱۰/۱-۱۲ گرم) و بسیار بزرگ (میانگین وزن بیش از ۱۲ گرم) تقسیم کرد که بر این اساس، ژنوتیپ‌های برتر انتخابی در پژوهش حاضر دارای اندازه دانه بسیار بزرگ بودند (جدول ۶). از جمله مهم‌ترین صفات مورد استفاده در گزینش ژنوتیپ‌های برتر به‌منظور استفاده در برنامه‌های اصلاحی توجه به صفات کیفی دانه‌ها است (Cosmulescu & Botu 2012; Khadivi-Khub et al., 2015; Sharma & Botu 2001; Aslantaş 2006; Arzani et al., 2008). براساس نتایج حاصل از ارزیابی خصوصیات کیفی ژنوتیپ‌های برتر هیچ یک از آن‌ها دارای رنگ مغز تیره نبودند. از مجموع ۱۲ ژنوتیپ برتر انتخاب شده، ۸۳/۳۳ درصد از ژنوتیپ‌ها دارای بافت پوست خیلی صاف تا صاف و تنها ژنوتیپ HaRaSuSh1 دارای سطح پوست صاف تا متوسط بود. به‌علاوه ۵۰ درصد از ژنوتیپ‌های برتر از نظر صفت رنگ پوست، دارای رنگ پوست خیلی

جدول ۶ صفات مربوط به دانه دوازده ژنوتیپ برتر (± انحراف معیار) شناسایی شده در شمال استان همدان در سال باغی ۹۶-۱۳۹۵
Table 6. Pomological traits of twelve selected walnut superior genotypes (±SD) in north of Hamadan province in 2016 growing season.

Genotype	Nut weight (g)	Kernel weight (g)	Kernel percentage (%)	Shell thickness (mm)	Lateral bearing (%)
HaRaSuSh1	22.60±0.82a	11.56±1.14a	48.07±0.54h	1.03±0.05bcd	55.00±4.12d
HaRaSuHe16	16.47±0.47c	9.45±0.50bc	55.71±0.82bc	0.93±0.04e	74.50±2.12a
HaRaToMa24	15.08±0.41d	8.28±0.30de	54.96±0.68c	1.07±0.06bc	55.80±4.19d
HaRaSuSh2	14.94±0.42d	9.11±0.68c	59.47±0.60a	1.01±0.08bcde	70.00±1.41b
HaRaDaTa5	14.49±0.43	7.89±0.16ef	54.67±0.69cd	1.08±0.08b	63.60±2.88c
HaRaVaAh17	14.44±0.33d	7.55±0.74efg	53.32±0.98ef	1.02±0.08bcde	72.00±4.47ab
HaRaVaAh6	14.37±0.45d	7.16±0.20fg	50.50±0.93g	0.99±0.04bcde	62.00±2.73c
HaRaDaTa3	16.47±0.69c	8.78±0.37cd	54.06±0.93de	1.28±0.08a	68.60±2.19b
HaRaToMa10	13.20±0.60	6.94±0.53g	52.94±0.81f	0.97±0.08de	60.60±2.60c
HaRaVaAh9	12.95±0.56e	6.82±0.56efg	52.54±0.48b	0.77±0.08f	55.80±2.28b
HaRaToMa23	18.61±1.07b	10.12±0.80b	54.14±0.87de	0.84±0.07f	71.00±2.23ab
HaRaSuHe1	16.70±0.94c	7.75±0.54efg	47.15±0.90h	1.04±0.04bcd	67.40±2.73ab

- در هر ستون ژنوتیپ‌های که در یک حرف مشترک می‌باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

- There is no significant differences between genotypes with the same letters in each column.

ادامه جدول ۶. صفات مربوط به دانه دوازده ژنوتیپ برتر (\pm انحراف معیار) شناسایی شده در شمال استان همدان در سال باغی ۱۳۹۵-۹۶

Continued table 6. Pomological traits of twelve selected walnut superior genotypes (\pm SD) in north of Hamadan province in 2016 growing season

Genotype	Nut length (mm)	Nut width (mm)	Nut thickness (mm)	Form index	Roundness index
HaRaSuSh1	51.84 \pm 0.96a	41.23 \pm 1.59a	42.59 \pm 1.56a	123.78 \pm 3.70ab	0.80 \pm 0.02de
HaRaSuHe16	44.47 \pm 1.42c	37.16 \pm 0.76c	37.44 \pm 1.29cd	119.28 \pm 2.78bc	0.83 \pm 0.03cd
HaRaToMa24	35.76 \pm 0.62f	34.10 \pm 1.07f	35.36 \pm 0.83ef	102.98 \pm 1.61e	0.97 \pm 0.02a
HaRaSuSh2	41.11 \pm 0.86d	35.59 \pm 0.52de	34.05 \pm 0.86fg	118.12 \pm 2.91c	0.85 \pm 0.02c
HaRaDaTa5	35.03 \pm 0.76f	34.48 \pm 1.31ef	34.25 \pm 1.49fg	101.97 \pm 2.22e	0.98 \pm 0.02b
HaRaVaAh17	31.85 \pm 1.40g	27.76 \pm 0.95h	29.20 \pm 0.94h	111.82 \pm 3.37d	0.90 \pm 0.03b
HaRaVaAh6	44.20 \pm 0.59c	34.57 \pm 0.94ef	34.83 \pm 0.40f	127.41 \pm 3.17a	0.79 \pm 0.02e
HaRaDaTa3	40.59 \pm 0.75d	37.64 \pm 0.78cb	36.88 \pm 0.73ed	108.91 \pm 1.79d	0.92 \pm 0.02b
HaRaToMa10	38.13 \pm 0.76e	32.24 \pm 1.19g	33.02 \pm 2.62g	117.11 \pm 4.28c	0.85 \pm 0.05c
HaRaVaAh9	38.77 \pm 0.86f	34.40 \pm 0.83ef	34.24 \pm 0.77fg	112.93 \pm 1.50e	0.89 \pm 0.01a
HaRaToMa23	45.04 \pm 1.47cb	36.49 \pm 0.53cd	38.81 \pm 0.53bc	119.64 \pm 4.58bc	0.84 \pm 0.03cd
HaRaSuHe1	46.09 \pm 1.24b	38.82 \pm 0.85b	39.23 \pm 0.84b	118.08 \pm 2.99c	0.84 \pm 0.02c

- در هر ستون ژنوتیپ‌های که در یک حرف مشترک می باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند

- There is no significant differences between genotypes with the same letters in each column.

جدول ۷. خصوصیات کیفی ژنوتیپ‌های برتر انتخابی گردو در شمال استان همدان در سال باغی ۱۳۹۵-۱۳۹۶

Table 7. Qualitative traits of twelve selected superior walnut genotypes in north of Hamadan, Iran in 2016 growing season

Genotype	Shell texture	Shell color	Shell seal	Kernel fill	Kernel removal of nut	Packing tissue thickness	Kernel color	Growth habit
HaRaSuSh1	3	3	7	7	2	3	3	2
HaRaSuHe16	2	2	7	8	1	2	2	3
HaRaToMa24	2	1	7	7	1	3	1	3
HaRaSuSh2	2	2	7	7	3	3	2	3
HaRaToMa23	2	2	8	8	3	3	2	3
HaRaSuHe1	2	1	8	6	1	2	2	3
HaRaVaAh17	2	1	9	7	3	4	1	3
HaRaDaTa3	2	2	7	7	2	3	1	3
HaRaDaTa5	1	1	8	8	1	2	1	2
HaRaVaAh6	2	2	8	8	3	3	1	3
HaRaVaAh9	2	1	8	8	2	2	1	3
HaRaToMa10	2	2	8	8	2	4	1	3

همبستگی بین صفات

مهمترین اهداف در برنامه‌های اصلاحی در درختان گردو به‌شمار می‌رود، به‌طوری‌که بر اساس گزارش Karadag & Akca (2011) باردهی جانبی درختان گردو تعیین کننده میزان عملکرد درخت است. براساس نتایج حاصل شده، همبستگی مثبت و معنی داری در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) بین صفات عملکرد درخت با باردهی جانبی ($r = +0.73^{**}$) و عملکرد درخت و وزن دانه ($r = +0.63^{**}$) مشاهده شد که با نتایج سایر محققین مطابقت کامل داشت (Arzani *et al.*, 2008; Amiri *et al.*, 2010). به‌علاوه بین وزن مغز و وزن دانه رابطه مثبت و معنی‌داری ($r = +0.86^{**}$) در سطح احتمال یک درصد وجود داشت که با گزارشات سایر محققین بطور کامل مطابقت داشت (Cosmulescu & Botu, 2012; Eskandari *et al.*, 2012; Khadivi-Khub *et al.*, 2004; Ghasemi *et al.*,

آگاهی از روابط همبستگی بین خصوصیات مختلف ژنوتیپ‌ها از قبیل صفات دانه و مغز با دیگر صفات می‌تواند در انتخاب مناسب و آگاهانه ژنوتیپ‌ها برای برنامه‌های اصلاحی کمک شایانی نماید (Amiri *et al.*, 2010; Sarikhani Khorami *et al.*, 2014). به‌علاوه همبستگی بین صفات مختلف نشان می‌دهد که بهبود یک صفت می‌تواند موجب بهبود صفات دیگر نیز گردد (Yucel *et al.*, 2009). بطورکلی براساس نتایج حاصل از همبستگی بین صفات مشخص گردید که همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r = +0.96^{**}$) در سطح احتمال یک درصد بین صفات تاریخ برگ‌دهی و تاریخ برداشت مشاهده گردید که با نتایج Ebrahimi *et al.* (2010) و Amiri *et al.* (2010) مطابقت داشت. همچنین میزان باردهی جانبی به‌عنوان یکی از

یکدیگر تفکیک نمایند (جدول ۹). همچنین براساس نتایج، مهمترین اجزای مؤلفه دوم که توانست بین ژنوتیپ‌ها تفکیک ایجاد کند صفات پومولوژیک بود که از جمله مهمترین این صفات می‌توان به صفات وزن دانه و مغز و ضخامت پوست سخت اشاره نمود (شکل ۳). نتایج گروه‌بندی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها تا حدودی با یکدیگر مطابقت داشت.

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های برتر گردو بر مبنای صفات با توارث پذیری بالا صورت پذیرفت (Arzani *et al.*, 2008)، بطوریکه ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شده در چهار خوشه مجزا قرار گرفتند (شکل ۴)، بطوریکه خوشه اول در برگیرنده ژنوتیپ‌های HaRaSuSh1 و HaRaToMa23 بود که از نظر صفات فنولوژیک از قبیل تاریخ اولین آزاد شدن دانه گرده و پذیرش آن توسط مادگی مشابه بودند.

(*et al.*, 2015). به‌علاوه مطالعات نشان داد که بین درصد مغز با وزن دانه و مغز همبستگی منفی وجود دارد که با نتایج Norouzi *et al.* (2013) و Sarikhani و Khorami *et al.* (2014) مطابقت داشت (جدول ۸).

تجزیه به مؤلفه اصلی (PCA)

هدف از انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی کاهش تعداد متغیرهای اولیه برای توصیف تنوع کل موجود در یک جمعیت و تبیین سهم هر صفت در تنوع کل می‌باشد (Danesh Gilevaei, 2008). تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر مبنای صفات مورفولوژیک با توارث‌پذیری بالا برای بررسی تنوع و تبیین سهم هر صفت در ایجاد تنوع در جمعیت ژنوتیپ‌های برتر گردوی شناسایی شده استفاده گردید. بر این اساس در مؤلفه اول صفات فنولوژیک از قبیل زمان برگ‌دهی، زمان آزاد شدن اولین دانه گرده و زمان برداشت دانه از جمله صفاتی بودند که به عنوان مهم‌ترین اجزای مؤلفه اول توانستند ژنوتیپ‌ها را از

جدول ۸. ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) بین برخی صفات با توارث‌پذیری بالا در ژنوتیپ مورد مطالعه گردو

Table 8. Pearson correlation coefficients between some high-heritability traits in the studied walnut genotypes

Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Bud break date	1										
2. Harvest date	0.96**	1									
3. Tree yield	0.04	-0.06	1								
4. Lateral bearing	-0.03	-0.14	0.73**	1							
5. Nut weight	0.25	0.24	0.63**	0.11	1						
6. Kernel weight	0.30	0.27	0.52	0.17	0.86**	1					
7. Kernel percentage	0.04	0.00	-0.17	-0.13	-0.19	-0.20	1				
8. Shell thickness	-0.30	-0.12	-0.42	-0.5	0.23	-0.11	-0.27	1			
9. Nut length	0.39	0.31	0.56	0.28	0.75**	0.55	-0.42	-0.06	1		
10. Nut width	0.10	0.09	0.50	0.20	0.78**	0.64*	-0.20	-0.09	0.80**	1	
11. Nut thickness	0.26	0.24	0.49	0.09	0.86**	0.62**	-0.32	0.09	0.81**	0.85**	1
12. Fruit index	0.28	0.25	0.59*	0.27	0.86**	0.66*	-0.31	0.02	0.93**	0.92*	0.94**

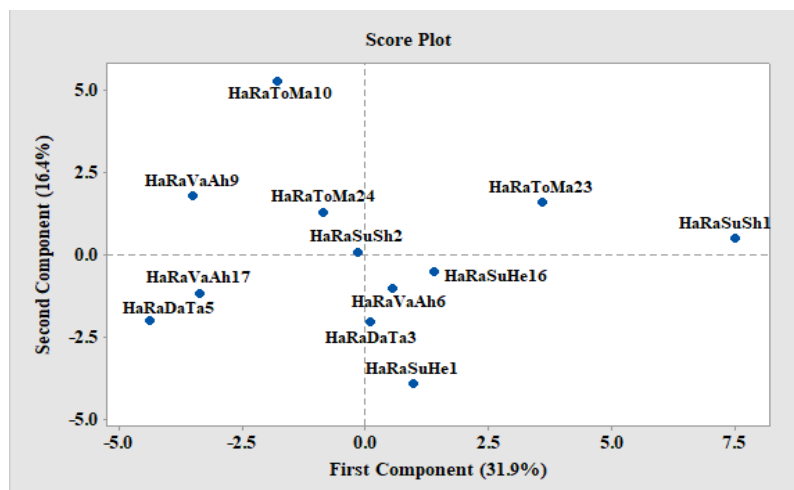
*, **: Significantly differences at 5 and 1% of probability levels, respectively.

***: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

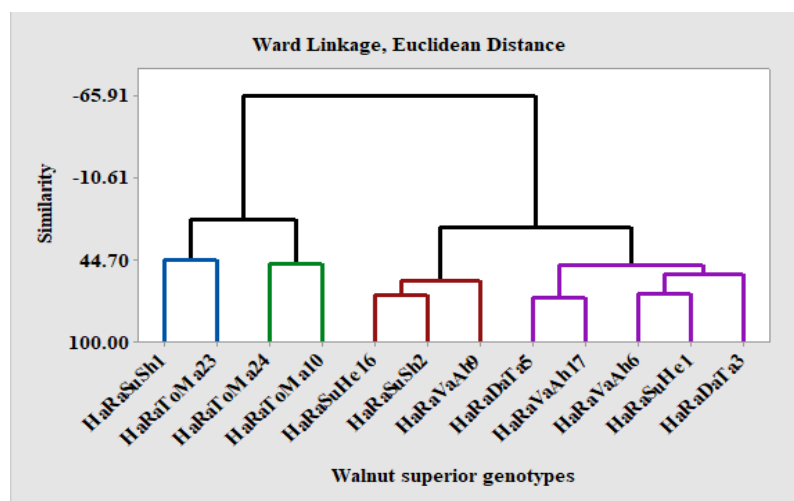
جدول ۹. ضرایب تبیین چهار مؤلفه اول برای هر یک از صفات با توارث‌پذیری بالا در ژنوتیپ‌های برتر گردو

Table 9. The coefficients of explaining the first four components for each of the traits with high heritability in walnut superior genotypes

Traits	Components			
	1	2	3	4
Bud break date	0.42	-0.09	0.03	0.12
First male bloom date	0.42	-0.17	-0.09	0.00
Last male bloom date	0.29	0.28	0.06	0.33
First female bloom date	0.35	-0.32	0.05	-0.23
Last female bloom date	0.38	-0.13	-0.25	-0.21
Harvest date	0.40	-0.05	0.01	0.18
Lateral bearing	-0.03	0.16	0.65	-0.32
Nut weight	0.22	0.56	0.01	-0.15
Kernel weight	0.24	0.50	0.20	0.14
Kernel percentage	-0.04	-0.28	0.39	0.70
Shell thickness	-0.01	0.27	-0.53	0.30



شکل ۳. تجزیه به مؤلفه اصلی (PCA) ژنوتیپ‌های برتر گردو بر اساس صفات با توارث‌پذیری بالا
Figure 3. Principal component analysis (PCA) of superior walnut genotypes based on high heritability traits



شکل ۴. خوشه‌بندی ۱۲ ژنوتیپ برتر گردو بر اساس صفات با توارث‌پذیری بالا
Figure 4. Cluster analysis of 12 walnut superior genotypes based on high-heritability traits

دربگیرنده ژنوتیپ‌های HaRaSuHe16، HaRaVaAh9 و HaRaSuSh2، نتایج نشان داد که این خوشه دارای بیشترین میزان درصد مغز در بین ژنوتیپ‌های برتر مورد مطالعه بود، همچنین نتایج کلاستر بندی ژنوتیپ‌های برتر نشان داد که ژنوتیپ HaRaSuHe16 دارای بیشترین میزان باردهی جانبی بود. همچنین ژنوتیپ‌های موجود در خوشه سوم از نظر صفاتی مانند باز شدن اولین گل نر و ماده نیز مشابهت زیادی داشتند. خوشه چهارم از نمودار درختی شامل ۵ ژنوتیپ به نام‌های HaRaDaTa5، HaRaVaAh17، HaRaVaAh6، HaRaDaTa3 و HaRaSuHe1 بود، بطوریکه ژنوتیپ‌هایی که در خوشه چهارم قرار گرفتند از نظر صفات از قبیل وزن مغز،

به‌علاوه این ژنوتیپ‌ها از نظر صفاتی مانند عملکرد درخت، وزن دانه و مغز، شاخص شکل دانه دارای بیشترین مقدار و شباهت بودند، که در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها خصوصیات مطلوب‌تر دانه و مغز را داشتند. ژنوتیپ‌های HaRaToMa10 و HaRaToMa24 (با منشأ مشترک تلکی‌تپه) در خوشه دوم جا گرفتند، که از نظر صفاتی مانند زمان باز شدن جوانه برگ، عملکرد درخت، درصد مغز و ضخامت پوست سخت به یکدیگر شباهت داشتند. به‌علاوه هر دو این ژنوتیپ‌ها متعلق به منطقه تلکی‌تپه و یک باغ بودند که احتمالاً این ژنوتیپ‌ها دارای والد یکسانی بوده و تکثیر جنسی و شرایط محیطی سبب ایجاد تنوع مورفولوژیک بین آن‌ها گردیده است. خوشه سوم نمودار خوشه‌ای

دارای میانگین وزن دانه و مغز به ترتیب ۱۸/۶۱ و ۱۰/۱۲ گرم، درصد مغز و باردهی جانبی به ترتیب با ۵۴/۱۴ و ۷۱ درصد و ضخامت پوست سخت ۰/۸۴ میلی‌متر مطلوب‌ترین ژنوتیپ بوده به‌منظور مطالعات بعدی در جهت تجاری‌سازی قابل توصیه است. به‌علاوه مشاهدات نشان داد که ژنوتیپ HaRaSuSh1 دارای وزن دانه، مغز و درصد مغز به ترتیب ۲۲/۶۰، ۱۱/۵۶ گرم و ۴۸/۰۷ درصد بود و ضخامت پوست سخت دانه آن ۱/۰۳ میلی‌متر بود لذا این ژنوتیپ نیز از نظر صفات پومولوژیک برتر بوده و می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی مورد توجه قرار گیرد. به‌طور کلی، با توجه به تنوع ژنتیکی مشاهده شده در ژرم‌پلاسم مورد مطالعه و وجود ژنوتیپ‌های برتر با صفات مناسب اصلاحی پیشنهاد می‌گردد که پیوندک‌های ژنوتیپ‌های برتر جمع‌آوری و در مناطق دیگر نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. به‌علاوه پیشنهاد می‌گردد که پس از انجام مطالعات تکمیلی کلکسیون رویشی از این ژنوتیپ‌ها در مراکز تحقیقاتی استان همدان احداث گردیده و برای احیای باغات سنتی مورد بهره‌برداری باغداران و به‌نژادگران قرار گیرد.

سپاسگزاری

از کارشناس آزمایشگاه میوه‌کاری گروه علوم باغبانی و حمایت مالی دانشگاه تربیت مدرس و همچنین از همکاری باغداران مناطق مورد مطالعه در استان همدان، تشکر و قدردانی می‌گردد.

درصد مغز و باردهی جانبی با یکدیگر متفاوت بودند، به‌علاوه ژنوتیپ‌های HaRaDaTa3 و HaRaDaTa5 متعلق به منطقه درجزین و در یک باغ بودند که فاصله زیادی از یکدیگر نداشتند، لذا احتمالاً دارای والد و منشأ مشترک هستند. همچنین ژنوتیپ‌های HaRaVaAh6 و HaRaVaAh17 نیز متعلق به روستای وفس بوده و فاصله اندکی با هم داشتند، لذا احتمال وجود والد مشترک بین آن‌ها است (شکل ۳). بر اساس نتایج حاصله، بسیاری از ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این مطالعه به دلیل نزدیکی (قرابت ژنتیکی بیشتر) در یک خوشه قرار گرفتند که با نتایج Sarikhani Khorami *et al.* (2012) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع و با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش مشخص گردید که از میان ۸۴ ژنوتیپ مورد ارزیابی، تعداد ۱۲ ژنوتیپ به نام‌های HaRaSuSh1، HaRaSuHe16، HaRaToMa24، HaRaSuSh2، HaRaToMa23، HaRaVaAh17، HaRaSuHe1، HaRaToMa23، HaRaDaTa3 و HaRaVaAh6 و HaRaDaTa5 براساس صفات مختلف مورفولوژیک، فنولوژیک و پومولوژیک به‌عنوان ژنوتیپ برتر در شمال استان همدان انتخاب شدند. بررسی‌ها نشان داد که ژنوتیپ HaRaToMa23 با ۲۳ روز تأخیر نسبت به ژنوتیپ استاندارد مرجع دیربرگ‌ده‌ترین ژنوتیپ بوده، که

REFERENCES

1. Akca, Y. & 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.
2. Amiri, R., Vahdati, K., Mohsenipoor, S., Mozaffari, M. R. & Leslie, C. (2010). Correlations between some horticultural traits in walnut. *HortScience*, 45(11), 1690-1694.
3. Anderson, K.J., Teuber, S.S., Gobeille, A., Cremin, P., Waterhouse, A.L. & Steinberg, F.M. (2001). Walnut polyphenolics inhibit in vitro human plasma and LDL oxidation. *Journal of Nutrition*, 131, 2837-2842.
4. Angmo, S. Diengngan, S. & Hasan, M. A. (2015). Characterization of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Ladakh region of India. *International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology*, 8(2), 265.
5. Arzani, K. (2003). Approach on importance, protect, maintenance, breeding and management of Iranian traditional orchards. *The First Conference of the Iranian Traditional Orchards*, 1-5. (in Farsi)
6. Arzani, K. (2013). Effective and new research based on the position of Iranian Horticultural Science. *Baghdar Magazine*, 75, 3-6. (in Farsi).
7. Arzani, K. (2016). A Persian Interview: The First International Conference and 10th National Horticultural Science Congress of Iran (IrHC2017). *Baghdar Magazine*, 108, 50-57. (in Farsi)
8. Arzani, K., Mansouri-Ardakan, H., Vezvaei, A. & Roozban, M. R. (2008). Morphological variation among Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from central Iran. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 36, 159-168.

9. Aslantas, R. (2006). Identification of superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in north-eastern Anatolia, Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 34, 231-237.
10. Asma, B. M. (2012). Pomological and phenological characterization of promising walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from Malatya, Turkey. *Acta Scientiarum Polonorum*, 11(4), 169 - 178.
11. Atefi, J. (1991). Evaluation of walnut genotypes in Iran. *In International Walnut Meeting*, 311, pp. 24-33.
12. Atefi, J. (1997). Study on phonological and pomological characters of walnut promising clones in Iran. *Acta Horticulturae*, 442, 101-108.
13. Bayazit, S., Kazan, K., Gülbitti, S., Cevik, V., Ayanoglu, H. & Ergül, A. (2007). AFLP analysis of genetic diversity in low chill requiring walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from Hatay, Turkey. *Scientia Horticulturae*, 111(4), 394-398.
14. Botu, M., Tudor, M., Botu, I., Cosmulescu, S. & Papachatzis, (2010). Evaluation of walnut cultivars in the conditions of the Oltenia's hill area regarding functioning potential. *Analele Universitatii din Craiova, Biologie, Horticultura, Tehnologia prelucrării produselor agricole, Ingineria Mediului*, 15, 94-103.
15. Cosmulescu, S. & Botu, M. I. H. A. I. (2012). Walnut biodiversity in south-western Romania resource for perspective cultivars. *Pakistan Journal of Botany*, 44(1), 307-311.
16. Cosmulescu, S. (2013). Phenotypic diversity of walnut (*Juglans regia* L.) in Romania-opportunity for genetic improvement. *Southwest Journal of Horticultural Biology and Environment*, 4, 117-126.
17. Cosmulescu, S., Mihai, B. O. T. U. & Trandafir, I. (2010). Mineral composition and physical characteristics of walnut (*Juglans regia* L.) cultivars originating in Romania. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(4), 33-37.
18. Danesh Gilevaei, M. (2008). Morphological and cytogenetic variation of some genotypes (*Lathyrus sativus* L.). MSc. thesis, Department of Plant Breeding, Tarbiat Modares University, Tehran: 173 p. (in Farsi).
19. Ebrahimi, A., Fatahi, M. M., Zamani, Z. A. & 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 Sciences*, 40(4), 83-94. (in Farsi).
20. 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.
21. Ebrahimi, A., Khadivi-Khub, A., Nosrati, Z. & Karimi, R. (2015). Identification of superior walnut (*Juglans regia*) genotypes with late leafing and high kernel quality in Iran. *Scientia Horticulturae*, 193, 195-201.
22. Eskandari, S., Hassani, D. & Abdi, A. (2004). Investigation on genetic diversity of Persian walnut and evaluation of promising genotypes. *In V International Walnut Symposium*, 705, pp. 159-166.
23. Food and Agriculture Organization. (2017). FAO statistics division. <http://faostat.fao.org>.
24. Francesca, P.I., Pamfil, D.O.R.U., Raica, P., Petricele, I.V., Sisea, C., Vas, E.S.Z.T.E.R., Botos, B.E.A.T.A., Bodea, M.O.N.I.C.A. & Botu, M.I.H.A.I. (2010). Assessment of the genetic variability among some *Juglans* cultivars from the Romanian National Collection at SCDP Vâlcea using RAPD markers. *Rom Biotechnol Lett*, 15, 41-49.
25. Gandev, S. (2007). Budding and grafting of the walnut (*Juglans regia* L.) and their effectiveness in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 13(6), 683.
26. Germain, E. (1997). Genetic improvement of the Persian walnut (*Juglans regia* L.). *Acta Horticulturae*, 442, 21-31.
27. Ghanbari, A. R., Faraji, M., Shokouhian, A. A. & Pyrayesh, A. (2017). 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.
28. Ghasemi, M., Arzani, K., Hassani, D. & Ghasemi, S. (2010). Fatty acids composition of some selected walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Markazi province. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 7(1), 31-37. (in Farsi)
29. Ghasemi, M., Arzani, K. & Hassani, D. (2012). Evaluation and identification of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Markazi province of Iran. *Crop Breeding Journal*, 2(2), 119-124.
30. Hansche, P. E., Beres, V. & Forde, H. I. (1972). Estimates of quantitative genetic properties of walnut and their implications for cultivar improvement. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 97, 279-285.
31. Hassani, D., Dastjerdi, R., Haghjooyan, R., Soleimani, A., Keshavarzi, M., Atefi, J. ... & Rahmanian, A. (2013). Genetic improvement of Persian walnut (*Juglans regia* L.) in Iran. *In VII International Walnut Symposium*, 1050, pp. 95-102.
32. Hassankhah, A., Vahdati, K., Rahemi, M. & Sarikhani Khorami, S. (2017). Persian walnut phenology: Effect of chilling and heat requirements on bud break and flowering date. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 4(2), 259-271.

33. Hussain, I. S. H. T. I. A. Q., Sulatan, A. S. I. M. A., Shinwari, Z. K., Raza, G. H. U. L. A. M. & Ahmed, K. (2016). Genetic diversity based on morphological traits in walnut (*Juglans regia* L.) landraces from Karakoram Region-I. *Pakistan Journal of Botany*, 48(2), 653-659.
34. Ipek, M., Arkan, Ş., Pirlak, L. & Eşitken, A. (2018). Phenological, morphological and molecular characterization of some promising walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Konya. *Erwerbs-Obstbau*, 1-8.
35. IPGRI. (1994). *Descriptors for walnut (Juglans spp.)*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
36. Karadag, H. & 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.
37. Karimi, R., Ershadi, A., Ehteshamnia, A., Sharifani, M., Rasouli, M., Ebrahimi, A. & Vahdati, K. (2014). Morphological and molecular evaluation of Persian walnut populations in northern and western regions of Iran. *Journal of Nuts*, 5(2), 21-31.
38. Kazankaya, A., Koyuncu, M. A., Koyuncu, F., Yarılgac, T. & Sen, S. M. (2001). Some nut properties of walnuts (*Juglans regia* L.) of Edremit Country. *Acta Horticulture*, 544, 97-100.
39. Khadivi-Khub, A. & Ebrahimi, A. (2015). The variability in walnut (*Juglans regia* L.) germplasm from different regions in Iran. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(3), 57.
40. Khadivi-Khub, A., Ebrahimi, A., Sheibani, F. & Esmaeili, A. (2015). Phenological and pomological characterization of Persian walnut to select promising trees. *Euphytica*, 205(2), 557-567.
41. Mansuri Ardakan, H., Arzani, K. & Vezvaei, A. (2003). Identification of superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in some regions of Yazd. *The First Conference of Walnut*, Hamedan, Iran. p 14. (in Farsi).
42. McGranahan, G. & Leslie, C. (2012). *Walnut. In Fruit breeding*, Springer, Boston, MA.
43. McGranahan, G. H. & 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.
44. Nenjuhin, VN. (1971). Selection of plus trees of the walnut in Ukraine. *Plant Breeding Abstract*, 41, 187.
45. Norouzi, R., Heidari, S., Asgari-Sarcheshmeh, M. A. & Shahi-Garahlar, A. (2013). Estimation of phenotypical and morphological differentiation among some selected Persian walnut (*Juglans regia* L.) accessions. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(9), 2438-2445.
46. Ozkan, G. & Koyunca, M. A. (2005). Physical and chemical composition of source walnut (*Juglans regia* L.) genotypes grown in Turkey. *Grasasy Aceites*, 56, 141-146.
47. Pandey, G. & Tripathi, A. N. (2007). Estimation of genetic divergence in walnut. *Indian Journal of Horticulture*, 64(4), 399-401.
48. Rahimipannah, M., Hamedi, M. & Mirzapour, M. (2010). Antioxidant activity and phenolic contents of Persian walnut (*Juglans regia* L.) green husk extract. *African Journal of Food Science and Technology*, 1(4), 105-111.
49. Rezaei, A., Arzani, K. & Sarikhani Khorami, S. (2017). Preliminary assessment in genetic diversity of mature walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in the North of Hamadan province, Iran. In: *Proceedings of First International Horticultural Science Conference of Iran (IrHC2017)*, 4-7 Sept. Tarbiat Modares University (TMU), Tehran Iran, Abstracts Book, P-59 (178) Page: 184.
50. Rezai, R., Hasani, G., Hassani, D. & Vahdati, K. (2008). Morphobiological characteristics of some newly selected walnut genotypes from seedling collection of Kahriz – Orumia. *Journal of Horticultural Science and Technology*, 9(3), 205-214. (in Farsi)
51. Ros, E. & Mataix, J. (2006). Fatty acid composition of nuts—implications for cardiovascular health. *British Journal of Nutrition*, 96(S2), S29-S35.
52. Sarikhani-Khorami, S., Arzani, K. & Roozban, M. R. (2012). Identification and selection of twelve walnut superior and promising genotypes in Fars province, Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 28-1(2), 277-296. (in Farsi)
53. Sarikhani-Khorami, S., Arzani, K. & Roozban, M. R. (2014). Correlations of certain high-heritability horticultural traits in Persian walnut (*Juglans regia* L.). *Acta Horticulturae*, 652, 61-68.
54. Sarikhani-Khorami, S., Arzani, K., Karimzadeh, G., Shojaeiyan, A. & Ligterink, W. (2018). Genome size: A novel predictor of nut weight and nut size of walnut trees. *HortScience*, 53(3), 275-282.
55. Shafaei Chorush, Z. & Arzani, K. (2017). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of some walnut genotypes in Kermanshah province. *Seed and Plant Improvement Journal*, 32(1), 437-459. (in Farsi).
56. Sharma, R. M., Kour, K., Singh, B., Yadav, S., Kotwal, N., Rana, J. C. & Anand, R. (2014a). 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.
57. Sharma, S. D. & Sharma, O. C. (1998). Studies on the variability in nuts of seedlings walnut (*Juglans regia* L.) in relation to the tree age. *Fruit Varieties Journal*, 52(1), 20-23.

58. Sharma, S. D. & Sharma, O. C. (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.
59. Sharma, S., Kumar, K. & Kumar, A. (2014b). Genetic divergence studies regarding different growth and foliage characters of walnut (*Juglans regia* L.) germplasm. *Advances in Horticultural Science*, 123-128.
60. Solar, A. & Stampar, F. (2004). Evaluation of some perspective walnut genotype in Slovenia. *Acta Horticulturae*, 705, 131-136.
61. Tsampas, T. & Botu, M. (2013). Study on genetic variability of common walnut (*Juglans regia* L.) from Northern Oltenia and Epirus. *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 4(2), 127-136.
62. UPOV. (1999). Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability in Walnut (*Juglans regia* L.). *Union internationale pour la Protection des Obtentions Végétales*, 31 pp.
63. Vahdati, K., Hassani, D., Rezaee, R., Jafari Sayadi, M.H. & Sarikhani Khorami, S. (2014). Following walnut footprints (*Juglans regia* L.) cultivation and culture, folklore and history, traditions and uses; Chapter 24: Walnut footprint in Iran. *Scripta Horticulturae*; 17, 187-201.
64. Vahdati, K., Mohseni Pourtaklu, S., Karimi, R., Barzehkar, R., Amiri, R., Mozaffari, M. & Woeste, K. (2015). Genetic diversity and gene flow of some Persian walnut populations in southeast of Iran revealed by SSR markers. *Plant Systematics and Evolution*, 301, 691-699.
65. Vahdati, K., Arab, M. M., Sarikhani Khorami, S., Sadat Hosseini, M., Leslie, C. A. & Brown, P. J. (2019). *Advances in Walnut Breeding Strategies* (Chapter 13). In Book of Advances in Plant Breeding Strategies. Springer Press.
66. van Nocker, S. & Gardiner, S. E. (2014). Breeding better cultivars, faster: applications of new technologies for the rapid deployment of superior horticultural tree crops. *Horticulture Research*, 1, 14022.
67. Vezvaei, A., Vahdati, K. & Tajabadi, A. (2003). *Descriptors for walnuts, almond and pistachio*. Khaniran Publication, Tehran, Iran. (in Farsi)
68. Yarılgac, T., Koyuncu, F., Koyuncu, M. A., Kazankaya, A. & Sen, S. M. (2001). Some promising walnut selections (*Juglans regia* L.). *Acta Horticulturae*, 544, 93-100.
69. Yücel, C., Baloch, F. S. & Özkan, H. (2009). Genetic analysis of some physical properties of bread wheat grain (*Triticum aestivum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33(6), 525-535.
70. Zeneli, G., Kola, H. & Dida, M. (2005). Phenotypic variation in native walnut populations of Northern Albania. *Scientia Horticulturae*, 105, 91-100.