DOI: 10.22092/spj.2025.368013.1394

"نهال و بذر"
جلد ۴۰، شماره ۱، سال ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

ارزیابی ژنوتیپ‌های محلی گردوی استان کرمان با استفاده از صفات مورفولوژیکی و پومولوژیکی

Evaluation of Local Walnut Genotypes from Kerman Province Using Morphological and Pomological Traits

جواد فرخی تولیر[۱*] و اصغر سلیمانی[۲]

۱- استادیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.
۲- استادیار، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۸

چکیده

فرخی تولیر، ج. و سلیمانی، ا. ۱۴۰۳. ارزیابی ژنوتیپ‌های محلی گردوی استان کرمان با استفاده از صفات مورفولوژیکی و پومولوژیکی. **نهال و بذر ۴۰:** ۹۷-۱۲۵

تنوع ژنتیکی بالای درختان گردو در استان کرمان به‌دلیل تکثیر بذری، زمینه مساعدی را جهت شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب این محصول در دومین استان تولیدکننده گردوی کشور فراهم ساخته است. در این مطالعه ۳۵ ژنوتیپ انتخابی از مناطق مختلف گردوکاری استان کرمان، با استفاده از ۲۱ صفت مورفولوژیکی و پومولوژیکی در سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ ارزیابی شد. درصد مغز بین ۴۱ تا ۶۶/۸۸درصد متغیر بود. اکثر ژنوتیپ‌ها سهولت جداشدن مغز از پوسته چوبی آسان تا متوسطی داشتند. بیشترین ضریب‌تغییرات مربوط به میزان چسبندگی دو نیمه چوبی ۲۶/۵۹درصد و شکل نوک میوه ۲۶/۲۶درصد بود. بیشترین ضریب همبستگی بین سهولت جداشدن و میزان چسبندگی دو نیمه‌چوبی (r =۰/۶۷۲) بود. براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده در چهارگروه جداگانه قرار گرفتند. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با موقعیت جغرافیایی آنها مطابقت نداشت. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) نشان داد که سه مؤلفه اول (PC) در برگیرنده ۵۸/۹ درصد کل تغییرات بود. در بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۱۰ و ۱۸ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از نظر عادت باردهی، زمان برگ‌دهی، درصد مغز، اندازه میوه، عملکرد میوه در درخت و شدت رنگ مغز برتری نشان دادند. این ژنوتیپ‌ها می‌توانند به عنوان ژنوتیپ های برتر مورد ارزیابی بیشتر قرار گیرند و در برنامه‌های به‌نژادی گردو نیز استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: گردو، عادت باردهی، درصد مغز، وزن میوه، رنگ مغز، عملکرد میوه در درخت.

* نگارنده مسئول: j.farrokhi@areeo.ac.ir تلفن: ۰۳۴۳۲۱۱۲۳۹۱

2024© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

مقدمه

گردوی ایرانی (*Juglans regia* L.) گونه ارزشمند غذایی و داروئی از جنس *Juglane* است. ایران یکی از مراکز عمده تنوع این گونه و از کشورهای مهم تولیدکننده گردوی جهان محسوب می‌شود (Vahdati *et al.*, 2019). به‌دلیل اینکه تکثیر این محصول در زمان‌های طولانی به‌صورت بذری انجام شده است، تنوع ژنتیکی بالایی در جمعیت‌های گردوی کشور مشاهده می شود که می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی این محصول مورد استفاده قرار گیرد (Arab *et al.*, 2018; Hassani *et al.*, 2020a).

برنامه‌های به‌نژادی جهانی گردو که موفق به معرفی ارقام تجاری برای مناطق مختلف شده اند و هم‌اکنون در مقیاس وسیعی پرورش داده می‌شوند، عمدتاً با شناسایی، جمع‌آوری، ارزیابی و گزینش ژنوتیپ‌های بومی بوده است (Mcgranahan *et al.*, 2009). شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های برتر با میزان مقاومت بیشتر نسبت به بیماری‌ها و آفات به کاهش‌هزینه تولید کمک می‌نمایند (Sharma *et al.*, 2012). در ایران نیز برای نخستین بار جمع‌آوری توده‌های محلی گردو جهت انتخاب مناسب‌ترین آن‌ها در شهرستان‌های کرج، ارومیه، مشهد و شاهرود توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و با همکاری سازمان فائو در سال ۱۳۶۲ آغاز گردید و در نهایت شش رقم گردو به نام‌های جمال، دماوند، پِرشیا، کاسپین، الوند و چالدران از بین توده‌های بومی انتخاب و معرفی شدند (Hassani *et al.*, 2013; Hassani *et al.*, 2020b).

در بررسی گردوهای بومی استان اردبیل، وزن میوه ۷/۰۵ تا ۱۲/۶۵گرم، وزن مغز ۳/۶۳ تا ۷/۰۳ گرم، میزان مغز ۴۲/۷ تا ۶۳/۷۳ درصد، میانگین درصد پروتئین مغز ۹/۶۲ درصد و روغن ۵۸/۰۴درصد گزارش شد (Ghanbari *et al.*, 2018). در بررسی فنولوژیکی، پومولوژیکی و مورفولوژیکی ۵۹ ژنوتیپ گردوی بومی استان کرمانشاه، وزن میوه ۹/۳۱ تا ۲۲/۳۵ گرم، وزن مغز ۴/۳۴ تا ۱۱/۲۰ گرم و میزان مغز بین ۳۶/۹۱ تا ۶۸/۲۹ درصد گزارش شد و دو ژنوتیپ Kh و 110، به‌ترتیب با ۲۵ و ۲۱ روز تأخیر در برگ‌دهی نسبت به استاندارد مرجع در سال‌های اول و دوم، به‌عنوان ژنوتیپ های دیربرگ‌ده شناسایی شدند (Shafaei and Arzani, 2016). به‌منظور دستیابی به ژنوتیپ‌های امیدبخش در استان چهارمحال‌وبختیاری، ۵۸ ژنوتیپ منتخب، براساس صفات پومولوژیکی و مورفولوژیکی مورد ارزیابی قرار گرفتند و بیشترین درصد مغز (۶۲/۸۸ درصد) در ژنوتیپ شماره ۲۰ مشاهده شد (Mousavi *et al.*, 2015). ارزانی و همکاران (Arzani *et al.*, 2008) بیشترین ضریب‌تغییرات را برای صفت ضخامت پوسته چوبی (۲۹ درصد) و کمترین آن را برای عرض میوه (۱۰ درصد) گزارش کردند.

روش‌های آماری تجزیه چندمتغیره از قبیل

تجزیه خوشه ای (Cluster analysis = CA) و تجزیه به مولفه های اصلی (Principal componenet analysis = PCA) روش های مناسبی برای تعیین روابط صفات مورفولوژیکی در ژرم‌پلاسم گردو می‌باشند که نه‌تنها کارآیی برنامه های به‌نژادی را افزایش می‌دهند بلکه در بهبود مدیریت عملیات به‌باغی این محصول نیز مؤثر می‌باشند (Shah *et al.*, 2018). از این روش‌ها به‌طور گسترده‌ای برای مطالعه روابط صفات مورفولوژیکی در گردوی ایرانی استفاده شده است (Alinia-Ahandani *et al.*, 2014; Mahmoodi *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2020). به‌عنوان مثال، محمودی و همکاران (Mahmoodi *et al.*, 2019) در مطالعه‌ای بر روی گردو نشان دادند که دو مؤلفه اول و دوم (PC1 و PC2)، به‌ترتیب ۱۹/۹۹ درصد و۱۳/۹۳ درصدکل تغییرات را توضیح دادند.

در مورد توده‌های گردوی بومی گیلان، PC1 و PC2، به‌ترتیب ۴۹/۹ درصد و ۲۰/۵ درصد از کل تغییرات را شامل شدند (Alinia-Ahandani *et al.*, 2014). در مطالعه بر روی ۱۰ ژنوتیپ بومی و شش رقم تجاری گردوی استان کرمان، PC1 تا PC5 حدود ۸۳/۶۱ درصد کل تغییرات صفات کمی و PC1 تا PC7 ۸۵/۹۵ درصدکل تغییرات خصوصیات کیفیت شدند (Farrokhi Toolir and Mozaffari, 2020). لیو و همکاران (Liu *et al.*, 2020) در مطالعه پایه‌های گردوی بومی چین و با استفاده از تجزیه خوشه ای، آنها را در شش گروه جداگانه گروه‌بندی کردند.

استان کرمان سابقه طولانی در کشت و پرورش گردو دارد، به‌طوری‌که درختان کهنسال گردو متعددی در مناطق مختلف این استان وجود دارد. به‌علاوه این استان دومین سطح زیرکشت و تولید گردوی کشور را دارد (Anonymous, 2022). شهرستان‌های بافت و راُبر مناطق اصلی کشت‌وکار و تولید گردو هستند(Mozaffari, 2011).

پروژه "بررسی ارزیابی وشناسائی ژنوتیپ‌های برتر گردو در استان کرمان" از سال ۱۳۸۵ آغاز شده و در طی اجرای آن، ۳۳ ژنوتیپ از مناطق مختلف گردوکاری استان انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. میانگین وزن میوه ۱۲/۵گرم، وزن مغز ۵/۶گرم و میزان مغز ۴۳/۲۵درصد گزارش شد (Mozaffari, 2011). شناسایی ژنوتیپ‌های منطبق با شرایط اقلیمی و خاکی استان کرمان می‌تواند به بهینه‌سازی رشد و بهره‌وری آب در این مناطق کمک نماید (Soleimani *et al.*, 2023). البته در شرایط فعلی و با توجه به شرایط کم‌آبی و تغییرات اقلیمی، توسعه سطح زیرکشت باغ‌های گردو در استان کرمان چندان مدنظر نیست و حفظ وضعیت موجود و تبدیل باغ‌های درجه سه بهدرجه دو و باغ های درجه دو به درجه یک، با استفاده از روش‌های پیوند و سرشاخه‌کاری در اولویت است.

هدف از این پژوهش، ارزیابی ۳۵ ژنوتیپ محلی گردوی استان کرمان با استفاده از صفات

مرفولوژیکی و پومولوژیکی و انتخاب ژنوتیپ های برتر از نظر عملکرد و کیفیت میوه، دیربرگدهی و عادت باردهی بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ و با کمک کارشناسان باغبانی در مدیریت‌های کشاورزی شهرستان بافت، رابُر، سیرجان و افراد بومی، مروجان و مددکاران ترویجی انجام شد. تعداد ۳۵ ژنوتیپ محلی هم‌سن (۱۵ساله) و سالم برای ارزیابی در این پروژه انتخاب شدند. موقعیت جغرافیائی درختان انتخابی و ارتفاع محل از سطح دریا به‌کمک دستگاه جی‌پی‌اس (GPS) ثبت گردید. علاوه‌بر این، تنه درختان نیز با اسپری رنگ شد تا پیداکردن آن‌ها در مراجعات بعدی با سهولت بیشتری صورت گیرد. مناطق نمونه‌برداری ازمناطق کوهستانی استان با ارتفاع بین ۲۱۶۳ تا ۲۹۹۲ متر از سطح دریا قرار داشتند (جدول ۱). این مناطق دارای حداکثر دمای تابستانه ۳۸+ و حداقل دمای زمستانه ۷- درجه‌سانتی‌گراد بودند.

صفات مورد ارزیابی

بیست‌ویک صفت مربوط به میوه و مغز، عادت باردهی، عملکرد و زمان برگ‌دهی براساس دستورالعمل ملی‌آزمون‌های تمایز، یکنواختی و پایداری گردو مورد ارزیابی قرار گرفتند (Anonymous, 2007). صفات بررسی‌شده و نحوه امتیازدهی آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. زمان شروع شکفتگی جوانه‌های برگی در بازه زمانی اواخر اسفند تا اواسط فروردین و زمان یادداشت‌برداری صفات پومولوژیکی (مربوط به میوه و مغز) و عملکرد و عادت باردهی در شهریور هر سال بود.

برای اندازه‌گیری صفات پومولوژیکی از هر درخت ۱۰ میوه انتخاب شد. میوه‌های هر درخت در زمان رسیدن کامل با پوسته سبز (Husk) شکافته و مغز کاملاً پُر برداشت شدند و بعد از برداشت در پاکت‌های جداگانه‌ای قرار داده شدند. این میوه‌ها پس از برچسب‌گذاری، جهت ارزیابی‌های پومولوژیکی به آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی کرمان منتقل گردیدند. پوسته سبز میوه‌ها بلافاصله جدا شده و ابعاد و وزن میوه پس از خشک‌شدن با پوسته چوبی و مغز مورد سنجش و توزین قرار گرفت.

در مورد صفات مربوط به درخت مانند عملکرد تک درخت، از شمارش تعداد میوه به ازای طول شاخه استفاده شد. نوع عادت باردهی براساس درصد قرارگیری میوه‌ها بر روی شاخه تعیین شد. به‌طوری‌که تشکیل تمامی میوه‌ها در انتهای شاخه (انتهایی)، کمتر از ۲۵ درصد میوه‌ها بر روی جوانه‌های جانبی(انتهایی- جانبی)، بین ۲۵ تا ۵۰ درصد میوه‌ها بر روی جوانه‌های جانبی (جانبی- انتهایی) یا مختلط و بیش از ۵۰ درصد میوه‌ها بر روی جوانه‌های جانبی (کاملاً جانبی) در نظر گرفته شدند.

جدول۱- ژنوتیپ‌های گردو و مختصات جغرافیائی محل های نمونه‌برداری

Table 1. Walnut genotypes and geographical coordinates of sampling locations

ژنوتیپ Genotype	Location	محل	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude above sea level (m)	عرض جغرافیائی Latitude			طول جغرافیائی Longitude		
1	Godal-e-seiffoddin/Googher	گودال سیف الدین/گوغر	2605	29˚	28'	2.20"	50˚	37'	0.80"
2	Avask /Googher	آواسک/ گوغر	2853	29˚	31'	28.00"	50˚	25'	4.40"
3	Bondar-e-Hanza /Rabor	بُندر هَنزاء/ رابُر	2711	29˚	19'	15.93"	51˚	12'	12.36"
4	Bondar-e-Hanza /Rabor	بُندر هَنزاء/ رابُر	2705	29˚	41'	19.00"	51˚	12'	12.47"
5	Avask/Googher	آواسک/ گوغر	2649	29˚	31'	28.45"	50˚	25'	4.23"
6	Cheshmesabz/Googher	چشمه‌سبز/گوغر	2611	29˚	27'	57.92"	50˚	25'	35.40"
7	Chahartagh/Googher	چهارطاق /گوغر	2768	29˚	31'	48.78"	50˚	25'	17.08"
8	Dehdivan /Rabor	ده دیوان/ رابُر	2718	29˚	20'	29.61"	50˚	50'	49.79"
9	Tezerj/Esker	تذرج / اسکر	2628	29˚	18'	56.07"	50˚	51'	1.35"
10	Amirabad/Googher	امیرآباد/ گوغر	2588	29˚	27'	54.57"	50˚	24'	35.60"
11	Amirabad/Googher	امیرآباد/ گوغر	2592	29˚	27'	53.71"	50˚	24'	40.8"
12	Senguieyeh/Rabor	سنگوئیه/ رابُر	2992	29˚	23'	3.88"	50˚	42'	7.28"
13	Genuieyeh/Rabor	گنوئیه/ رابُر	2741	29˚	22'	39.25"	50˚	40'	15.30"
14	Borkanan-e- sofla/Baft	بُرکنان‌سفلی/ بافت	2620	29˚	19'	8.90"	50˚	42'	12.48"
15	Borkanan-e- sofla/Baft	بُرکنان‌سفلی/ بافت	2625	29˚	19'	24.35"	50˚	42'	5.06"
16	Bagh-e-Fatk/Bezenjan	باغ فَتک/ بزنجان	2413	29˚	16'	1.10"	50˚	41'	6.90"
17	Tezerj/Esker	تذرج / اسکر	2584	29˚	18'	49.89"	50˚	50'	51.71"
18	Kahansiyah/Sirjan	کَهَن‌سیاه/سیرجان	2217	29˚	29'	2.00"	56˚	7'	1.00"
19	Bamdahan/Sirjan	بام‌دهان/ سیرجان	2504	29˚	33'	58.50"	56˚	9'	22.00"
20	Ghanatzereshk/Sirjan	قنات زرشک/ سیرجان	2237	29˚	39'	34.00"	56˚	19'	20.40"
21	Ghanatzereshk/Sirjan	قنات زرشک/ سیرجان	2271	29˚	39'	34.00"	56˚	19'	20.20"
22	Babkohan/Bidkhoon/Bardsir	باب‌کهن/ بیدخون/ بردسیر	2604	29˚	37'	0.07"	56˚	30'	43.80"
23	Dehbala/Bidkhoon/Bardsir	ده بالا/بیدخون/ بردسیر	2689	29˚	37'	0.20"	50˚	25'	35.40"
24	Dehbala/Bidkhoon/Bardsir	ده‌بالا/ بیدخون/ بردسیر	2677	29˚	37'	1.70"	56˚	30'	44.90"
25	Dehbala/Bidkhoon/Bardsir	ده‌بالا/ بیدخون/ بردسیر	2637	29˚	37'	46.00"	56˚	30'	34.10"
26	Babzaytoon/Badrsir	باب‌زیتون/ بردسیر	2631	29˚	37'	47.00"	56˚	30'	34.90"
27	Babzaytoon/Badrsir	باب‌زیتون/ بردسیر	2634	29˚	37'	47.30"	56˚	30'	34.80"
28	Hajiabad/Baft	حاجی‌آباد/ بافت	2187	29˚	12'	36.50"	56˚	36'	14.30"
29	Hajiabad/Baft	حاجی‌آباد/ بافت	2185	29˚	12'	12.8"	56˚	36'	18.90"
30	Hajiabad/Baft	حاجی‌آباد/ بافت	2163	29˚	28'	39.25"	56˚	36'	18.30"
31	Taghiabad/Baft	تقی‌آباد/ بافت	2620	29˚	11'	58.60"	56˚	36'	28.80"
32	Taghiabad/Baft	تقی‌آباد/ بافت	2207	29˚	11'	58.10"	56˚	36'	28.80"
33	Ghanatmalek/Rabor	قنات‌ملک/ رابُر	2312	29˚	16'	49.24"	57˚	02'	40.21"
34	Ghanatmalek/Rabor	قنات ملک/ رابُر	2337	29˚	17'	2.02"	57˚	2'	53.40"
35	Seyyed Morteza/Rabor	سیدمرتضی/ رابُر	2176	29˚	13'	53.59"	57˚	3'	27.70"

جدول ۲- مقیاس و امتیازدهی صفات براساس دستورالعمل تمایز و یکنواختی و پایداری برای گردو

Table 2. Scale and scoring of traits based on national guidelines of tests for distinctness, uniformity and stability for walnut

Traits	صفت	مقیاس و امتیاز Scale and Score				
Adherence of two halves of shell	چسبندگی دو نیمه چوبی	خیلی زیاد (۹) Very high (9)	زیاد (۷) High (7)	منوسط (۵) Medium (5)	کم (۳) Low (3)	خیلی کم (۱) Very low (1)
Shape in longitudinal section perpendicular to suture	شکل در مقطع طولی عمود بر درز میوه		تخم‌مرغی (۴) Ovate (4)	تخم‌مرغی پهن (۳) Broad ovate (3)	مثلثی (۲) Triangle (2)	گرد (۱) Round (1)
			بیضی (۸) Elliptical (8)	بیضی پهن (۷) Broad elliptical (7)	ذوذنقه‌ای پهن (۶) Broad trapezoidal (6)	ذوذنقه‌ای (۵) Trapezoidal (5)
Shape in longitudinal section through suture	شکل در مقطع طولی منطبق بر درز میوه		تخم‌مرغی (۴) Ovate (4)	تخم‌مرغی پهن (۳) Broad ovate (3)	مثلثی (۲) Triangle (2)	گرد (۱) Round (1)
			بیضی (۸) Elliptical (8)	بیضی پهن (۷) Broad elliptical (7)	ذوذنقه‌ای پهن (۶) Broad trapezoidal (6)	ذوذنقه‌ای (۵) Trapezoidal (5)
Shape in cross section	شکل در مقطع عرضی			بیضوی (۷) Elliptical (7)	کروی (۵) Spherical (5)	کروی پَخ (۳) Beveled spherical (3)
Shape of base perpendicular to suture			لبه‌دار (۴) Eaged (7)	تخت (۳) Flat (5)	گرد (۲) Round (3)	مثلثی‌باریک (۱) Narrow triangle (1)
Position of pad on suture	محل قرار گرفتن لبه برچه روی شکاف			در تمام طول (۳) Throughout (3)	دوسوم بالائی (۲) In the upper $\frac{2}{3}$ (2)	درنیمه بالائی (۱) In the upper half (1)
Prominence of apical tip	میزان برجستگی نوک			زیاد (۷) High (7)	متوسط (۵) Medium (5)	کم (۳) Low (3)

ادامه جدول ۲-

Table 2. Continued

Traits	صفت	مقیاس و امتیاز Scale and Score			
Width of pad on suture	عرض لبه برچه روی شکاف طولی	پهن (۷) Broad (7)	متوسط (۵) (5) Medium	باریک (۳) Narrow (3)	
Prominence of pad on suture	میزان برجستگی لبه برچه‌ها بر روی درز	زیاد (۷) High (7)	متوسط (۵) Medium (5)	کم (۳) Low (3)	
Ease of removal from shell	سهولت جدا شدن مغز	سخت (۷) Difficult (8)	متوسط (۵) Medium (5)	آسان (۳) Easy (3)	خیلی آسان (۱) Very easy (1)
Shape of nut apex	شکل نوک میوه	لبه‌دار (۴) Edged (4)	تخت (۳) Flat (3)	گرد (۲) Round (2)	نوک‌تیز (۱) Acuminate (1)
Intensity of kernel ground color	شدت رنگ زمینه مغز	تیره (۷) Dark (7)	متوسط (۵) Medium (5)	روشن (۳) Light (3)	خیلی‌روشن (۱) Very light (1)
Thickness of shell	ضخامت پوسته چوبی		میلی‌متر (mm)		
Percentage of kernel weight relative to total weight of nut	درصد وزن مغز نسبت به وزن کل میوه		٪		
Kernel weight	وزن مغز		گرم (g)		
Nut weight	وزن میوه		گرم (g)		
Nut width	عرض شکمی میوه		میلی‌متر (mm)		
Nut length	طول میوه		میلی‌متر (mm)		
Type of bearing	عادت باردهی	جانبی (۷) Lateral (7)	جانبی انتهایی (۵) Lateral-terminal (5)	انتهایی جانبی (۳) Terminal-lateral (3)	انتهایی (۱) Terminal (1)
Yield per tree	عملکرد تک درخت	خیلی زیاد (۹) Very high (9)	زیاد (۷) High (7)	متوسط (۵) Medium (5)	کم (۳) Low (3)
Leafing time	زمان برگ‌دهی	دیر (۶) Late (6)	تقریباً دیر (۵) Almost medium (5)	متوسط (۴) Medium (4)	زود (۲) Early (2)

زمان شروع برگ‌دهی هر درخت نسبت به زودبرگ‌ده‌ترین درختان همان منطقه محاسبه شد. یادداشت‌برداری زمان برگ‌دهی زمانی بود که حدود ۸۰ درصد جوانه‌های انتهایی شروع به خروج اولین برگچه کرده بودند.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تعیین روابط همبستگی بین صفات از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده شد. یکی از روش‌های رایج بُرش خوشه (کلاستر) استفاده از جذر n/2 است که در آن n تعداد ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد (Mohammadi and Prasanna, 2003). بُرش از جایی که محل اتصال خوشه‌ها فاصله زیادی از هم داشتند، انجام شد. محاسبه آماره‌های توصیفی، CA و PCA با استفاده از نرم‌افزارهای Minitab18 و SPSS Statistics version 26 انجام شد.

نتایج و بحث

آماره‌های توصیفی

میزان چسبندگی دو نیمه چوبی بین محدوده خیلی‌کم تا خیلی‌زیاد قرار داشت. نوک میوه هم از شکل نوک‌تیز تا لبه‌دار متغیر بود (جدول ۳). بیشترین ضریب‌تغییرات (CV) به‌ترتیب به میزان چسبندگی دو نیمه‌چوبی (۲۶/۵۹ درصد) و شکل نوک میوه (۲۶/۲۶ درصد) و کمترین آن به شکل در مقطع عرضی میوه (۱۲/۲ درصد) مربوط بود (جدول ۳). هرچه میزان ضریب‌تغییرات کمتر باشد، بیان‌گر پراکندگی کمتر مشاهدات در اطراف میانگین و یکنواختی بیشتر داده‌ها می‌باشد (Mohammadi and Prassana, 2003).

مطالعه بر روی ۲۱ صفت ظاهری گردو در ایستگاه تحقیقات رابُر، بیشترین ضریب‌تغییرات را برای شکل لبه میوه و کمترین آن را برای طول مغز نشان داد (Farrokhi Toolir and Mozaffari, 2020). همچنین بیشترین و کمترین ضریب‌تغییرات در مطالعه‌ای که بر روی ۱۸ صفت مهم گردو در کلکسیون کرج صورت گرفت، به‌ترتیب برای ضخامت غشاء و شاخص گِردی میوه گزارش شد (Mahmoodi *et al.*, 2019). بیشترین ضریب‌تغییرات برای ضخامت پوسته چوبی (۳۱درصد) و کمترین آن برای عرض میوه (۸درصد) گزارش گردید (Khadivi-Khub *et al.*, 2015).

در پژوهش حاضر، وزن میوه بین ۶/۴۷ تا ۱۲ گرم و وزن مغز بین ۲/۵۱ تا ۸/۱ گرم متغیر بود (جدول ۳). در بررسی صورت‌گرفته بر روی گردوی مناطق مختلف کشور، وزن میوه بین ۶ تا ۲۰/۲۲ گرم و وزن مغز بین ۲/۱۵ تا ۱۴/۱ گرم گزارش شده است (Arzani *et al.*, 2008; Ehteshamnia *et al.*, 2009; Mousavi *et al.*, 2015). وزن میوه در ژنوتیپ‌های انتخابی استان همدان بین ۷/۱۵ تا۲۱/۰۵ گرم و وزن مغز بین ۳ تا ۱۰/۸ گرم قرار داشت (Fallah *et al.*, 2022). در

جدول ۳- آماره‌های توصیفی برای صفات مطالعه‌شده در ژنوتیپ‌های گردو

Table 4. Descriptive statistics for studied traits in walnut genotypes

Traits	صفت	کمینه Minimum	بیشینه Maximum	میانگین Mean	میانه Median	درصد ضریب تغییرات CV (%)
Adheision between two halves	چسبندگی دو نیمه چوبی	1.00	9.00	4.54	5.00	26.59
Shape in longitudinal section perpendicular to suture	شکل در مقطع طولی عمود بر درز میوه	1.00	8.00	4.89	5.00	19.07
Shape in longitudinal section through suture	شکل در مقطع طولی منطبق بر درز میوه	1.00	8.00	4.48	4.00	18.46
Shape in cross section	شکل در مقطع عرضی	1.00	3.00	1.88	2.00	12.20
Shape of base perpendicular to suture	شکل ته فندقه عمود بر درز طولی	1.00	3.00	2.20	2.00	16.22
Position of pad on suture	محل قرار گرفتن لبه برچه روی شکاف	1.00	3.00	2.17	2.00	24.40
Prominence of apical tip	برجستگی نوک	1.00	3.00	1.82	2.00	24.94
Width of pad on suture	عرض لبه برچه روی شکاف طولی	3.00	7.00	4.42	5.00	20.14
Prominence of pad on suture	برجستگی لبه برچه‌ها بر روی درز	3.00	7.00	4.62	3.00	20.58
Ease of removal from shell	سهولت جدا شدن مغز	1.00	4.00	2.54	1.00	23.02
Shape of nut apex	شکل نوک میوه	1.00	4.00	1.57	2.00	26.26
Intensity of kernel ground color	شدت رنگ زمینه مغز	1.00	7.00	4.14	5.00	25.67
Thickness of shell (mm)	ضخامت پوسته چوبی (میلی‌متر)	1.00	4.60	2.19	2.00	25.06
Kernel weight: total weight of nut (%)	درصد وزن مغز : وزن کل میوه	5.57	68.90	52.85	55.32	21.38
Nut weight (g)	وزن میوه (گرم)	1.38	14.90	9.75	5.04	25.32
Kernel weight (g)	وزن مغز (گرم)	2.51	8.10	5.55	10.10	25.84
Nut width (mm)	عرض شکمی میوه (میلی متر)	1.10	3.66	2.90	3.08	20.58
Nut length (mm)	طول میوه (میلی متر)	2.30	4.20	3.51	3.60	13.57
Type of bearing	عادت باردهی	1.00	7.00	3.14	3.00	20.95
Fruit yield tree $^{-1}$	عملکرد میوه در درخت	3.00	9.00	6.08	7.00	21.54
Leafing time	زمان برگ دهی	2.00	6.00	4.28	4.00	17.25

مطالعه ای بر روی چهار ژنوتیپ ایرانی شامل: چالدران، پرشیا، کاسپین و الوند، وزن میوه بین ۸ تا ۱۵/۳ گرم و وزن مغز بین ۳/۹ تا ۸/۳ گرم بود (Soleimani *et al.*, 2023). به‌طورکلی، ژنوتیپ های گردو مورد مطالعه در پژوهش حاضر در مقایسه با ژنوتیپ های مطالعات قبلی، میوه‌های کوچک‌تر اما مغز پُرتر و درشت‌تری داشتند. کوچکی اندازه میوه احتمالاً تحت تاثیر وقوع دماهای بالا هم‌زمان با رشد سریع میوه بود.

صفات اندازه گیری شده

براساس کمیت میانه محاسبه‌شده، زمان برگ‌دهی ژنوتیپ‌های بررسی‌شده متوسط، عملکرد تک درخت زیاد و عادت باردهی‌شان انتهایی‌جانبی بود (جدول ۳). ژنوتیپ‌های ۷، ۱۰ و ۱۴ زمان برگ‌دهی دیرتر و ژنوتیپ ۱۸ زمان برگ‌دهی نسبتاً دیرتری نشان داد (جدول ۴). برگ‌های این ژنوتیپ‌ها حدود ۹ تا ۱۵ روز بعد از برگ‌دهی گونه‌های درختان میوه موجود در منطقه باز شدند. در مطالعه صورت‌گرفته روی ژنوتیپ‌های گردوی ترکیه، زمان برگ‌دهی ۱۰ تا ۲۰ روز دیرتر از برگ‌دهی گونه‌های مجاور بود (Akça and Ozongun, 2004). با توجه به وراثت‌پذیری بسیار بالای صفات برگ‌دهی، می‌توان از این ژنوتیپ‌ها در برنامه به‌نژادی گردو استفاده کرد (Akça and Ozongun, 2004).

ژنوتیپ‌های زود برگ‌ده گردو که باردهی جانبی بالایی دارند، به بیماری بلایت باکتریائی حساس‌ترند. بنابراین در موقع انتخاب، بایستی ارقام دارای باردهی جانبی و دیربرگ، مد نظر قرار گیرند (Mojtahid, 2016). یکی از تنش‌های زیستی مهمی که در سال‌های اخیر با شدت و ضعف متفاوتی در مناطق گردوخیز استان کرمان به‌وقوع پیوسته است، سرمای دیررس بهاره است. این تنش مستقیماً میزان باردهی درخت را تحت تأثیر قرار می‌دهد و خسارت مالی زیادی را به گردوکاران تحمیل می‌کند. راه عملی و به‌صرفه جلوگیری از خسارت سرمازدگی بهاره، استفاده از ارقام مقاوم است (Fallah *et al.*, 2022). ژنوتیپ‌ها و ارقام مقاوم با به تعویق انداختن گل‌دهی از سرمای دیر رس بهاره اجتناب می‌کنند (Zeneli *et al.*, 2004). با توجه به اقلیم در حال تغییر در مناطق گردوخیز استان کرمان در چندسال اخیر و نزدیک بودن نیاز سرمائی ارقام مختلف گردو نیاز به معرفی ژنوتیپ‌های دیر برگ‌ده بیش از پیش احساس می‌شود.

در میان ژنوتیپ‌های گردوی بررسی‌شده در پژوهش حاضر، ژنوتیپ‌های ۱، ۱۸ و ۳۲ عادت باردهی جانبی داشتند (جدول ۴). عادت باردهی جانبی یکی از خصوصیات به‌نژادی مهم در گردو است که در آن گل‌های ماده نه‌تنها در جوانه‌های انتهایی یا زیرشاخه ها تشکیل می‌شوند بلکه عمدتاً شاخساره‌های فصل جاری هم جوانه گل تولید می‌کنند. در این حالت، غلبه انتهایی روی شاخه یکساله ضعیف است و

جدول ۴- میانگین صفات اندازه‌گیری شده میوه گردو بین سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ براساس دستورالعمل ملی تمایز و یکنواختی گردو(۱۳۸۶)

Table 4. Mean of measured traits of walnut fruit from 2019 to 2022 based on the national guidelines of tests for distinctness, uniformity and stability in walnut (2007)

ژنوتیپ Genotype	شدت رنگ زمینه مغز Intensity of kernel ground color	ضخامت پوسته چوبی(میلی متر) Thickness of shell (mm)	درصد وزن مغز : وزن کل میوه Kernel weight: total weight of nut (%)	وزن مغز (گرم) Kernel weight (g)	وزن میوه (گرم) Nut weight (g)	عرض شکمی میوه (میلی متر) Nut width (mm)	طول میوه (میلی متر) Nut length (mm)	عادت باردهی Type of bearing	عملکرد میوه در درخت Fruit yield tree^{-1}	زمان برگ‌دهی Leafing time
1	1	2.2	56.04	4.52	8.10	30.5	39.4	7	7	4
2	5	2.4	57.00	6.82	12.10	36.6	41.6	3	5	4
3	5	2.3	56.81	4.96	8.73	32.3	41.1	5	5	4
4	1	4.0	61.01	4.82	7.90	28.8	31.2	3	5	4
5	3	1.8	53.94	3.62	6.71	26.5	32.2	3	9	4
6	3	3.5	55.32	3.85	6.97	30.8	31.2	3	5	4
7	5	4.6	55.78	5.30	9.50	33.1	35.1	5	5	6
8	3	2.7	55.70	5.78	10.45	31.8	34.6	1	7	4
9	1	1.2	56.25	4.50	8.11	33.2	32.6	3	7	5
10	3	1.7	53.21	4.98	8.27	31.1	35.7	3	7	6
11	3	2.2	57.68	5.93	10.28	3.5	42.1	5	7	5
12	3	2.2	59.60	6.86	10.51	30.6	39.2	1	5	4
13	5	4.0	64.28	8.08	10.57	33.8	36.8	1	5	4
14	3	2.0	66.88	8.10	10.96	31.1	36.5	3	5	6
15	7	4.1	53.20	6.65	12.50	35.2	39.2	3	5	4
16	5	4.2	59.52	7.56	12.40	31.6	37.8	3	7	4
17	5	2.1	59.05	6.72	1.38	28.9	39.8	3	7	4
18	5	1.0	61.80	7.30	11.80	35.1	37.1	7	9	5
19	5	1.5	62.60	6.70	10.70	33.2	38.2	1	5	4
20	7	2.0	46.70	4.96	10.60	3.2	41.1	1	7	5
21	5	1.5	55.15	5.40	11.90	29.1	32.2	3	7	5
22	3	1.0	49.33	6.10	12.50	25.2	28.1	3	7	2
23	3	1.5	46.30	3.80	8.20	25.5	32.2	3	3	4
24	5	2.0	50.29	4.20	8.35	26.2	31.3	3	7	4
25	5	2.0	41.00	5.60	13.60	31.3	34.1	3	5	4
26	5	1.5	50.60	3.90	7.70	23.1	26.2	3	5	5
27	5	2.0	41.90	3.90	9.35	29.2	31.1	1	5	4
28	5	2.0	46.12	4.10	8.90	30.2	33.2	1	5	4
29	5	1.5	66.83	6.80	8.85	29.3	31.9	3	7	4
30	5	3.0	64.90	7.00	10.15	33.8	41.1	3	7	4
31	5	2.2	43.50	5.10	11.70	31.1	38.1	3	7	4
32	3	1.5	53.16	7.90	14.90	31.6	36.2	7	7	4
33	5	1.5	53.18	5.59	10.51	19.8	27.2	3	5	4
34	3	1.0	38.79	2.51	6.47	20.9	23.5	3	7	4
35	5	1.0	45.72	4.60	10.06	19.2	3.6	3	5	4

ادامه جدول ۴-

Table 4. Continued

ژنوتیپ Genotype	چسبندگی دو نیمه چوبی Adheision between two halves	شکل در مقطع طولی عمود بر درز میوه Shape in longitudinal section perpendicular to suture	شکل در مقطع طولی منطبق بر درز میوه Shape in longitudinal section through suture	شکل در مقطع عرضی Shape in cross section	شکل ته فندقه عمود بر درز طولی Shape of base perpendicular to suture	محل قرار گرفتن لبه برچه روی شکاف Position of pad on suture	میزان برجستگی نوک Prominence of pad on suture	عرض لبه برچه روی شکاف طولی Width of pad on suture	میزان برجستگی لبه برچه‌ها بر روی درز Prominence of pad on suture	سهولت جدا شدن مغز Ease of removal from shell	شکل نوک میوه Shape of nut apex
1	1	4	4	1	2	1	1	3	3	1	1
2	1	5	4	1	3	2	2	5	5	1	1
3	1	5	4	3	3	2	3	5	5	1	1
4	7	4	2	3	1	2	2	5	5	3	1
5	5	4	4	2	3	2	1	3	3	2	1
6	9	1	6	2	3	3	3	3	5	4	1
7	5	3	4	1	1	1	1	3	3	4	4
8	5	7	4	1	2	2	1	5	3	3	2
9	1	7	1	1	3	1	1	3	3	1	1
10	5	4	7	1	3	1	1	5	5	1	1
11	5	6	5	1	3	2	3	7	7	3	1
12	7	7	8	2	1	2	3	5	7	4	1
13	9	8	4	1	1	3	1	5	3	4	1
14	7	8	4	3	3	1	1	5	4	4	1
15	7	3	8	1	3	3	1	5	5	3	2
16	9	8	4	2	1	2	3	5	7	4	1
17	5	4	4	2	3	2	2	5	5	3	1
18	1	2	3	2	3	3	3	7	7	1	1
19	5	1	1	2	2	2	2	5	5	3	2
20	5	7	1	3	1	2	2	3	5	3	2
21	5	1	7	2	2	3	1	3	7	3	3
22	3	5	5	3	2	3	2	3	5	1	3
23	1	8	8	3	1	2	2	3	5	1	1
24	3	5	7	2	2	3	2	3	5	3	2
25	7	6	6	2	3	3	1	7	7	3	4
26	1	3	3	2	2	3	1	3	3	3	2
27	5	6	4	3	2	3	1	3	3	3	3
28	5	3	3	2	3	3	2	5	5	4	2
29	5	3	2	1	3	2	1	5	3	3	1
30	5	6	3	1	2	1	1	5	3	3	1
31	7	8	8	3	2	2	3	5	5	1	1
32	3	8	8	3	1	3	2	7	5	3	1
33	7	1	4	2	2	3	3	3	3	3	1
34	1	1	1	1	2	1	2	3	3	3	2
35	1	7	6	1	3	2	3	5	5	1	1

میوه های گردو در طول شـــاخه و به‌طور جانبی تولید می‌شـــوند (Eskandari, 2014). در مطالعه لشـــگری و همکاران (Lashkari *et al.*, 2015)، ژنوتیپ‌های wz2 و wz24 باردهی جانبی خیلی بالایی داشتند. عادت باردهی جانبی در مطالعه ســـه‌ســـاله بر روی ۱۹ ژنوتیپ گردو، درکشـــور ترکیه، بین ۱۰ تا ۷۰ درصـــد گزارش شد (Akça and Ozongun, 2004).

مهمترین بخش عملکرد میوه گردوکه می‌تواند از طریق به‌نژادی ارتقاء یابد، عادت باردهی جانبی اســـت. ژنوتیپ‌هایی که باردهی جانبی دارند، میوه بیشـــتری تولید می‌کنند. این ژنوتیپ‌ها به‌طور میانگین ســـه ســـال زودتر از ارقامی که عادت باردهی انتهایی دارند، به ســـن باردهی رســـیده و همچنین عملکرد میوه بیشـــتر و تولیـد محصـــول منظم‌تری دارنـد (Mojtahid, 2016). ژنـوتیـپ‌هـای ۵ و ۱۸، عملکرد تک‌درخت خیلی زیادی داشتند ولی در بقیه ژنوتیپ‌ها، عملکرد تک‌درخت در محدوده متوســـط تا زیاد بود (جدول ۴). در تعیین میزان عـملـکـرد مـیـوه گـردو، ســـه عـامـل تـعـداد گل‌های ماده، درصـد تشـکیل میوه و اندازه میوه مؤثرند (Forde and Mcgranahan, 1996).

کمیت میانه و میانگین به‌دســـت آمده برای درصـــد وزن مغز نســـبـت بـه وزن کـل میوه (درصـــد وزن مغز)، به‌ترتیب ۵۲/۳۳ و ۵۲/۸ بود (جدول ۳). بیشترین درصد وزن مغز به‌ترتیب در ژنوتیـپ ۱۴ (۶۶/۸۸ درصـــد) و ۲۹ (۶۶/۸۳ درصـــد) و کـمـتـریـن آن در ژنـوتـیـپ ۲۵ (۴۱ درصـد) مشـاهده شـد (جدول ۴). میزان مغز در ارزیابی میوه ژنوتیپ‌های امیدبخش گردوی منطقه اسـتهبان، بین ۶۳/۵ تا ۶۶/۵ درصـد متغیر بود (Saadat and Zandi, 2009). در بررســـی ژنوتیپ‌های گردوی منطقه اقلید فارس، درصـــد مغز بین ۱۷/۵۷ تا ۶۲/۶ درصـــد گزارش گردید (Sarikhani Khorami *et al.*, 2014). در مطـالعـه روی ۱۸ صـــفـت مهم گردو در ایســـتگـاه تحقیقـاتی کرج، درصـــد مغز بین ۳۵/۳۹ تـا ۷۱/۰۹ درصـــد گـزارش شـــد (Mahmoodi *et al.*, 2019). در مطالعه حاضر، میانگین درصـــد مغز پایین‌تر از درصـــدهای مغز گزارش‌شـــده برای گردوهـای کشـــورهـای آلبانی (۶۳/۸۰ درصـد) (Zeneli *et al.*, 2004) و ترکیه (۶۷/۱۴ درصـــد) (Aslantas, 2006)، ژنوتیپ‌های منطقه نی‌ریز فارس (۶۲/۱۸ درصد) (Ebrahimi *et al.*, 2015) و مـــلایـــر (۶۶/۲۹درصد) (Rezaei *et al.*, 2018) بود.

از عواملی که بر افزایش درصد مغز مؤثرند، می‌توان بـه انـدازه میوه، میزان پُرشـــدن مغز و ضـــخـامـت پوســـتـه چوبی اشـــاره کرد (Ehteshamnia *et al.*, 2009). هرچند درصـد مغز بـالا، صـــفـت تجـاری مهمی در فراوری و بازاررســـانی گردو اســـت ولی درصـــدهای مغز خیلی بـالا نیز نشـــانگر پوســـتـه چوبی ضـــعـیف و اســـتـحـکـام کـمـتر آن اســـت (Akça and Ozongun, 2004). درصـــد مغز گردو یکی از عوامل مهم اقتصادی است که به‌طور مستقیم بر روی کیفیت و قیمت محصول

تاثیر می‌گذارد. درختان گردو با درصد مغز میوه بیشتر، معمولاً از نظر اقتصادی ارزش بیشتری نیز دارند. این موضوع می‌تواند به انتخاب ارقام مناسب و همچنین مدیریت بهینه باغ مربوط باشد. بازده اقتصادی درختان گردو به ترکیبی از درصد مغز میوه، کیفیت محصول، هزینه‌های تولید و بازار فروش بستگی دارد (Lone *et al.*, 2023)

شدت رنگ مغز در ژنوتیپ‌های ۱، ۴ و ۹ خیلی‌روشن و در بقیه ژنوتیپ‌ها، روشن تا متوسط بود (جدول ۴). روشن‌بودن رنگ مغز از ویژگی های مهم کیفیت محصول گردو است و می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی بهبود یابد (Hassani *et al.*, 2013). علاوه بر عوامل ژنتیکی، عوامل به‌باغی مانند استفاده از کودهای دارای بنیان پتاسیمی، کاهش دورآبیاری در روزهای گرم سال و نحوه برداشت و انباشت محصول گردو در میزان روشنی رنگ مغز گردو مؤثر می‌باشند (Keshavarzi and Karimpoor Fard, 2021). با تأخیر در برداشت، میزان روشن‌بودن رنگ مغز کاهش می‌یابد (Saadat and Zandi, 2009). تنش کم‌آبی درختان نیز بر روی روشنی رنگ مغز گردو تأثیر منفی می‌گذارد.

در پژوهش حاضر، بیشترین طول میوه (۴۲/۱ میلی‌متر) در ژنوتیپ ۱۱ و بیشترین عرض شکمی (۳۶/۶۰ میلی‌متر) در ژنوتیپ ۲ بود (جدول ۴). در مطالعه صورت‌گرفته بر روی گردوهای استان همدان، طول و عرض میوه به‌ترتیب ۳۲/۵۹ و ۲۴/۷۹ میلی‌متر گزارش شد(Fallah *et al.*, 2022). شفائی و ارزانی (Shafaei and Arzani, 2016) طول و عرض میوه را به‌ترتیب ۴۲/۸ و ۳۶/۶۸ میلی‌متر در ژنوتیپ‌های گردوی استان کرمانشاه گزارش کردند. دامنه طول میوه ۳۶/۵ میلی‌متر در گردوی ایرانی و ۱۳/۳ میلی‌متر در گردوی پارادوکس و بیشترین و کمترین عرض‌میوه در گردوی ایرانی و دورگ بین گونه‌ای رویال به‌ترتیب ۳۰/۲ و ۱۴/۸ میلی‌متر گزارش شده است (Mosivand *et al.*, 2013). میوه‌های بزرگ‌تر می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی گردو برای افزایش عملکرد میوه مورد استفاده قرار گیرند (Lashkari *et al.*, 2015).

ژنوتیپ‌های گردوی ۶ ، ۱۳ و ۱۶ میزان چسبندگی دو نیمه چوبی زیادتر و سهولت جداشدن مغز از پوسته چوبی خیلی کمتری داشتند. علاوه‌براین در ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۱۴ و ۲۸ نیز مغز از پوسته چوبی به‌سختی جدا شد (جدول ۴). پُرشدن زیاد از حد مغز در اغلب موارد باعث پیچ‌خوردن بیش از حد آن داخل پوسته چوبی شده که این خود نیز موجب دشواری جداشدن پوسته چوبی از مغز می‌شود. بنابراین در گردو، علاوه‌براین که بایستی محتوای پوسته سخت آن به خوبی پُر شود، بایستی کمی فضا نیز بین مغز و پوسته وجود داشته باشد تا در اثر پوست‌گیری با دستگاه خُرد نشود (Mojtahid, 2016). بیشترین ضخامت پوسته چوبی (۴/۶ میلی‌متر) به ژنوتیپ

۷ و کمترین ضخامت پوسته چوبی (یک میلی‌متر) به ژنوتیپ‌های ۱، ۱۸، ۳۴ و ۳۵ تعلق داشت (جدول۴). ضخامت پوسته چوبی گردوی ایرانی متنوع است و شامل سه دسته پوست‌نازک، ضخیم و سخت می‌باشد. پوسته چوبی گردوهای تجاری باید به‌اندازه کافی مستحکم باشد تا طی عملیات برداشت مکانیزه، جداکردن پوسته سبز، بسته‌بندی و صادرات نشکند (Mojtahid, 2016).

همبستگی بین صفات

برای مطالعه رابطه بین صفات اندازه گیری شده از ضرایب همبستگی اسپیرمن استفاده شد. بیشترین ضریب‌همبستگی مثبت در سطح احتمال یک درصد به‌ترتیب بین صفات سهولت جداشدن و میزان چسبندگی دو نیمه‌چوبی(r=۰/۶۷۲)، عرض شکمی میوه و طول میوه (r=۰/۶۲۷)، عرض لبه برچه روی شکاف طولی و وزن مغز (r=۰/۶۱۸) مشاهده شد. بیشترین همبستگی منفی در بین صفات عادت باردهی و میزان چسبندگی دو نیمه چوبی (r= -۰/۴۱۵) بود (جدول ۵). مشاهدات نشان می‌دهد که هر چه عادت باردهی به سمت جانبی‌تر بودن گرایش می‌یابد، میزان چسبندگی دو نیمه‌چوبی نیز کاهش می‌یابد. همچنین، در پژوهش‌های قبلی روی گردوهای ایرانی، همبستگی مثبت قوی بین صفات مربوط به طول و عرض میوه و وزن مغز گزارش شده است که با داده‌های پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد (Mahmoodi *et al.*, 2019; Fallah *et al.*, 2022; Soleiman *et al.*, 2023).

در پژوهش حاضر، بین صفات عرض شکمی میوه و ضخامت پوسته چوبی همبستگی مثبتی درسطح احتمال یک درصد با ضریب همبستگی(r=۰/۴۵۳) وجود داشت. همبستگی بین این دو صفت قبلاً در مطالعه گردوهای کشور قزاقستان نیز گزارش شده است (Akça *et al.*, 2020). در پژوهش حاضر، همبستگی بین درصد مغز با ضخامت پوسته چوبی در سطح احتمال پنج درصد با ضریب‌همبستگی منفی (r= -۰/۴۱۱) معنی دار بودکه با نتایج سایر پژوهشگران موافقت دارد (Ehteshamnia *et al.*, 2009; Khorami *et al.*, 2014). درصد مغز میوه گردو به ضخامت پوسته چوبی بستگی دارد و گردوهای پوست نازک معمولاً درصد مغز بیشتری نیز دارند (Mojtahid, 2016).

تجزیه خوشه‌ای

براساس دندروگرام حاصل از روش وارد و مجذور فاصله اقلیدوسی، ۳۵ ژنوتیپ گردوی بررسی‌شده در چهار گروه جداگانه قرار گرفتند. گروه اول تا چهارم به‌ترتیب شامل۱۳، ۱۲، ۵ و ۵ ژنوتیپ بودند (شکل ۱). براساس اصلاعات جدول ۴ و شکل ۱، ویژگی متمایزکننده ژنوتیپ‌های هرگروه‌ها به‌شرح زیر بود:

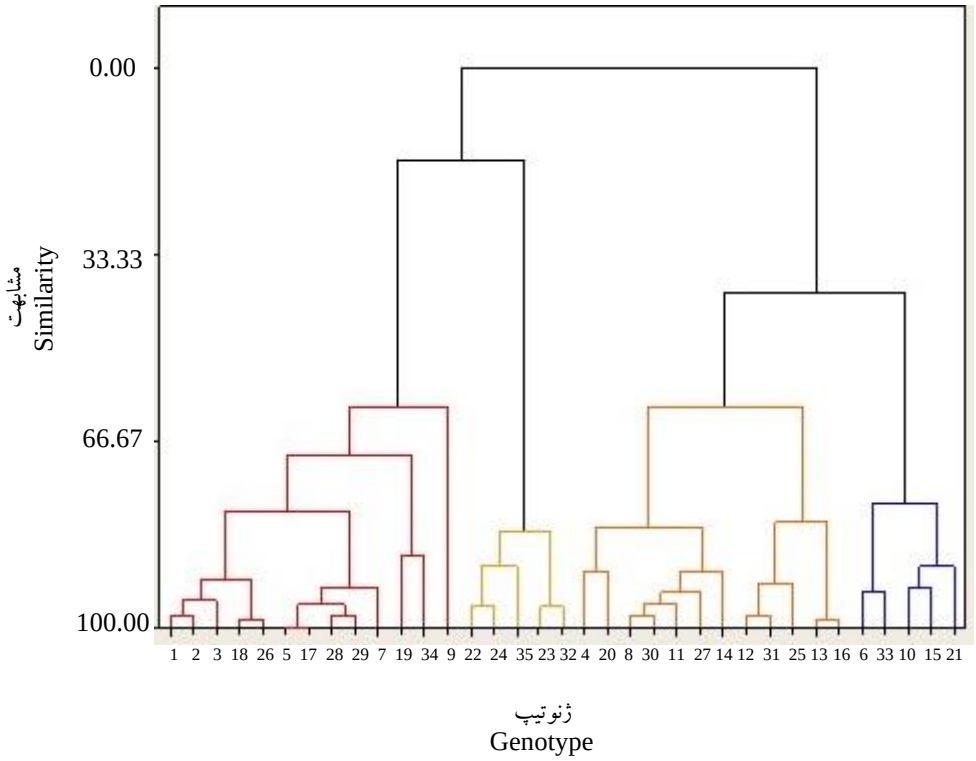
جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف در ژنوتیپ‌های گردوی مورد مطالعه (درجه آزادی = ۲۸)

Table 5. Correlation coefficients between different traits in studied walnut genotypes (df = 28)

ردیف No.	Trait	صفت	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	Amount of adhesion between two halves	چسبندگی دو نیمه چوبی	1.000																				
2	Shape in longitudinal section perpendicular to suture	شکل در مقطع طولی عمود بر درز میوه	0.073	1.000																			
3	Shape in longitudinal section through suture	شکل در مقطع طولی مطبق بر درز میوه	0.167	0.266	1.000																		
4	Shape in cross section	شکل در مقطع عرضی	0.088	0.223	0.151	1.000																	
5	Shape of base perpendicular to suture	شکل په قاعده عمود بر درز طولی	-0.183	-0.292	-0.057	-0.287	1.000																
6	Position of pad on suture	محل قرار گرفتن لپه بر چه روی شکاف	0.195	-0.165	0.309	0.331	-0.010	1.000															
7	Prominence of apical tip	برجستگی نوک	0.017	0.014	0.163	0.283	0.36	0.193	1.000														
8	Width of pad on suture	عرض لپه بر چه روی شکاف طولی	0.161	0.265	0.159	-0.063	0.221	0.101	0.23	1.000													
9	Prominence of pad on suture	برجستگی لپه بر چه‌ها بر روی درز	0.162	0.768	0.423*	0.248	0.042	0.312	0.525**	0.507**	1.000												
10	Ease of removal from shell	سهولت جدا شدن مغز	0.672**	-0.933	-0.099	-0.019	-0.304	0.19	-0.109	0.039	-0.004	1.000											
11	Shape of nut apex	شکل نوک میوه	0.406	-0.218	0.004	0.053	-0.125	0.248	-0.387*	-0.214	0.034	0.238	1.000										
12	Intensity of kernel ground color	شدت رنگ زمینه مغز	0.172	-0.110	0.041	0.014	0.05	0.403*	0.069	0.102	0.153	0.214	0.296	1.000									
13	Thickness of shell	ضخامت پوسته چوبی	0.607**	0.107	0.066	-0.160	-0.32	-0.051	-0.091	0.061	-0.026	0.491**	0.056	0.127	1.000								
14	Kernel weight: total nut weight of nut (%)	درصد وزن مغز : وزن کل میوه	0.138	-0.101	-0.130	-0.019	0.074	-0.177	0.086	0.163	0.098	0.061	0.152	-0.008	-0.411*	1.000							
15	Kernel weigh	وزن مغز	0.353*	0.298	0.085	-0.041	-0.094	0.063	0.024	0.618**	0.267	0.232	-0.205	0.218	0.241	0.421*	1.000						
16	Nut weight	وزن میوه	0.164	0.293	0.304	0.129	-0.207	0.312	0.071	0.415*	0.371*	0.01	0.233	0.245	0.048	-0.082	0.503**	1.000					
17	Nut width	عرض شکمی میوه	0.235	0.138	-0.046	-0.121	0.071	-0.015	-0.272	0.364*	0.193	0.17	-0.004	0.06	0.453**	0.326	0.526**	0.225	1.000				
18	Nut length	طول میوه	0.120	0.360*	0.078	-0.160	0.126	-0.263	0.112	0.545**	0.30	-0.075	-0.33	0.254	0.275	0.349*	0.582**	0.196	0.627**	1.000			
19	Type of bearing	عادت باردهی	-0.415*	-0.102	0.152	-0.035	0.12	-0.115	0.149	0.251	0.123	-0.368	-0.172	-0.255	-0.085	0.262	0.106	0.112	0.117	0.145	1.000		
20	Yield per tree	عملکرد تک درخت	-0.127	-0.070	-0.169	0.15	0.18	-0.135	-0.04	0.096	0.033	-0.216	-0.145	-0.112	-0.255	-0.016	0.075	-0.041	0.075	0.092	0.33	1.000	
21	Leafing time	زمان برگدهی	0.008	-0.037	-0.087	-0.189	0.098	-0.405*	-0.252	0.050	-0.008	0.14	0.013	0.015	0.08	0.204	0.027	-0.076	0.258	0.15	0.168	0.034	1.000

* and **: Significant at the 5% and 1% probability gevels, respectively.*

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد



شکل ۱- دندروگرام برای ۳۵ ژنوتیپ گردو، با تجزیه خوشه‌ای به روشWard با استفاده از ۲۱ صفت. برای نام ژنوتیپ‌ها براساس شماره، به جدول ۱ مراجعه شود

Fig. 1. Dendrogram for 35 walnut genotypes by Ward's cluster analysis method, using 21 traits. For genotypes' name based on numbers, please refer to Table 1

در گروه اول، اغلب ژنوتیپ‌های گردو عادت باردهی انتهایی‌جانبی داشتند و فقط ژنوتیپ‌های ۱۹ و ۲۸ دارای عادت باردهی انتهایی بودند. ژنوتیپ‌های گروه اول زمان برگ‌دهی عمدتاً متوسط تا تقریباً دیر را نشان دادند و فقط زمان برگ‌دهی در ژنوتیپ ۱۸ به‌صورت خیلی‌دیر بود. در این گروه به استثنای ژنوتیپ‌های ۲ و ۳، طول میوه بقیه ژنوتیپ‌ها کمتر از ۴۰ میلی‌متر و عرض‌شکمی‌میوه کمتر از ۳۵ میلی‌متر بود.

در گروه دوم، اکثر ژنوتیپ‌ها عادت باردهی انتهایی و انتهایی- جانبی داشتند. در این گروه میزان چسبندگی دو نیمه چوبی متوسط تا زیاد بود.

در گروه سوم، هر پنج ژنوتیپ دارای عادت باردهی انتهایی‌جانبی بودند. به‌استثنای ژنوتیپ ۲۳ که عملکرد میوه پائینی داشت، عملکرد جهار ژنوتیپ دیگر به‌صورت متوسط تا زیاد گزارش بود. درصد مغز ژنوتیپ‌های این گروه بین ۴۵/۷۲ تا ۵۳/۱۶ درصد و ضخامت پوسته چوبی بین یک تا دو میلی‌متر بود. مغز ژنوتیپ‌های گروه سوم، نسبت به سایر ژنوتیپ‌های گروه‌های دیگر، نسبتاً آسان‌تر از پوسته چوبی‌شان جدا می‌گردید.

در گروه چهارم هر پنج ژنوتیپ دارای عادت

باردهی انتهایی- جانبی بودند و عملکرد متوسط تا زیادی داشتند. به‌استثنای ژنوتیپ ۲۱، زمان برگ‌دهی ژنوتیپ‌های این گروه عمدتاً متوسط بود. درصد مغز در ژنوتیپ‌های این گروه بین ۵۳/۱۸ درصد تا ۵۵/۳۲ درصد مشاهده شد.

با استفاده از صفات مورفولوژیکی، تنوع میوه گردوهای جنگلی قرقیزستان مورد مطالعه قرار گرفت و در نهایت سه فرم کروی، کاغذی و خوشه‌ای انتخاب شد (Mamadjanov, 2001). ژنوتیپ‌های گردوی استان اردبیل براساس روش UPGMA، در سه گروه مجزاء گروه‌بندی شدند (Ghanbari *et al.*, 2018). در مطالعه دیگری، ۷۰ ژنوتیپ گردوی ایرانی در شش گروه جداگانه قرار گرفتند (Ghasemi *et al.*, 2012). در پژوهش حاضر، تمایز مشخصی بین میوه ژنوتیپ‌های گروه‌های مختلف مشاهده نشد (شکل ۱). گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گردو در پژوهش حاضر مستقل از موقعیت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای آن‌ها بود که با نتایج مطالعات قبلی در این زمینه تطابق داشت (Ghasemi *et al.*, 2012; Ghanbari *et al.*, 2018). یکی از دلایل عدم ارتباط ژنوتیپ‌ها و خاستگاه جغرافیای‌شان، ناشی از تکثیر بذری گردو در زمان طولانی است که به ایجاد تنوع گسترده صفات مورفولوژیکی و پومولوژیکی گسترده‌ای در بین جمعیت های بذری درختان گردو انجامیده است (Alinia Ahandani *et al.*, 2014; Vahdati, 2015).

با توجه به موقعیت افراد در هرگروه، ژنوتیپ‌های مناسب دورگ گیری در برنامه‌های به‌نژادی گردو را می‌توان انتخاب نمود. دورگ گیری بین ژنوتیپ‌های گردو در خوشه‌های دور از هم به افزایش قدرت دورگ (Heterosis) و ایجاد نتاج قوی‌تر منجر می‌شود، ولی ژنوتیپ‌های درون یک گروه به‌دلیل شباهت بالاترشان نسبت به همدیگر، برای این منظور مناسب نیستند (Sirvastava *et al.*, 2011; Ahmad Shah *et al.*, 2021).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

در پژوهش حاضر از ۱۰ صفت شاخص و کاربردی در برنامه به‌نژادی گردو، برای تجزیه به مولفه های اصلی (PCA) استفاده شد. سه مؤلفه اول ۵۸/۹ درصد کل تغییرات توضیح داد (جدول ۶). مؤلفه اول شامل هر ۱۰ صفت، مؤلفه دوم شامل صفات عادت باردهی، زمان برگ‌دهی، درصد وزن مغز، عرض شکمی میوه، طول میوه و عملکرد تک درخت و مؤلفه سوم شامل صفات زمان برگ‌دهی، درصد وزن مغز، عرض شکمی میوه و سهولت جداشدن مغز راشامل می‌شدند (جدول ۶). در پژوهش حاضر، صفاتی مانند عادت باردهی، زمان برگ‌دهی، درصد وزن مغز نسبت به وزن کل میوه، عرض شکمی میوه، طول میوه، عملکرد تک درخت و شدت‌رنگ مغز با هر دو PC1 و PC2 همبستگی مثبتی داشتند (جدول ۶).

محمودی و همکاران (Mahmoodi *et al.*, 2019) با استفاده از تحلیل عاملی ۱۸ صفت، گزارش کردند که شش مؤلفه اول ۷۹/۹۵درصد

از کل تغییرات را توضیح دادند. در ارزیابی تنوع مورفولوژیکی برخی ارقام گردوی ایرانی در استان گیلان، ضریب بُردارهای ویژه در مؤلفه اول نشان داد که عملکرد میوه، وزن مغز و طول میوه، بیشترین سهم را در این مؤلفه داشتند (Alini Ahandani *et al.*, 2014). لیو و همکاران (Liu *et al.*, 2020) در تجزیه به مولفه های اصلی دانهال‌های گردوی کشور چین نشان دادند که سه مؤلفه اول ۷۵/۹۰ درصد کل تغییرات را توضیح دادند. در مطالعه ایشان میزان جوانه‌زنی، میزان سبزشدن، ارتفاع نهال، سطح برگ و ظرفیت نگهداری آب، به‌عنوان صفات مهمی در ارزیابی دانهال‌ها معرفی بودند.

مقایسه دو روش تجزیه خوشه ای و تجزیه به مولفه های اصلی نشان داد که این دو روش تقریبا بر هم منطبق می‌باشند (شکل‌های ۱ و۲). البته برخی از عدم تطابق‌هائی که در محل قرارگیری ژنوتیپ‌های بررسی‌شده در دو دندروگرام ایجادشده توسط این دور روش تجزیه مشاهده می‌شود، در واقع به تعداد صفات بررسی‌شده و نوع روش آماری به‌کار رفته مربوط می شود (Abdi and Williams, 2010). در مجموع، صفات عادت باردهی، زمان برگ‌دهی، درصد وزن مغز نسبت به وزن کل میوه، عرض شکمی میوه، طول میوه، عملکرد میوه در تک درخت و شدت رنگ مغز با هر دو مؤلفه اول ودوم همبستگی مثبتی نشان دادند (جدول ۶).

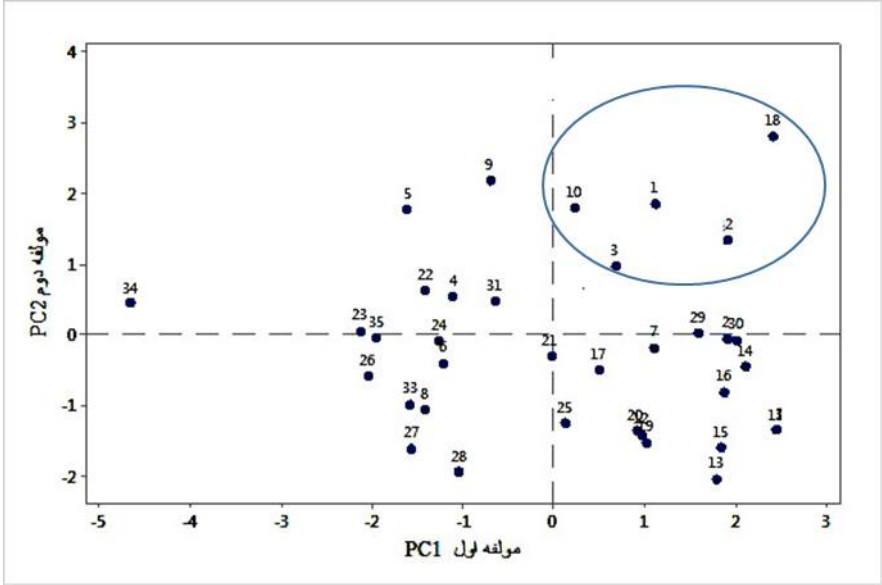
در میان ژنوتیپ‌های گردو ارزیابی شده، ژنوتیپ‌های۱ (گودال‌سیف‌الدین گوغر)، ۲ (آواسک گوغر)، ۳ (بُندرهَنزاء رابُر) و ۱۸ (کَهَن‌سیاه سیرجان) از گروه اول و ژنوتیپ ۱۰ (امیرآباد گوغر) از گروه چهارم از نظر صفات عادت باردهی، زمان برگ‌دهی، درصد وزن مغز نسبت به وزن کل میوه، طول میوه، عملکرد میوه تک‌درخت و شدت رنگ مغز برتر بودند (شکل‌های ۱ و۲).

از آنجائی که دیربرگ‌دهی جزء صفات مهم گردو برای فعال‌سازی سازکار اجتناب از سرمای دیررس بهاره است، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۱۰ و ۱۸ جزو ژنوتیپ‌های دیربرگ‌ده بودند. علاوه‌بر-این، این پنج ژنوتیپ هم عادت باردهی جانبی داشتند و هم از نظر سایر صفات مهم گردو نیز امتیاز قابل قبول کسب کردند. به‌طوری‌که عملکرد میوه تک درخت در ژنوتیپ ۱۸، خیلی زیاد، در ژنوتیپ‌های ۱ و ۱۰ زیاد و در ژنوتیپ‌های ۲ و ۳ متوسط بود. رنگ مغز در ژنوتیپ ۱ خیلی روشن، در ژنوتیپ‌های ۲، ۳ و ۱۸ متوسط و در ژنوتیپ ۱۰ روشن بود. درصد مغز، وزن میوه و طول میوه در ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۳، ۱۰ و ۱۸ به‌ترتیب (۵۶/۰۴، ۵۷، ۵۶/۸۱، ۵۳/۲۱ و ۶۱/۸ درصد)، (۸/۱، ۱۲/۱، ۸/۷۳، ۸/۲۷ و ۱۱/۷ گرم)، (۳۹/۴، ۴۱/۶، ۴۱/۱، ۳۵/۷ و ۳۱/۷ میلی‌متر) بود. بنابراین، این پنج ژنوتیپ گردو به‌عنوان ژنوتیپ‌های شناسایی و انتخاب شدند. پیشنهاد می شود که ارزیابی‌های تکمیلی در مناطق مختلف برای تکمیل فرایندگزینش و انتخاب ژنوتیپ های برتر و سازگار برای هر منطقه انجام شود.

جدول ۶- مقادیر ویژه، نسبت بُردار ویژه و واریانس تجمعی صفات در ۳۵ ژنوتیپ گردوی

Table 6. Eigenvalues, proportion of eigenvector (PCs) and cumulative variance of traits in 35 walnut genotypes

Eigenvalues	بُردارهای ویژه	2.762	1.814	1.313	0.898	0.830	0.799	0.706	0.395
Proportion of total variability*	نسبت کل تغییرات	0.276	0.181	0.131	0.09	0.083	0.080	0.071	0.04
Cumulative variance	واریانس تجمعی	0.276	0.458	0.589	0.679	0.762	0.842	0.912	0.952
Trait	صفت	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
Type of bearing	عادت باردهی	0.152	0.574	-0.085	0.000	0.301	0.207	-0.273	0.633
Leafing time	زمان برگ‌دهی	0.171	0.107	0.54	0.566	0.283	0.375	0.057	-0.331
Kernel weight: total weight of nut (%)	درصد وزن مغز : کل وزن میوه	0.337	0.158	0.373	-0.479	-0.108	0.067	-0.489	-0.238
Kernel weight	وزن مغز	0.508	-0.105	-0.166	-0.16	0.121	-0.228	-0.159	-0.265
Nut weight	وزن میوه	0.269	-0.152	-0.569	0.079	0.547	0.148	-0.011	-0.216
Nut width	عرض شکمی میوه	0.474	0.013	0.133	0.049	-0.005	-0.176	0.511	0.302
Nut length	طول میوه	0.484	0.048	-0.048	-0.015	-0.425	0.127	0.312	0.052
Ease of removal from shell	سهولت جداشدن مغز	0.101	-0.487	0.355	0.121	0.298	-0.471	-0.226	0.361
Fruit yield tree^{-1}	عملکرد در درخت	0.066	0.426	-0.178	0.521	-0.241	-0.571	-0.247	-0.186
Intensity of kernel ground color	شدت رنگ مغز	0.172	-0.424	-0.182	0.361	-0.42	0.378	-0.432	0.241



شـــکل۲- نمودار پراکندگی ۳۵ ژنوتیپ گردو براســـاس دو مؤلفه اول ایجاد شـــده، با روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، با استفاده از ۱۰ صفت. برای نام ژنوتیپ‌ها براساس شماره، به جدول ۱ مراجعه شود)

Fig 2. Scatterplot for 35 walnut genotypes based on the first two principal components, by principal component analysis method, using 10 traits. For genotype names based on numbers, please refer to Table 1.

سپاسگزاری

نگارندگان از پشـــتیبانی و همکاری ســـازمان جهادکشـــاورزی و مرکز تحقیقات و آموزش کشـــاورزی و منابع طبیعی اســـتان کرمان برای فراهم کردن امکانات مورد نیاز برای اجرای این پژوهش سپاسگزاری می کنند.

تعارض منافع

نگـارنـده‌گـان اعلام می‌کننـد بـا یکـدیگر و دیگران تعارض منافعی ندارند.

References

Abdi, H. and Williams, L. J. 2010. Principal component analysis. Wiley Interdisciplinary Reviews. *Computational Statistics, 2,* pp.433–459. DOI: 10.1002/wics.101

Ahmad Shah, R., Bakshi, P., Sharma, N., Jasrotia. A., Itoo, H., Rucku, G. and Singh, A. 2021. Diversity assessment and selection of superior Persian walnut (*Juglans regia* L.) trees of seedling origin from north-western Himalayan region. *Resources, Environment and Sustainability, 3*(15), pp.1-10. DOI: 10.1016/ j.resen v. 2021. 100015

Akça, Y. and Ozongun, S. 2004. Selection of late leafing, late flowering, laterally fruitful walnut (*Juglans regia*. L) types in Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 32*(4), pp.337-342. DOI: 10.1080/01140671.2004.9514313

Akça, Y., Yuldasulu, B. Y., Murad, E., Vahdati, K., 2020. Exploring of walnut genetic resources in Kazakhstan and evaluation of promising selections. I*nternational Journal Horticulture Science and Technology, 2,* pp.93–102. DOI: 10.22059/ijhst.2020.299930.352

Alinia Ahandani, E., Darzi-Ramandi, H., Sarmad, J., Asadi-Samani, M., Yavari, A. and Alinia Ahandani, R. 2014. Evaluation of morphological diversity among some Persian Walnut accessions (*Juglans regia* L.) in Guilan, Northern Iran. *International Journal of Plant Biology and Research, 2*(3), pp.1016–1024.

Anonymous. 2007. Guidelines for the differentiation and uniformity of walnut (descriptor). Seed and Plant Certification and Registration Research Institute, Ministry of Agriculture Jihad. Tehran, Iran (in Persian). 34 pp.

Anonymous, 2022. Agricultura**l** Statistical Yearbook. 3rd Volume. Horticultural and Glasshouse Products. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran (in Persian). 401 pp.

Arab, M. M., Marrano, A., Abdollahi-Arpanahi, R., Leslie, C. A., Askari, H., Neale, D. B. and Vahdati, K. 2018. Genome-wide patterns of population structure and association mapping of nut-related traits in Persian walnut populations from Iran using the Axiom J. regia 700K SNP array. *Scientific Reports*, *9*(1), pp.63-76. DOI: 10.1038/s41598-019-42940-1

Arzani, K., Mansouri-Ardakan, H., Vezvaei, A. and Roozban, M. 2008. Morphological variation among Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from central Iran. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 36*, pp.159–168. DOI: 10.1080/01140670806510 232

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*, pp.231–237. DOI: 10.1080/01140671.2006.9514412

Ebrahimi, A., Khadivi-Khub, A., Nosrati, Z. and Karimi, R. 2015. Identification of superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes with late leafing and high kernel quality in Iran. *Scientia Horticulturae, 193*, pp.195–201. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.06.049

Ehteshamnia, A., Sharifani, M., Vahdati, K. and Erfani, V. 2009. Investigation of genetic diversity among native populations of Walnut (*Juglans regia*) in Golestan by

SSR markers. *Journal of plant production, 16*(4), pp.39-58 (in Persian).

Eskandari, S. 2014. A practical guide for growing walnuts. *Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) publications*. Teran, Iran. 170 pp. (in Persian).

Fallah, M., Rasouli, M., Hassani, D., Lawson, S.S., Sarikhani, S. and Vahdati, K. 2022. Tracing superior late-leafing genotypes of Persian walnut for managing late-spring frost in walnut orchards. *Horticulturae, 8*(1003), pp.1-12. DOI: 10.3390/ horticulturae 8111003

FAO. 2022. World food and agriculture-statistical yearbook. Food and Agriculture Organization Publication. Rome, Italy. 254 pp.

Farrokhi Toolir, J. and Mozaffari, M. M. 2020. Morphological study of some Persian walnut genotypes and commercial cultivars cultured in Kerman region in southeast of Iran. *Agriculture Conspectus Scientificus, 85*(2), pp.123-137.

Forde, H. I. and Mcgranahan, G. H. 1996. *Walnuts.* Pp. 241-273. In: Janick, J. and Moore, J. N. (eds.) *Fruit Breeding, Volume III: Nuts*. Pordue University Press.USA.

Ghanbari, A., Faraji, M., Shokouhian, A. and Pyrayesh, A. 2018. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in the west of Meshkin-Shahr. *Jurnal of Nuts, 9*(1), pp.57–65.

Ghasemi, M., Arzani, K. and Hassani, D. 2012. Evaluation and identification of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Markazi province of Iran. *Crop Breeding Journal, 2*(2), pp.119-124. DOI: 10.22092/cbj.2012.100429

Hassani, D., Mazafari, M. R., Dehghanshorki, Y., Soleimani, A. and Looni, A. 2013. Morphological and phenological traits of some local and exotic walnut (*Juglans regia* L.) cultivars and genotypes in Iran. *Seed and Plant Journal, 29*(4), pp.839-855 (in Persian). DOI: 10.22092/spij.2017.111194

Hassani, D., Sarikhani, S., Dastjerdi, D., Mahmoudi, R., Soleimani, A. and Vahdati, K. 2020a. Situation and recent trends on cultivation and breeding of Persian walnut in Iran, *Scientia Horticulturae, 270*(3), pp.1-9. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109369

Hassani, D., Mozaffari, M. R., Soleimani, A., Dastjerdi, R., Rezaee, R., Keshavarzi, M., Vahdati, K. and Atefi, J. 2020b. Four new Persian walnut cultivars of Iran: Persia, Caspian, Chaldoran, and Alvand. *Hortscience, 55,* pp.1162–1163. DOI: 10.21273/HORTSCI15044-20

Keshavarzi, K. and Karimpoor Fard, H. 2021. Walnut-diseases and pests. Agricultural

Resaech, education, and Extension Organization (AREEO) press, Iran. 24 pp. (in Persian)

Khadivi-Khub, A., Ebrahimi, A., Mohammadi, A. and Kari, A. 2015. Characterization and selection of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from seedling origin trees. *Tree Genetics and Genomes, 250,* pp.557-567. DOI 10.1007/s10681-015-1429-9

Lashkari, A., Imani, A. and Bigdeli-Mohab, M. 2015. Evaluation of superior genotypes of walnut selection in Ziaabad region, Qazvin, using phenomorphological traits. Pp.10. In: Proceeding s of 9th Horticultural Sciences Congress, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

Liu, B., Zhao, D., Zhang, P., Liu, F., Jia, M. and Liang, J. 2020. Seedling evaluation of six walnut rootstock species originated in China based on principal component analysis and cluster analysis. *Scientia Horticulturae, 265*, pp.109-212. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109212

Lone, F.A., Ganaie, M. I., Ganaie, S. A., Rather, J. A. and Shafi Bhat, M. 2023. Economic and profitability analysis of walnut production in Kashmir valley, India. *Asian Journal of Agriculture and Development, 20*(2), pp.69-80. DOI: 10.37801/ajad2023.20.2.p3

Mahmoodi, R., Dadpour, M. R., Hassani, H., Zeinalabedini, M., Vendramin, E., Micali, S. and Zaare-Nahandi, F. 2019. Development of a core collection in Iranian walnut (*Juglans regia* L.) germplasm using the phenotypic diversity. *Scientia Horticulturae, 249,* pp.439 – 448. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.02.017

Mamadjanov, D. K. 2001. Walnut fruit forests and diversity of walnut tree in Kyrgyzstan. *Acta Horticulturae,* 705, pp.173-176. DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.705.20

Mcgranahan, G. H., Leslie, C. and Gradsiel, T. M. 2009. Breeding Walnuts (*Juglans regia*). Pp. 249-273. In: Mohan Jain, S. and Priyadarshan, P. M. (eds.) *Breeding Plantation Tree Crops: Temperate Species.* DOI: 10.1007/978-0-387-71203-1

Mohammadi, S. A. and Prasanna, B. M. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Science, 43*, 1235- 1248. DOI: 10.2135/ cropsci 2003. 1235

Mojtahid, J. 2016. Walnut. Office of Dried and Cold-Processed Fruits, Deputy of Horticultural, Ministry of Agricultural Jihad. Tehran, Iran (in Persian). 54 pp.

Mosivand, M., Hassani, D., Payamnour, V. and Jafar Aghaei, M. 2013. Comparison of tree, nut, and kernel characteristics in several walnut species and inter-specific hybrids. *Crop Breeding Journal, 3*(1), pp. 25-30. DOI: 10.22092/CBJ.2013.100447

Mousavi, S. A., Tatari, M., Moradi, H. and Hassani, 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 Journal, 31*(2), pp.365-389 (in Persian). DOI: 10.22092/ SPIJ. 2017.111264

Mozaffari, M. R. 2011. Comparison of Iranian and foreign walnut cultivars and clones, both quantitatively and qualitatively. Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran (in persian). 46 pp.

Rezaei, Z., Khadivi, A., ValizadehKaji, B. and Abbasifar, A. 2018. The selection of superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes as revealed by morphological characterization. *Euphytica, 214*(69), pp.1-14. DOI: 10.1007/s10681-018-2153-z

Saadat, Y. A. and Zandi, P. 2009. Effects of harvesting date on nut characteristics of Persian walnut in Estahban. *Journal of Horticulture Science and Technology 10*(4), pp.275-284 (in Persian).

Sarikhani Khorami, S., Arzani, K. and Roozban, M. R. 2014. Correlation of certain high heritability horticultural traits in Persian walnut (*Juglans regia* L.). *Acta Horticulture, 1050,* pp.61-68. DOI:10.17660/ActaHortic.2014.1050.6

Shafaei, Z. and Arzani, K. 2016. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of some walnut genotypes in Kermanshah province. *Seed and Plant Journal, 32*(4), pp.437-459 (in Persian). DOI: 10.22092/SPIJ.2017.113082

Shah, U. N., Mir, J. I., Ahmed, N., Fazili, K. M. 2018. Assessment of germplasm diversity and genetic relationships among walnut (Juglans regia L.) genotypes through microsatellite markers. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 17*(4), pp.339-350. DOI: 10.1016/j.jssas.2016.07.005

Sharma, R. M., Pandey, M. K. and Shankar, U. 2012. Pest management in walnut: An Overview. *Ecologically Based Integrated Pest Management*, pp.765-785.

Sirvastava, K., Khursheed, K. A., Zargar, A. and Shyma, R. S. 2011. Genetic divergence among *Corylus colurna* genotypes based on morphological characters of hazelnut. *Biodiversity Research and Conservation, 17*, pp.13–17. DOI: 10.2478 /v10119-010-0003-5

Soleimani, A., Rabiei, V., Hassani, D., Mozaffari, M. R. and Dastjerdi, R. 2023. Yield related traits in some Persian walnut cultivars: Analysis of genetic and genetic by environment interaction. *Advanced Horticulture Science*, *37*(4), pp.367376. DOI: 10.36253/ahsc13749

Vahdati, K., Mohseni Pourtaklu, S., Karimi, R., Barzehkar, R., Amiri, R., Mozaffari, M. and Woeste, K. 2015. Genetic diversity and gene flow of some Persian walnut populations in southeast of Iran revealed by SSR markers. *Plant Systematic Evolution*, *301*, pp.691-699. DOI: 10.1007/s00606-014-1107-8

Vahdati, K., Arab, M. M., Sarikhani, S., Sadat Hosseini, M., Leslie, C. A. and Brown, P. J. 2019. Advances in Persian walnut (J*uglans regia* L.) breeding strategies. Pp. 401-472. In: Al-Khayri, J. M., Jain, S. M., Jhonson, D. V. (eds.) *Advances in plant breeding strategies: nut and beverage crops,* Springer publisher, Switzerland.

Zeneli, G., Kola, H. and Dida, M. 2004. Phenotypic variation in native walnut populations of northern Albania. *Scientia Horticulturae*, *105*, pp.91–100. DOI: 10.1016/j.scienta.2004.11.003

RESEARCH ARTICLE

Evaluation of Local Walnut Genotypes from Kerman Province Using Morphological and Pomological Traits

J. Farrokhi Toolir[1]* and A. Soleimani[2]

1. Assistant professor, Field and Horticultural Crops Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran.

2. Assistant professor, Temperate Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

ABSTRACT

Farrokhi Toolir, J. and Soleimani, A. 2024. Evaluation of local walnut genotypes from Kerman province using morphological and pomological traits. *Seed and Plant, 40*, pp.97-125 (in Persian).

Kerman province has the second largest walnut growing areas in Iran, with significant genetic diversity that provides the opportunity for identification and selection of desirable genotypes. This study evaluated 35 local genotypes from various walnut-growing regions in Kerman province during 2020 to 2023, using 21 morphological and pomological traits. Kernel percentages ranged from 41% to 66.88%, with most genotypes showed easy to medium kernel separation from the shell. The highest coefficients of variation (CV) were related to adhesion of the two woody halves (26.59%) and the shape of the fruit tip (26.26%). The highet correlation coefficient was between ease of separation and adhesion of the woody halves (r=0.672). Cluster analysis (CA) grouped the walnut genotypes into four distinct groups, which did not correspond with their geographical locations. Principal component analysis (PCA) revealed that the first three components accounted for 58.9% of the total variation. Genotypes 1, 2, 3, 10, and 18 outperformed others in bearing type, leafing time, kernel percentage, fruit size, fruit yield tree^{-1}, and kernel color intensity, make them suitable for further evaluation and used in walnut breeding programs.

Keywords: Walnut, bearing type, kernel percentage, fruit weight, kernel colour, yield tree^{-1}.

Introduction

The Persian walnut (*Juglans regia* L.) is an important food and medicinal species, and Iran is the main center of its diversity and one of the leading walnut producer (Rezaei *et al.,* 2018). Kerman province has a long history of walnut cultivation, ranking second in area and third in production at the national level (Anonymous, 2022). Due to using seed for propagation, there is significant genetic diversity among walnut populations in different regions, which are valuable sources for walnut breeding programs. Mozaffari, (2011) evaluated 33 walnut genotypes from Kerman province and reported that there were walnut genotypes with fruit weights of 12.5g, kernel weights of 5.6g, and kernel percentages of 43.25%. Multivariate analysis methods as CA and PCA have proven effective in understanding the relationship between morphological traits in walnut germplasm, enhancing breeding efficiency and horticultural management (Liu *et al.,* 2020). This study aimed to classify walnut genotypes from different regions in Kerman province based on morphological and pomological traits and to identify promising walnuts genotypes with higher fruit yield and quality.

Materials and Methods

This study was carried out during 2020 to 2023 on trees of 35 local walnut genotypes of almost the same age, from different regions in Kerman province. Information from horticultural experts of Baft and Rabor city agricultural administrations and local people, promoters and extension agents was obtained and used. The geographical coordinates of locations of the walnut orchards including longitude, latitude and altitude above the sea level was recorded using a GPS device. These areas mainly had an altitude of more than 2100 meters above sea level and included: Googher, Rabor, Esker, Baft, Bezenjan, Sirjan, and Bardsir.We assessed 21 nut-related traits using scoring methods based on national walnut DUS descriptor. Correlation coefficients were calculated and descriptive statistics were derived. The cluster cutting method using $\sqrt{n/2}$, with n represented the number of genotypes, and was implemented at points of significant distance between clusters. Statistical analyses were performed using Minitab 18 and SPSS Statistics version 26.

Results and Discussion

Walnut genotypes; 6 from Cheshmehsabz Googher, 13 from Genuieyeh Rabor, and 16 from Bagh-e-Fatk Bezenjan showed strong wood adhesion and difficulty in separating the kernel from the shell. Genotypes 15 from Borkanan-e-Sofla Baft and 20 from Ghanatzereshk Sirjan had dark kernel colour, while genotypes 1 from Godal-e-Seiffoddin Googher, 4 from Bondar-e-Hanza Rabor, and 9 from Tezerj Esker had very light kernel colour. The highest kernel weight percentage (66.88%) was in genotype 14

from Borkanan-e-Sofla Baft, and 29 from Hajiabad Baft (66.83%), respectively, while genotype 25 from Dehbala-e-Bidkhoon Bardsir had the lowest (41%). The average kernel percentage was 52.85%, which is lower than reported averages for walnuts from Albania and Turkey, and Neyriz-e- Fars, and Malayer regions (Zeneli *et al.*, 2004; Rezaei *et al.*, 2018). Cluster analysis, using Ward's method, grouped the 35 walnut genotypes into four distinct clusters: 13 genotypes in the first group, 12 in the second group, and five in each of the third and fourth groups. Genotypes; 1 from Godal-e-Seiffoddin Googher, 2 from Avask Googher, 3 from Bondar-e- Hanza Rabor, and 18 from Kahansiyah Sirjan from group 1, along with genotype 10 from Amirabad Googher from group 4, excelled in type of beaing, leafing time, hernel percentage, nut width and length, yield tree^{-1}, and intensity of kernel ground color traits, and can be considerd for further evaluation and used in walnut breeding programs.

References

Anonymous, 2022. Agricultura**l** Statistical Yearbook. 3rd Volume. Horticultural and Glasshouse Products. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran (in Persian). 401 pp.

Liu, B., Zhao, D., Zhang, P., Liu, F., Jia, M. and Liang, J. 2020. Seedling evaluation of six walnut rootstock species originated in China based on principal component analysis and cluster analysis. *Scientia Horticulturae, 265,* pp.109-212. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109212

Mozaffari, M. R. 2011. Comparison of Iranian and foreign walnut cultivars and clones, both quantitatively and qualitatively. Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran (in persian). 46 pp.

Rezaei, Z., Khadivi, A., ValizadehKaji, B. and Abbasifar, A. 2018. The selection of superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes as revealed by morphological characterization. *Euphytica, 214*(69), pp.1-14. DOI: 10.1007/s10681-018-2153-z

Zeneli, G., Kola, H. and Dida, M. 2004. Phenotypic variation in native walnut populations of northern Albania. *Scientia Horticulturae, 105,* pp.91–100. DOI: 10.1016/j.scienta.2004.11.003

***Corresponding author**: j.farrokhi@areeo.ac.ir Tel.: +983432112391

Received: 05 March 2024
Accepted: 17 May 2024

2024© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.