

Paper Type: Original Article



## Diversity Assessment of Walnut (*Juglans regia* L.) Germplasm in Kerman Province

Javad Farrokhi Toolir\*<sup>1</sup> , Bahman Panahi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran;\*(Assistant Professor: Corresponding author: [j.farrokhi@areeo.ac.ir](mailto:j.farrokhi@areeo.ac.ir)).

### Citation:

Farrokhi Toolir, J. & Panahi, B. (2025). Diversity assessment of walnut (*Juglans regia* L.) germplasm in Kerman province. *The quarterly scientific journal of applied biology*, Volume 38 (Issue No. 1), PP. 106-117.

Received: 2024.05.04

Accepted: 2024.10.23

### Abstract

**Introduction:** This study was conducted to primarily selection of some superior walnut genotypes in Kerman province.

**Methods:** At the first step, 43 walnut genotypes were selected from Rabor and Baft regions of Kerman province which are located at elevations ranging from 2163 to 2867 meters above sea level, and evaluated by 27 morphological traits over three years (2020 to 2023). The results were According to the results of assessed based on descriptive statistics and multivariable analysis.

**Results:** According to the results of this research, the genetic diversity among genotypes did not follow a geographical distribution pattern. The growth vigor in genotypes 18, 19, and 22 was very strong. The ease of kernel removal was easy or very easy in 34 % of genotypes. High yield was reported in 7 genotypes. In terms of sensitivity to late spring frosts, 16 % of the genotypes was sensitive, while the others had medium or low sensitivity. No symptoms of anthracnose disease were observed among the genotypes. The highest coefficient of variation (CV) was reported in "male flower pollen shedding time" (32.77 %). Principal component analysis (PCA) showed that the first 10 components related to qualitative traits described 75 % of the total variation. Based on the scatterplot, 4 distinct groups were created in terms of quantitative variables.

**Conclusion:** Since desirable variables for walnut breeding, such as late leafing, and lateral bearing habit, are important, it can be said that genotypes 1, 2, 10, and 39 showed positive correlations with all these traits. The results can be used in selecting genotypes for use in future breeding programs.

**Keywords:** Bearing Habit, Genotype, Leafing, Morphologic Traits, Walnut

## ارزیابی تنوع زیستی ژرمپلاسم گردوی (*Juglans regia* L.) استان کرمان

جواد فرخی تولیر<sup>۱\*</sup>، بهمن پناهی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار پژوهشی و عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرمان، ایران.

<sup>۲</sup>دانشیار پژوهشی و عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرمان، ایران.

(\*نویسنده مسئول: [j.farrokhi@areeo.ac.ir](mailto:j.farrokhi@areeo.ac.ir))

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۲

### چکیده

**مقدمه:** مطالعه به‌منظور شناسایی اولیه تعدادی از ژنوتیپ‌های گردوی برتر استان کرمان انجام گردید.

**روش‌ها:** از بین ژنوتیپ‌های گردوی مناطق بافت و رابر استان کرمان واقع در ارتفاع از سطح دریای بین ۲۱۶۳ تا ۲۸۶۷ متر، ۴۳ ژنوتیپ توسط ۲۷ صفت مورفولوژیکی و به‌مدت سه سال (۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲) بررسی گردید. نتایج حاصله براساس آماره‌های توصیفی و چند متغیره مورد ارزیابی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** براساس نتایج این پژوهش، تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها از الگوی پراکنش جغرافیائی تبعیت نمی‌کرد. قدرت رشد در ژنوتیپ‌های ۱۸، ۱۹ و ۲۲ خیلی قوی بود. سهولت جداشدن مغز در ۳۴ درصد ژنوتیپ‌ها راحت و خیلی راحت بود. میزان محصول در ۷ ژنوتیپ خیلی زیاد گزارش گردید. در حدود ۱۶ درصد از ژنوتیپ‌های بررسی‌شده نسبت به سرمای دیررس بهاره حساس بودند و بقیه حساسیت متوسط یا کمی نشان دادند. هیچ علائمی مبنی بر وجود بیماری آنترائکنوز بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نگردید. بیشترین ضریب‌تغییرات (CV) به صفت "زمان ریزش دانه‌گرده گل‌های نر" (۳۲/۷۷ درصد) تعلق داشت. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) نشان داد که ۱۰ مؤلفه اول مرتبط با صفات کیفی توصیف‌کننده ۷۵ درصد کل تغییرات بودند. براساس اسکترپلات، از نقطه نظر صفات کیفی، ۴ گروه مجزا ایجاد گردید.

**نتیجه‌گیری:** از آنجائی که صفات مطلوب اصلاحی در گردو شامل دیربرگ‌دهی، زود باردهی و عادت باردهی جانبی است، می‌توان گفت که ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۱۰ و ۳۹ تمامی این صفات را دارا بودند. نتایج این پژوهش می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب و به‌کارگیری آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی در آینده مورد استفاده قرار گیرد.

**کلیدواژه‌ها:** برگ‌دهی، ژنوتیپ، صفات مورفولوژیکی، عادت باردهی، گردو

## مقدمه

گردوی ایرانی (*Juglans regia* L.)، گونه دیپلوئید ( $2n-2x=32$ ) است و براساس توالی‌یابی ژنومی رقم گردوی چَندلر، طول ژنوم آن Mb ۶۶۷ تخمین زده می‌شود [1]. این گونه خزان‌پذیر، ناهمرس و تک‌پایه، بومی کوه‌های آسیای مرکزی است ولی کشت و پرورش آن در بخش‌های زیادی از جهان گسترش یافته است. گردو از نظر اقتصادی اهمیت فراوانی دارد؛ به طوری که در برخی کشورها، درآمد حاصل از تولید و صادرات آن تا یک میلیارد نیز دلار می‌رسد. ایران سومین کشور تولیدکننده گردو در جهان محسوب می‌شود [2]. گونه گردوی ایرانی قبلاً به‌عنوان گونه مهم جنگل‌های شمالی ایران با ارتفاع از سطح دریای ۱۵۰۰ متر معرفی شده بود [3]. این درحالی‌است که مناطق عمده تولید گردوی استان کرمان عمدتاً در ارتفاعات بالای ۲۱۰۰ متر از سطح دریا قرار دارند. استان کرمان دارای دومین سطح زیر کشت گردوی کشور با حدود ۱۷۳۴۵ هکتار است که از این میزان، ۱۶۵۲۵ هکتار باغ‌های بارور و ۸۲۰ هکتار را باغ‌های غیربارور تشکیل می‌دهد [4]. شهرستان‌های بافت و رابُر مناطق عمده تولید و سطح زیر کشت گردوی این استان را شامل می‌شوند. یکی از روش‌های مرسوم به‌نژادی، انتخاب (سلکسیون) است که شالوده آن را وجود تنوع ژنتیکی بین توده‌های گیاهی تعیین می‌نماید [5]. مطالعات متعددی در مورد بررسی تنوع ژنتیکی گردو در سطح مولکولی با نشانگرهای AFLP [6]، [7] و نشانگرهای مبتنی بر واکنش زنجیره‌ای پلی‌مرز (PCR) مانند SSR [8]، [9] و ISSR [10] صورت گرفته است. علاوه بر استفاده از نشانگرهای مبتنی بر PCR، ارزیابی و مقایسه توده‌ها با استفاده از شاخص‌های مورفولوژیکی و آماره‌های توصیفی مانند ضریب تغییرات، میانگین، میانه، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ... یکی از روش‌های کارآمد سنجش میزان تنوع گونه گیاهی است [11]، [12]. این روش به‌طور گسترده‌ای جهت مطالعه تنوع مورفولوژیکی گردوهای ایرانی استفاده شده است [13]، [14]، [15]، [16]. این پروژه با هدف شناسایی، ارزیابی و جمع‌آوری ژرم‌پلاسم بومی گردوی مناطق بافت و رابُر، توسط مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان اجراء گردید. انجام چنین پژوهش‌های علمی-کاربردی از یک سو و وجود ظرفیت‌های مناسب استانی اعم از تنوع آب‌وهوایی، موقعیت جغرافیایی، فرهنگی، جمعیتی و سرمایه انسانی موجود از سوی دیگر، نه تنها می‌تواند به‌عنوان گام اولیه‌ای در جهت تبدیل استان کرمان به یکی از قطب‌های تولید و صادرات این محصول ارزآور محسوب شود بلکه همچنین، می‌تواند برنامه‌ریزی بهتری جهت استفاده از منابع خدادادی و ذخائر ژنتیکی گردوی این استان را فراهم نماید.

## مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی ۴۳ درخت (ژنوتیپ) که در بررسی‌های اولیه خصوصیات مطلوبی داشتند، از نقطه‌نظر محل باغ‌ها، طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا به کمک دستگاه GPS ثبت گردید (جدول ۱). مناطق تحت مطالعه دارای ارتفاع از سطح دریای بیشتر از ۲۱۰۰ متر بوده و شامل مناطق: ((گوغر، ننوک، ده‌دیوان، تدرج، اسکر، بُرکنان سفلی، باغ فکت، گنوثیه، کیسکان، هنزء، ده‌بالا، کهن‌سیاه، بام‌دهان، حاجی‌آباد، قنات‌ملک، عشق‌آباد و تقی‌آباد)) می‌باشند (جدول ۱).

از هر درخت ۱۰ میوه در مرحله رسیدن فیزیولوژیکی برداشت گردید. تعداد ۲۷ صفت مربوط به درخت و میوه، براساس دستورالعمل ملی آزمون‌های تمایز، یکنواختی و پایداری در گردو امتیازدهی گردید [17]. برخی صفات مهم در گردو شامل دیر برگ‌دهی، مقاومت به بیماری آنتراکنوز، تحمل سرمای دیررس بهاره، کیفیت و اندازه مغز و میوه است که در برنامه‌های به‌نژادی و گزینش توده‌های برتر گردو کاربرد دارد. برای زمان برگ‌دهی، نیش‌زدن جوانه برگی و اولین ظهور برگی که اصطلاحاً نوک سبزی نامیده می‌شود، مدنظر قرار گرفت. میزان حساسیت به آنتراکنوز براساس وجود علائم بیماری روی برگ و میوه بررسی گردید. برای درصد سرمازدگی روی شاخه‌های انتخاب‌شده در هر درخت قبل از باز شدن، جوانه‌های گل شمارش و ثبت گردید. تعداد جوانه گل باقی‌مانده بعد از سرمازدگی که دما به مدت چند ساعت به کمتر از ۵- درجه سانتی‌گراد رسید و در اواخر اسفندماه همان سال شمارش و محاسبه گردید.

جهت محاسبه عملکرد از تراکم میوه در سطح مقطع شاخه استفاده گردید، بدین صورت که ابتدا قطر شاخه‌های انتخابی با استفاده از کولیس اندازه‌گیری و با استفاده از فرمول مساحت دایره سطح مقطع برحسب سانتیمتر مربع محاسبه گردید. پس از تشکیل میوه در شاخه‌های انتخابی تعداد میوه‌ها شمارش و تراکم میوه در سطح مقطع شاخه محاسبه شد. آماره‌های توصیفی شامل: ضریب تغییرات (CV)، میانگین (Mean)، میانه (Median)، بیشینه (Maximum) و کمینه (Minimum) داده‌ها در جدول ۲ اشاره شده است. مقادیر

ویژه، نسبت کل تغییرات، بردار ویژه و همبستگی بین صفات برای ۱۰ مؤلفه اول در جدول ۳ آورده شده است. اسکترپلات براساس روش Ward (۱۹۶۳) [18] و محاسبه مربع فاصله اقلیدوسی ایجاد شد (شکل ۱). برای تشخیص تعداد گروه‌ها (Groups) از جذر  $n/2$  استفاده شد که در آن  $n$  تعداد ژنوتیپ‌های تحت بررسی می‌باشد. تجزیه و تحلیل چند متغیره، مانند تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Principle component analysis (PCA)) توسط نرم‌افزار آماری SPSS-26 و Minitab-18 انجام گرفت.

جدول ۱- مشخصات باغ‌ها و مختصات جغرافیائی ژنوتیپ‌های انتخاب شده

Table 1- Characteristics of orchards and geographic coordinates of selected genotypes

Genotype		Geographical coordination by GPS		
No.	Region	Elevation above the sea level (meter)	Latitude	Longitude
1	Gudal sifaldin Ghugher	2605	29°28'02.20"	50°37'00.08"
2	Avask Ghougher	2853	29°31'28.00"	50°25'04.04"
3	Bondar-e Hanza Rabor	2711	29°19'15.93"	51°12'12.36"
4	Bondar-e Hanza Rabor	2705	56°41'19.00"	51°12'12.47"
5	Avask Ghougher	2649	29°31'28.45"	50°25'04.23"
6	Cheshmesabz Ghougher	2611	29°27'57.92"	50°25'35.04"
7	Chartagh Ghougher	2768	29°31'48.78"	50°25'17.08"
8	Dehdivan-e Rabor	2718	29°20'29.61"	50°50'49.79"
9	Tezerj Esker	2628	29°18'56.07"	50°51'01.35"
10	Amirabad -e Ghougher	2588	29°27'54.57"	50°24'35.60"
11	Amirabad -e Ghougher	2592	29°27'53.71"	50°24'40.08"
12	Senguieyeh Rabor	2992	29°23'03.88"	50°42'07.28"
13	Genooeiyeh Rabor	27.41	29°22'39.25"	50°40'15.03"
14	Borkanan-e Sofla Baft	2620	29°19'08.09"	50°42'12.48"
15	Borkanan-e Sofla Baft	2625	29°19'24.35"	50°42'05.06"
16	Baghefadk Baft	2413	29°16'01.01"	50°41'06.09"
17	Esker	2584	29°18'49.89"	50°50'51.52"
18	Kahansiah Sirjan	2217	29°29'22.05"	56°07'01.00"
19	Bamdahan Sirjan	2504	39°33'58.05"	56°09'22.00"
20	Ghanat zereshk Sirjan	2237	29°39'34.00"	56°19'20.04"
21	Ghanat Zereshk Sirjan	2721	29°39'34.00"	56°19'20.04"
22	Babkohan-e Bidkhood Bardsir	2604	29°37'00.07"	56°30'43.08"
23	Dehbala Bidkhood Bardsir	2689	29°37'00.20"	50°25'35.04"
24	Dehbala Bidkhood Bardsir	2677	29°37'01.70"	56°30'44.90"
25	Dehbala Bidkhood Bardsir	2637	29°37'46.19"	56°30'34.01"
26	Babzeytoon Bardsir	2631	29°37'47.03"	56°30'34.90"
27	Babzeytoon Bardsir	2634	29°37'47.30"	56°30'34.80"
28	Haji Abad -e Baft	2187	29°12'36.05"	56°36'14.30"
29	Haji Abad -e Baft	2185	29°12'12.08"	56°36'18.09"
30	Haji Abad -e Baft	2163	29°28'39.25"	56°36'18.03"
31	Taghi Abad -e Baft	2620	29°11'58.06"	56°36'28.08"
32	Taghi Abad -e Baft	2207	29°11'58.02"	56°36'28.09"
33	Ganatmalek Rabor	2312	29°16'49.24"	57°02'40.21"
34	Ganatmalek Rabor	2337	29°17'02.20"	57°02'53.40"
35	Seyyed Mortaza-e Rabor	2167	29°13'53.59"	57°03'27.70"
36	Esker	2597	29°18'16.33"	56°50'48.50"
37	Dehdivan-e Rabor	2705	29°20'34.26"	56°50'58.39"
38	Baghfadk Baft	2390	29°15'34.62"	56°41'12.54"
39	Shandelbabai Nanook-e Rabor	2668	29°20'05.17"	56°50'23.78"
40	Otaroodkaneh Nanook-e Rabor	2744	29°20'24.56"	56°49'56.59"
41	Milekheyrollahi Nanook-e Rabor	2741	29°20'37.49"	56°50'08.95"
42	Eshghabad-e Rabor	2687	29°20'49.38"	56°49'08.39"
43	Bezanjan-e baft	2370	29°15'18.22"	56°41'09.34"

جدول ۲- آمار توصیفی ۲۷ صفت مطالعه شده در ژنوتیپ‌های انتخابی گردو

Table 2- Descriptive statistics of 27 traits studied in selected walnut genotypes

Variable	Median	Mean	Minimum	Maximum	CV(درصد)
Cold sensitivity	1.00	1.72	1.00	3.00	15.11
Anthraxnose disease sensitivity	1.00	1.48	1.00	3.00	28.37
Date of leaf shedding	7.00	5.32	1.00	7.00	21.42
Yield	7.00	6.16	3.00	9.00	29.20
Nut ripening time	4.00	4.37	3.00	7.00	21.73
Male flower ratio	7.00	6.11	3.00	7.00	17.83
Dichogamy	1.00	1.9	1.00	3.00	16.31
Time of male flowering compared to female flowering	6.00	4.18	1.00	7.00	32.77
Time of female flowering compared to male flowering	7.00	4.72	2.00	7.00	29.23
Leafing time	2.00	4.27	2.00	6.00	17.09
Type of bearing	3.00	5.11	1.00	9.00	25.24
Tree growth vigor	9.00	5.51	3.00	9.00	28.49
Tree canopy shape	7.00	4.8	1.00	7.00	28.75
Adherence of two halves of shell	3.00	4.2	1.00	9.00	27.14
Nut shape in lateral view	5.00	4.93	1.00	8.00	28.19
Nut shape in ventral view	5.00	4.74	1.00	8.00	31.64
Nut shape in cross section	3.00	1.81	1.00	3.00	27.07
Nut shape of base in lateral view (facing the suture)	2.00	2.27	1.00	4.00	28.63
Nut shape of apex in lateral view (facing the suture, excluding tip)	3.00	2.13	1.00	4.00	25.35
Nut extent of pad around suture	2.00	1.9	1.00	3.00	29.47
Nut width of pad on suture in lateral view	3.00	4.44	3.00	7.00	31.53
Prominence of pad on suture	5.00	4.53	3.00	7.00	31.56
Kernel ease of removal from shell	1.00	2.53	1.00	4.00	12.64
Nut shape of apex in lateral view	3.00	1.53	1.00	4.00	22.87
Kernel percentage	53.23	54.1	38.79	68.9	13.34
Nut height	3.50	3.52	2.3	4.7	14.20
Nut width	3.00	2.73	1.1	3.66	24.54

جدول ۳- مقادیر ویژه، نسبت بردار ویژه (PCs) و واریانس تجمعی صفات در ۴۳ ژنوتیپ گردوی مطالعه شده

Table 3- Eigenvalues, proportion of eigenvector (PCs) and cumulative variance among variables in 43 walnut genotypes

Eigenvalues	3.24	2.80	2.49	2.35	1.86	1.41	1.36	1.22	1.04	1.00
* Proportion of total variability	0.13	0.11	0.10	0.09	0.07	0.057	0.055	0.049	0.042	0.040
Cumulative variance	0.13	0.24	0.34	0.43	0.51	0.56	0.62	0.67	0.71	0.75
Variables	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
Cold sensitivity	-0.035	0.100	-0.152	-0.142	-0.392	0.191	-0.087	-0.314	-0.023	0.001
Sensitivity Of Anthracnose disease	-0.051	0.120	-0.067	-0.454	0.262	-0.234	-0.039	0.111	0.069	0.102
Date of leaf shedding	0.257	0.119	-0.144	0.093	-0.116	-0.206	-0.019	-0.505	-0.144	-0.079
Yield	0.310	-0.005	-0.084	0.154	0.052	-0.206	-0.108	0.221	0.028	0.243
Nut ripening time	0.037	-0.067	0.319	-0.264	0.071	0.271	-0.190	-0.241	0.221	0.087
Male flower ratio	0.327	-0.008	-0.153	0.187	-0.128	0.074	0.016	0.093	0.175	0.435
Dichogamy	0.072	-0.204	0.173	0.270	-0.225	0.007	0.062	0.129	0.519	-0.026
Time of male flowering compared to female flowering	0.315	-0.146	-0.121	-0.048	-0.399	-0.069	-0.021	-0.035	-0.037	-0.059
Time of female flowering compared to male flowering	0.214	0.020	-0.343	-0.158	-0.333	0.094	-0.130	0.373	-0.253	-0.023
Leafing time	-0.029	0.054	0.314	0.072	-0.186	0.208	-0.372	0.258	-0.049	-0.172
Type of pollination	0.385	0.102	0.081	-0.060	0.290	0.136	-0.132	-0.067	-0.016	0.091
Tree growth vigor	0.079	0.114	-0.237	0.087	0.015	0.048	-0.542	-0.045	0.234	-0.187
Tree canopy shape	-0.043	-0.024	-0.446	0.030	0.251	-0.035	-0.151	-0.134	0.182	-0.351

Proportion\*: means: what percentage of the changes are justified

\*نسبت: یعنی توجیه‌کننده چند درصد از تغییرات کل

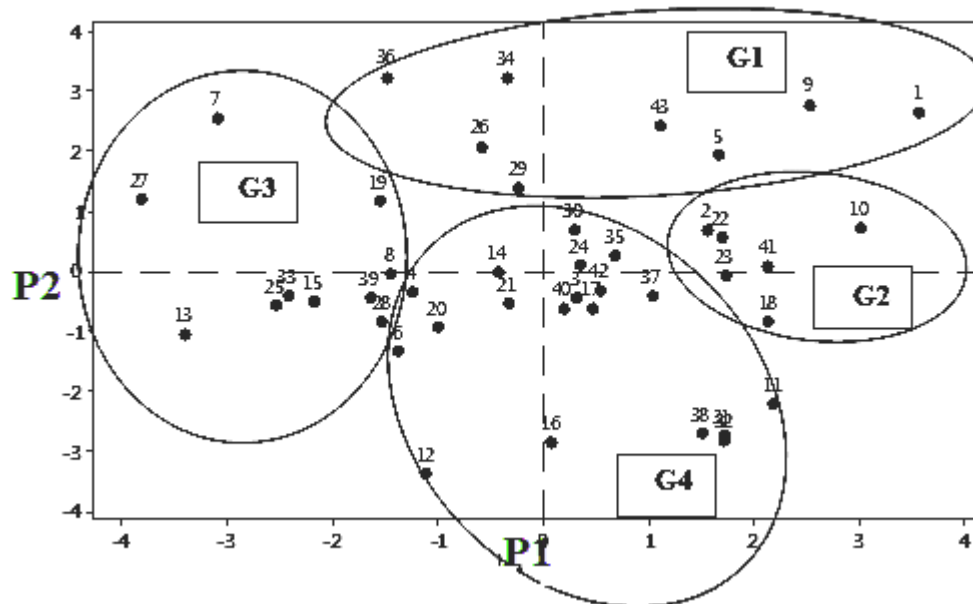
ادامه جدول ۳- مقادیر ویژه، نسبت بردار ویژه (PCs) و واریانس تجمعی صفات در ۴۳ ژنوتیپ گردوی مطالعه شده

Table 3 continued - Eigenvalues, proportion of eigenvector (PCs) and cumulative variance among variables in 43 walnut genotypes

Eigenvalues	3.24	2.80	2.49	2.35	1.86	1.41	1.36	1.22	1.04	1.00
* Proportion of total variability	0.13	0.11	0.10	0.09	0.07	0.057	0.055	0.049	0.042	0.040
Cumulative variance	0.13	0.24	0.34	0.43	0.51	0.56	0.62	0.67	0.71	0.75
Variables	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC85	PC9	PC10
Adherence of two halves of shell	-0.282	-0.316	0.025	0.078	-0.191	0.191	-0.252	-0.182	-0.097	-0.083
Nut shape in lateral view	0.107	-0.216	0.151	-0.273	-0.204	0.127	0.238	0.253	-0.163	-0.219
Nut shape in ventral view	0.109	-0.347	-0.017	-0.252	0.121	0.292	0.113	0.002	-0.154	0.153
Nut shape in cross section	0.028	-0.173	-0.328	-0.185	-0.180	0.162	0.245	-0.082	0.070	-0.343
Nut shape of base in lateral view (facing the suture)	0.077	0.172	0.078	0.400	0.201	0.161	0.119	-0.143	-0.352	-0.180
Nut shape of apex in lateral view (facing the suture, excluding tip)	-0.240	-0.199	-0.227	0.177	0.232	0.287	0.122	-0.040	0.319	0.020
Nut extent of pad around suture	0.141	-0.356	-0.046	-0.088	0.249	-0.252	0.186	-0.212	0.049	0.072
Nut width of pad on suture in lateral view	0.045	-0.344	0.067	0.286	0.195	-0.222	-0.148	0.124	-0.317	-0.179
Prominence of pad on suture	0.087	-0.412	-0.074	0.081	0.073	0.230	0.171	-0.210	-0.117	0.190
Kernel ease of removal from shell	-0.309	-0.202	-0.039	-0.076	-0.089	-0.308	-0.288	0.071	-0.110	0.227
Nut shape of apex in lateral view	-0.277	0.211	-0.211	-0.037	-0.052	0.313	-0.096	0.091	0.171	0.289
Kernel percentage	0.445	0.128	0.239	-0.037	-0.106	0.674	0.174	0.109	0.328	0.005
Kernel height	0.452	0.142	0.107	0.145	0.437	-0.356	0.643	-0.103	-0.034	0.007
Kernel width	0.296	0.319	0.418	-0.179	0.304	-0.274	-0.659	0.043	-0.018	0.001

Proportion\*: means: what percentage of the changes are justified

\*نسبت: یعنی توجیه کننده چند درصد از تغییرات کل



شکل ۱- اسکترپلات ۴۳ ژنوتیپ گردو بر اساس دو مؤلفه اول ایجاد شده توسط تجزیه خوشه‌ای به روش وارد، بر پایه ۲۷ صفت،

به ترتیب گروه‌های اول تا چهارم، (جهت شناسایی نام ژنوتیپ‌ها براساس شماره، به جدول شماره ۱ مراجعه شود).

Figure 1- Scatter plot for 43 walnut genotypes based on the first two principal components (PC1/PC2), produced by Ward's cluster analysis method, based on 27 traits resulted in the formation of four groups, G1-G4, respectively. (Please refer to Table 1 for the identification of genotype names based on numbers).

## ارزیابی تنوع بین ژنوتیپ‌ها براساس آماره‌های توصیفی

در صفات مطالعه‌شده، بیشترین CV به "زمان ریزش دانه گل‌های نر" (۳۲/۷۷ درصد)، "شکل میوه در مقطع طولی منطبق بر درز" (۳۱/۶۴ درصد)، "میزان برجستگی لبه برچه‌ها بر روی درز طولی" (۳۱/۵۶ درصد) و "عرض لبه برچه بر روی شکاف طولی" (۳۱/۵۳ درصد) و کمترین CV به "سهولت جداسدن مغز" (۱۲/۶۴ درصد) تعلق داشت (جدول ۲). در مطالعه حاضر، میانگین و میانه صفت درصد مغز به ترتیب، ۵۴/۱ و ۵۳/۲۳ محاسبه گردید (جدول ۲). بیشترین طول میوه حدود ۴/۷ سانتی‌متر در ژنوتیپ ۴۱ میله‌خیراللهی‌روستای ننوک رابر و کمترین طول میوه به طول ۲/۳ سانتی‌متر در ژنوتیپ ۳۴ روستای قنات ملک رابر گزارش شد (جدول‌های ۱ و ۲). بیشترین عرض شکمی میوه (۳/۶۶ سانتی‌متر) در ژنوتیپ ۲ آواسک‌گوغر بود؛ درحالی‌که کمترین عرض شکمی میوه (۱/۲ سانتی‌متر) از روستای سیدمرتضی رابر گزارش گردید. (جدول‌های ۱ و ۲). سهولت جداسدن مغز در ۳۴ درصد ژنوتیپ‌ها راحت و خیلی راحت بود. قدرت رشد در ژنوتیپ‌های ۱۸ حاصل از کهن‌سیاه سیرجان، ۱۹ از بام‌دهان سیرجان و ۲۲ از باب‌کهن بیدخون بردسیر خیلی قوی بود. میزان محصول در ۷ ژنوتیپ شامل: ژنوتیپ ۵ از آواسک‌گوغر، ژنوتیپ ۱۸ از کهن‌سیاه سیرجان، ژنوتیپ ۳۵ از روستای سیدمرتضی رابر، ژنوتیپ ۳۶ از روستای اسکر، ژنوتیپ ۳۸ از روستای باغ‌فتک بافت، ژنوتیپ ۳۹ از شم‌دل‌بابا روستای ننوک رابر و ژنوتیپ ۴۰ از اوتارودخانه روستای ننوک رابر خیلی زیاد گزارش گردید. ژنوتیپ‌های دیربرگه این مطالعه، حدود ۹ تا ۱۵ روز بعد از برگ‌دهی سایر گونه‌های درختی موجود در منطقه برگ دادند. در مطالعه حاضر، ۲۷ ژنوتیپ نسبت به سرمای دیررس بهاره حساسیت متوسط یا کمی نشان دادند و ۱۶ درصد از ژنوتیپ‌های بررسی شده نسبت به سرمای دیررس بهاره حساس بودند. ژنوتیپ‌های حساس به سرما به‌همراه ارتفاع از سطح دریای محل قرارگیری‌شان شامل: ژنوتیپ ۱۹ از بام‌دهان سیرجان (۲۵۴۰ متر)، ژنوتیپ ۲۰ از قنات‌زرشک سیرجان (۲۲۳۷ متر)، ژنوتیپ ۲۱ از قنات‌زرشک سیرجان (۲۷۲۱ متر)، ژنوتیپ ۲۳ از ده‌بالای بیدخون بردسیر (۲۶۸۹ متر)، ژنوتیپ ۲۵ از ده بالای بیدخون بردسیر (۲۶۳۷ متر)، ژنوتیپ ۳۱ از تقی‌آباد بافت (۲۶۲۰ متر) و ژنوتیپ ۳۴ از روستای قنات ملک رابر (۲۳۳۷ متر) بودند. علائمی مبنی بر وجود بیماری آنتراکنوز بین ژنوتیپ‌ها گزارش نگردید که به نظر می‌رسد بیشتر به خاطر اقلیم کم‌آب و خشک منطقه است.

## ارزیابی تنوع بین ژنوتیپ‌ها براساس آنالیز چندمتغیره

در این مطالعه، (PCA) نشان داد که ۱۰ مؤلفه اول، به ترتیب با مقادیر بردار ویژه  $\lambda_1 = 1/0.0$ ،  $\lambda_2 = 1/0.4$ ،  $\lambda_3 = 1/2.2$ ،  $\lambda_4 = 1/3.6$ ،  $\lambda_5 = 1/4.1$ ،  $\lambda_6 = 1/8.6$ ،  $\lambda_7 = 2/3.5$ ،  $\lambda_8 = 2/4.9$ ،  $\lambda_9 = 2/8.0$ ،  $\lambda_{10} = 3/2.4$ ، توصیف‌کننده ۷۵ درصد کل تغییرات بودند (جدول ۴). در مطالعه حاضر، براساس اسکترپلات، ۴۳ ژنوتیپ گردو در چهار گروه مجزا طبقه‌بندی گردید که گروه اول در برگیرنده ۸، گروه دوم ۶، گروه سوم ۱۰ و گروه چهارم ۱۹ ژنوتیپ بودند (شکل ۱). ژنوتیپ شماره ۱ از گودال‌سیف‌الدین، ژنوتیپ ۲ از آواسک‌گوغر، ژنوتیپ ۳ از بندرهنزء رابر، ژنوتیپ ۵ از آواسک‌گوغر، ژنوتیپ ۹ از تدرج اسکر، ژنوتیپ ۱۰ از امیرآباد گوغر، ژنوتیپ ۲۲ از باب‌کهن بیدخون بردسیر، ژنوتیپ ۲۴ از ده‌بالا بیدخون بردسیر، ژنوتیپ ۳۰ از حاجی‌آباد بافت، ژنوتیپ ۳۵ از روستای سیدمرتضی رابر، ژنوتیپ ۳۹ از شم‌دل‌بابای روستای ننوک رابر و ژنوتیپ ۴۳ از دهستان بزجان در هر دو PC1 و PC2 دارای ضریب همبستگی مثبت بودند (جدول ۱، شکل ۱). استقرار ژنوتیپ‌های مختلف از مناطق متفاوت استان کرمان در گروه‌های یکسان، نشانگر این است که خصوصیات آن‌ها مستقل از خاستگاه جغرافیائی و ارتفاع از سطح دریای آن‌ها می‌باشد.

هرچه میزان CV کمتر باشد، به معنی این است که پراکندگی و فاصله داده‌ها در اطراف نقطه میانگین کمتر است و داده‌ها یک‌دست‌تر اند. Arzani و همکاران (۲۰۰۸) [19] بیشترین ضریب تغییرات (CV) را برای صفت ضخامت پوسته چوبی (۲۹ درصد) و کمترین مقدار آن را برای صفت عرض میوه (۱۰ درصد) گزارش نمودند. تنوع متوسطی در بررسی ۳۵ صفت مورفولوژیکی در بین ۷ ژنوتیپ امیدبخش و ۸ رقم خارجی، در مورد صفات مربوط به درخت، مشاهده شد ولی صفات قدرت رشد درخت و نوع باردهی دارای تنوع بیشتری بودند. در مطالعه ایشان، بین ارقام زودبرگه و دیربرگه، ۲۲ روز اختلاف زمانی مشاهده شد و صفت زمان رسیدن میوه تنوع بیشتری نشان داد [14]. در مطالعه روی ۲۱ صفت فنوتیپیکی گردو، بیشترین و کمترین CV به ترتیب در صفات "شکل لبه

میوه "و" طول مغز" گزارش گردید [20]. در مطالعه بر روی ۱۸ صفت مهم گردو در کلکسیون کرج، بیشترین و کمترین CV به ترتیب در صفات "ضخامت غشاء" و "شاخص گردی میوه" مشاهده گردید [21]. در مطالعه ما، بیشترین درصد مغز (۶۸/۹ درصد) متعلق به ژنوتیپ شماره ۳۰ و کمترین درصد مغز (۳۸/۷۹ درصد) در ژنوتیپ شماره ۳۴ گزارش گردید. به منظور دستیابی به ژنوتیپ‌های امیدبخش در استان چهارمحال و بختیاری، ۵۸ ژنوتیپ انتخاب شده براساس صفات پومولوژیک و مورفولوژیک مورد ارزیابی قرار گرفت و بیشترین درصد مغز (۶۲/۸۸ درصد) در ژنوتیپ شماره ۲۰ مشاهده گردید [22]. در بررسی گردوهای بومی استان اردبیل، محدوده درصد مغز بین ۴۲/۷ تا ۶۳/۷۳ درصد گزارش گردید [16]. محدوده درصد مغز در بررسی فنولوژیکی، پومولوژیکی و مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های گردوی ایستگاه استهبان، ژنوتیپ‌های گردوی بومی استان کرمانشاه و گردوهای ایستگاه تحقیقاتی کرج، به ترتیب (۶۳/۵ تا ۶۶/۵ درصد)، (۳۶/۹۱ تا ۶۸/۲۹ درصد) و (۳۵/۳۹ تا ۷۱/۰۹ درصد) گزارش شد [15]، [21]، [23]. در مطالعه ویژگی‌های بیولوژیکی گردوی مناطق غربی و مرکزی صربستان، درصد مغز بین ۴۵/۱ تا ۵۰ درصد گزارش گردید [24]. درصد مغز در ژنوتیپ‌های منطقه هیمالچال پرادش هند، بین ۴۳/۲۹ تا ۶۶/۲۶ درصد گزارش شد [25]. در مطالعه ما، میانگین درصد مغز پایین‌تر از درصد مغز گزارش شده برای گردوهای کشور آلبانی (۶۳/۸۰ درصد) [26]، گردوهای ترکیه (۶۷/۱۴ درصد) [27]، گردوهای اسپانیا (۶۰/۵۱ درصد) [28]، گردوهای منطقه نیریز فارس (۶۲/۱۸ درصد) [29] و ژنوتیپ‌های گردوی ملایر (۶۶/۲۹ درصد) [30] است. درصد مغز، به ضخامت پوسته چوبی نیز بستگی دارد و گردوهای پوست نازک معمولاً درصد مغز بیشتری دارند. از عواملی که بر درصد مغز مؤثراند می‌توان به اندازه میوه، گوشتی بودن مغز، خوب پر شدن پوسته سخت و ضخامت آن اشاره نمود [31]. درصد مغز بالا، صفت تجاری مهمی در فراوری و بازاریابی گردو می‌باشد؛ هرچند درصدهای مغز خیلی بالا نشانگر پوسته چوبی ضعیف با استحکام کمتر است [32]. در مطالعه حاضر، بیشترین طول میوه با میانگین ۴/۷ سانتی‌متر در ژنوتیپ ۴۱ از میله خیراللهی روستای ننوک رابر (۲۷۴۱ متر) و کمترین طول میوه به طول ۲/۳ سانتی‌متر در ژنوتیپ ۳۴ روستای قنات‌ملک رابر (۲۳۳۷ متر) گزارش شد.

همچنین بیشترین عرض شکمی میوه در با میانگین ۳/۶۶ سانتی‌متر در ژنوتیپ ۲ آواسک گوغر (۲۸۵۳ متر) و کمترین عرض شکمی میوه به ترتیب ۱/۲ و ۱/۳ سانتی‌متر در ژنوتیپ ۳۵ از روستای سیدمرتضی رابر (۲۱۷۶ متر) و ژنوتیپ ۳۸ از روستای باغ فتک بافت (۲۳۹۰ متر) گزارش گردید. Joolka و Sharma (۲۰۰۶) [25]، محدوده طول میوه را بین ۲/۵۸ تا ۳/۶۵ سانتی‌متر و عرض شکمی میوه را بین ۲/۲۳ تا ۳/۰۵ سانتی‌متر گزارش نمودند. میوه‌های دارای طول و قطر بیشتر می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی (افزایش عملکرد) مورد استفاده قرار گیرند [33]. به عبارتی با توجه به وراثت‌پذیری بالای طول، عرض، قطر میوه و مغز و نیز وراثت‌پذیری پایین وزن میوه و وزن مغز و نظر به وجود همبستگی بالای آن‌ها، می‌توان با گزینش میوه‌هایی با طول و قطر بالا، ژنوتیپ‌هایی با وزن بالا را نیز به دست آورد [34]. در این مطالعه، جدا شدن مغز در ژنوتیپ ۵ از آواسک گوغر و ژنوتیپ ۴۰ از اوتارودخانه روستای ننوک رابر به آسانی صورت می‌گرفت. در گردو هم‌زمان با اینکه محتوی پوسته سخت آن خوب پر می‌شود، بایستی کمی فضا نیز بین مغز و پوسته باشد تا مغز بتواند به راحتی از درون پوسته چوبی جدا گردد [31]. سهولت جدا شدن مغز از پوسته چوبی جهت جلوگیری از خرد شدن مغز در حین پوست‌گیری مهم است. به منظور محاسبه قدرت رشدی ژنوتیپ‌ها، میانگین رشد طولی ۱۰ شاخه از هر درخت بیش از ۲۰ سانتی‌متر محاسبه گردید (جدول ۲). قدرت رویشی در ژنوتیپ ۱۸ حاصل از کهن‌سیاه سیرجان، ۱۹ بام دهان سیرجان و ۲۲ باب کهن بیدخون بردسیر خیلی قوی بود. Atefi (۲۰۰۱) [35] در بررسی ۲۵۰ ژنوتیپ گردوی بومی ایران نشان داد که عملکرد هر درخت، همبستگی مثبتی با ارتفاع درخت و قدرت رشد دارد و چنین نتیجه گرفت که ارقام بلند قامت و پُررشد، باردهی بیشتری نیز دارند. تعیین میزان عملکرد جنبه مهمی در بررسی اقتصادی درختان است [36]. در این مطالعه، عملکرد محصول در ۷ ژنوتیپ شامل: ژنوتیپ ۵ از آواسک گوغر، ژنوتیپ ۱۸ از کهن‌سیاه سیرجان، ژنوتیپ ۳۵ از روستای سیدمرتضی رابر، ژنوتیپ ۳۶ از روستای اسکر، ژنوتیپ ۳۸ از روستای باغ فتک بافت، ژنوتیپ ۳۹ از شم‌دل بابا روستای ننوک رابر و ژنوتیپ ۴۰ از اوتارودخانه روستای ننوک رابر خیلی زیاد گزارش گردید. مطالعه بر روی صفات کمی و کیفی مطلوب، نشان داد که سه عامل تعداد گل‌های ماده، درصد تشکیل میوه و اندازه میوه در تعیین میزان عملکرد گردو مؤثر می‌باشند [37]. علاوه بر این، قطر تنه، ارتفاع و حجم تاج پوشش درخت



ویژگی‌های مهمی است که بازتاب قدرت و پتانسیل عملکرد گردو است [36]. یکی از راه‌های افزایش عملکرد در باغ‌ها، افزایش تعداد نهال‌های کاشته شده در هکتار یا افزایش تراکم کاشت است؛ لذا در این مورد، داشتن رقم‌هایی با رشد کم و یا پایه‌های پاکوتاه‌کننده ضروری است. قطر تنه کم، یکی فاکتورهای تأثیرگذار در کنترل اندازه درخت است. لذا ژنوتیپ‌های دارای قطر کم تنه می‌تواند در بلند مدت به‌عنوان پایه گردو مورد ارزیابی قرار گیرد. در اغلب موارد، پایه‌های پُر رشد گردو مد نظر قرار می‌گیرد و امروزه توسعه پایه پاکوتاه گردو در ایران در مراحل ابتدایی قرار دارد [38]. نتایج مطالعه ما نشان داد که ژنوتیپ ۱۰ امیرآباد گوغر، ژنوتیپ ۱۴ از بُرکنان سفلی بافت، ژنوتیپ ۳۷ از ده‌دیوان رابر، ژنوتیپ ۳۸ از باغ‌فتک بافت، ژنوتیپ ۳۹ از شم‌دل بابا روستای ننوک رابر، ژنوتیپ ۴۰ از اوتارودخانه روستای ننوک رابر و ژنوتیپ ۴۱ از میله خیراللهی روستای ننوک رابر برگ‌دهی دیرهنگامی داشتند. این ژنوتیپ‌ها ۹ تا ۱۵ روز بعد از برگ‌دهی گونه‌های موجود در منطقه برگ دادند. Hassani و همکاران (۲۰۱۳) [14]، در بررسی ژنوتیپ‌ها و ارقام بومی بین ارقام زودبرگ‌ده و دیربرگ‌ده، ۲۲ روز اختلاف زمانی گزارش نمودند. در مطالعه صورت‌گرفته جهت انتخاب تیپ‌های دیربرگ گردوی ترکیه، زمان برگ‌دهی ۱۰ تا ۲۰ روز دیرتر از برگ‌دهی گونه‌های مجاور دیگر بود [32]. در بررسی فنولوژیکی، پومولوژیکی و مورفولوژیکی ۵۹ ژنوتیپ گردوی بومی استان کرمانشاه، ژنوتیپ kh و ژنوتیپ 110، به‌ترتیب با ۲۵ و ۲۱ روز تأخیر در برگ‌دهی نسبت به استاندارد مرجع در سال‌های اول و دوم، به‌عنوان دیربرگ‌ده‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند [15]. در مطالعه روی ارقام و ژنوتیپ‌های گردو در ایستگاه تحقیقاتی کرج، بین تاریخ برگ‌دهی و شروع ریزش گرده و شروع پذیرش مادگی نیز رابطه معنی‌داری در سطح ۵ درصد گزارش گردید و بین میزان سرمازدگی و تاریخ برگ‌دهی رابطه معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت [39]. یکی از عوامل تعیین‌کننده مقاومت به سرمای بهاره درختان گردو، اثر ژنوتیپ است [39]. آسیب سرمازدگی تا حدود زیادی به مرحله فنولوژیکی تکامل گل نیز بستگی دارد [40]. بعد از برطرف شدن رکود درختان و در مراحل ابتدایی قبل از گل‌دهی در اواخر زمستان و اوایل بهار، جوانه‌های گل گردو در معرض تغییرات اقلیمی متعددی قرار می‌گیرند. در این شرایط مرحله تکامل گل و زمان بازشدن جوانه مهمترین فاکتور تعیین‌کننده مکانیسم اجتناب از سرمازدگی است [41]. در این مطالعه، هیچ علائمی مبنی بر وجود بیماری آنتراکنوز بین ژنوتیپ‌ها گزارش نگردید که به نظر می‌رسد بیشتر مرهون اقلیم کم آب و خشک منطقه باشد. برآورد تنوع و تعیین روابط بین متغیرها در ژرم‌پلاسم گردو می‌تواند کارایی مدیریت آن را افزایش دهد و در بهبود ژنتیکی مؤثر باشد [42]. تجزیه و تحلیل چندمتغیره، مانند آنالیز خوشه‌ای (CA) و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) رویکرد مفیدی در این زمینه است [43] و اغلب برای تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی در بسیاری از محصولات باغی مانند زردآلو *Prunus armeniaca* [44]، هلو *Prunus persica* (L.) Batsch [45] و گردو *Juglans regia* L. [21]، [46] استفاده شده است. این روش آماری برای شناسایی صفات مهم در مجموعه صفاتی همبسته کاربرد دارد. صفاتی مانند "زمان خزان برگ"، "زمان شروع پذیرش گل‌های ماده"، "شکل ته میوه عمود بر درز میوه"، "عادت باردهی"، "قدرت رشد"، "زمان رسیدن میوه"، "درصد مغز" و "طول و عرض میوه" با هر دو مؤلفه اصلی اول و دوم (PC1 و PC2) همبستگی مثبت نشان دادند (جدول ۳). Mahmoodi و همکاران (۲۰۱۹) [21] با استفاده از تحلیل عاملی، ۱۸ صفت را به ۶ گروه تقسیم کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که شش عامل ۷۹/۹۵ درصد از کل تغییرات را شامل می‌شد. در ارزیابی تنوع مورفولوژیکی برخی ارقام گردوی ایرانی در استان گیلان، مؤلفه‌های PC1 و PC2، ۸۴/۴ درصد از کل تغییرات را تبیین نمودند. ضریب بُردارهای ویژه در PC1 نشان داد که عملکرد، وزن مغز و طول میوه، بیشترین سهم را در این مؤلفه داشته است [46]. از آنجائی که صفات مطلوب اصلاحی (به‌نژادی) در گردو که شامل دیربرگ‌دهی، کیفیت بالای مغز و نوع باردهی جانبی است، مطالعات سه‌ساله ما نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱ از گودال سیفالدین گوغر، ۲ از آواسک گوغر، ۱۰ از امیرآباد گوغر و ۳۹ از شم‌دل بابا روستای ننوک رابر نسبت به بقیه ژنوتیپ دیگر از این لحاظ برتر بودند. علاوه بر این، ژنوتیپ‌های ۳، ۵، ۹، ۲۲، ۲۴، ۳۰، ۳۵ و ۴۳ خزان دیرهنگام، پروتوزین، عادت باردهی جانبی، قدرت رشد بالا و زمان رسیدن میوه دیرتری داشتند (جدول ۴، شکل ۱).

## نتیجه گیری

هرچند نتایج آماره‌های توصیفی وجود تنوع بالائی را در بین صفات ژنوتیپ‌های تحت مطالعه نشان داد ولی این تنوع فارغ از منطقه جغرافیائی و مربوط به شیوه تکثیری بذری (جنسی) آن‌ها در طی زمان خیلی طولانی است. عمده‌ترین عامل بازدارنده توسعه گردوکاری در مناطق مرتفع استان کرمان بروز یخبندان‌های دیررس بهاره است. بیماری آنتراکنوز بیماری فارچی مهمی در گردو است و در مناطق مرطوب شیوع بیشتری دارد. با توجه به اقلیم گرم و خشک استان کرمان، این بیماری گسترش زیادی ندارد و چندان تهدیدزا نیست ولی برای اطمینان بیشتر بررسی این بیماری از طرف مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی مطالبه شده بود. با هماهنگی بخش گیاهپزشکی مرکز و بازدید میدانی به عمل آمده هیچ علائمی مبنی بر وجود این بیماری بین ژنوتیپ‌ها گزارش نگردید که بیشتر مرهون اقلیم کم آب و خشک منطقه است. در کل چهار ژنوتیپ از بین ۴۳ ژنوتیپ شامل: ژنوتیپ شماره ۱ از گودال سیف‌الدین گوغر، ژنوتیپ ۲ از آواسک گوغر، ژنوتیپ ۱۰ امیرآباد گوغر و ژنوتیپ ۳۹ شم‌دل بابای روستای ننوک رأبر با صفات مطلوب اصلاحی گردو یعنی دیربرگ‌دهی، درصد بالای مغز، زود باردهی و عادت باردهی جانبی همبستگی مثبتی نشان دادند و می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی این محصول در آینده مورد استفاده قرار گیرند.

## اعلام تعارض منافع

در ارتباط با این پژوهش که مستخرج از یک طرح پژوهشی مصوب مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی است، هیچ یک از پژوهشگران تعارض منافع ندارند.

## سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از یک طرح پژوهشی است که مصوبه آن مطابق نامه شماره ۲۵۶/۳۰۴۳/س مورخه ۲۰/۴/۱۴۰۰ از طرف مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی ابلاغ گردیده است. بدین وسیله نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند تا از همکاری مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، به دلیل تأمین مالی انجام پروژه و فراهم آوردن امکانات اجرای آن، کمال تقدیر و تشکر را به عمل آورند.

## منابع

- [1] Martínez-García, P.J., Crepeau, M.W., Puiu, D., Gonzalez-Ibeas, D., Whalen, J., Stevens, K.A., Paul, P., Butterfield, T.S., Britton, M.T., Reagan, R.L., Chakraborty, S., Walawage, S.L., Vasquez-Gross, H.A., Cardeno, C., Famula, R.A., Pratt, K., Kuruganti, S., Aradhya, M.K., Leslie, C.A., Dandekar, A.M., Salzberg, S.L., Wegrzyn, J.L., Langley, C.H. & Nea, D.B. (2016). The walnut (*Juglans regia*) genome sequence reveals diversity in genes coding for the biosynthesis of non-structural polyphenols. *The Plant Journal*, 87, 507–532. <https://doi.org/10.1111/tj.13207>
- [2] FAOSTAT, (2022). Agriculture data [online]. Available from: <http://faostat.fao.Org/site/567/default.aspx>.
- [3] Sabeti H. (1994). Trees and Shrubs of Iran. Yazd University Publications.
- [4] Anonymous. (2022). Agricultural Statistics Yearbook. Volume III Horticultural Products. Ministry of Agriculture, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center. Tehran, Iran. No. 25. Pp.163.
- [5] Ghanadha, M., Zahrawi, M., & Vahdati, K. (2003). Improvement of Garden Plants. Tehran: Dibagaran Publications.
- [6] Am, A., Zubair, S.J., Abbas, A.M. & Jubrael, J.M. (2016). Genetic diversity among walnuts (*Juglans regia*) population in Kurdistan region-Iraq using AFLP-PCR. *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*, 28, 50-55.
- [7] Bayazit, S., Kazan, K., Gülbitti, S., Çevik, V., Ayanoğlu, H. & Ergül, A. (2007). AFLP analysis of genetic diversity in low chill requiring walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from Hatay, Turkey. *Scientia Horticulturae*, 111, 394-8. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.11.006>
- [8] Bernard, A., Lheureux, F. & Dirlewanger, E. (2018). Walnut: past and future of genetic improvement. *Tree Genet Genomes*, 14 (1). <https://doi.org/10.1007/s11295-017-1214-0>
- [9] Hu, J., Wang, L. & Li, J. (2011). Comparison of genomic SSR and EST-SSR markers for estimating genetic diversity in cucumber. *Biological Plant*, 55, 577- 580. <https://doi.org/10.1007/s10535-011-0129-0>
- [10] Cristopoulos, M.V., Rouskas, D., Tsantili, E. & Bebeli, P.J. (2018). Germplasm diversity and genetic relationships among walnut (*Juglans regia* L.) cultivars and Greek local selections revealed by Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) markers. *Scientia Horticulturae*, 125, 584–92. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.05.006>
- [11] Malvolti, M.E., Paciucci, M., Cannata, F. & Fineschi, S. (1994). Genetic variation in Italian populations of *Juglans regia* L. *Acta Horticulturae*, 311, 86-94. <https://doi:10.17660/ActaHortic.1993.311.12>

- [12] Sharma, R.M., Kiran, K., Brijeshwar, S., Sangita, Y., Neeraj, K., Jai-Chand, R. & Rajneesh, A. (2014). Selection and characterization of elite walnut (*Juglans regia* L.) clone from seedling origin trees in North Western Himalayan region of India. *Agricultural Journal of Crop Science*, 8 (2), 257-262.
- [13] Jafari-Sayadi, M.H., Marvi-Mohajer, M. R., Mozaffari, J. & Sobhani, H. (2006). Morphological leaf characteristics of Persian walnut (*Juglans regia* L.) in Iranian population. *Iranian Journal of forest and poplar research*, 14 (1), 1-19.
- [14] Hassani, D., Mazafari, M.R., Dehghanshorki, Y., Soleimani, A. & Looni, A. (2013). Morphological and Phenological Traits of Some Local and Exotic Walnut (*Juglans regia* L.) Cultivars and Genotypes in Iran. *Journal of Seed and Plant Breeding*, 29 (4), 839-855.
- [15] Shafaei, Z. & Arzani, K. (2016). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of some walnut cultivars in Kermanshah province. *Seed and Plant Nursery Journal*, 22 (4), 437-459.
- [16] Ghanbari, A., Faraji, M., Shokouhian, A. & Pyrayesh, A. (2018). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in the west of Meshkin-Shahr. *Journal of Nuts*, 9 (1), 57-65. <https://doi.org/10.22034/jon.2018.540866>
- [17] Anonymous. (2007). Guidelines for the differentiation and uniformity of walnut (descriptor). Deputy of Research and Identification of Plant Varieties, Ministry of Agriculture Jihad. Pp. 34.
- [18] Ward, J. H. (1963). Hierarchical Grouping to optimize an objective function. *Journal of American Statistics Association*, 58, 236-244. <https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845>
- [19] Arzani, K., Mansouri-Ardakan, H., Vezvaei, A. & Roozban, M. (2008). Morphological variation among Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from central Iran. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 36, 159-168. <https://doi.org/10.1080/01140670809510232>
- [20] Farrokhi Toolir, J. & Mozaffari, M.R. (2020). Morphological study of some Persian walnut genotypes and commercial cultivars cultured in Kerman region in southeast of Iran. *Agriculture Conspetus Scientificus (ACS)*, 85 (2), 123-137.
- [21] Mahmoodi, R., Dadpour, M.-R., Hassani, H., Zeinalabedini, M., Vendramin, E., Micali, S. & Zaare-Nahandi, F. (2019). Development of a core collection in Iranian walnut (*Juglans regia* L.) germplasm using the phenotypic diversity. *Scientia Horticulturae*, 249, 439 - 448. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.017>
- [22] Rasouli, M. & Ershadi, B. (2019). Study on genetic diversity of 33 walnut genotypes (*Juglans regia*) using morphological and pomological markers for introducing of superior genotypes. *Pomology research*, 3 (2), 27-39.
- [23] Saadat, Y.A. & Zandi, P. (2009). The effect of harvest date on the characteristics of pistachio nuts in Estahban, Fars. *Journal of Horticultural Science and Technology*, 10, 275-284.
- [24] Mitrović, M., Miletic, R., Lukic, M., Blagojevic, M. & Rakicevic, M. (2008). Impact of rootstock on callus formation in walnut grafted in room conditions. *Journal of Pomology*, 42, 43 - 47.
- [25] Joolka, N.K. & Sharma, M.K. (2006). Studies on the genetic resources of walnut (*Juglans regia* L.) in some parts of north western Himalayas. *Haryana Journal of Horticulture Sciences*, 33 (1&2), 6-8.
- [26] Zeneli, G., Kola, H. & Dida, M. (2005). Phenotypic variation in native walnut populations of northern Albania. *Scientia Horticulturae*, 105, 91-100. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sci>
- [27] 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. <https://doi.org/10.1080/01140671.2006.9514412>
- [28] Pop, I. L., Vicol, A. C., Botu, M., Raica, P. A., Vahdati, K. & Pamfi, D. (2013). Relationships of walnut cultivars in a germplasm collection: comparative analysis of phenotypic and molecular data. *Scientia Horticulturae*, 153, 124-135. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.02.013>
- [29] Ebrahimi, A., Khadivi-Khub, A., Nosrati, Z. & Karimi, R. (2015). Identification of superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes with late leafing and high kernel quality in Iran. *Scientia Horticulturae*, 193, 195-201. <https://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.06.049>
- [30] Rezaei, Z., Khadivi, A., ValizadehKaji, B., & Abbasifar, A. (2018). The selection of superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes as revealed by morphological characterization. *Euphytica*, 214, 69. <https://doi.org/10.1007/s10681-018-2153-z>
- [31] Mojtahed, J. (2016). Walnut Book. Ministry of Agriculture Jihad, Department of Horticulture, Office of Dried and Cold Fruits.
- [32] Akça, Y. & Ozogun, 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), 337-342. <https://doi.org/10.1080/01140671.2004.9514313>
- [33] Lashkari, A., Imani, A. & Bigdeli-Mohab, M. (2015). Evaluation of superior genotypes of walnut selection in Ziaabad region, Qazvin using phenomorphological traits. 9th Horticultural Sciences Congress, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran. Pp. 1-10.
- [34] Vezvaei, A., Vahdati, K. & Tajabadi, A. (2003). Guide to Walnut, Pistachio, and Almond Tree Assessment. Khaniran Publications.
- [35] Atefi, J. (2001). Comparison of some promising Iranian walnut clones and foreign varieties. *Acta Horticulturae*, 544, 51-59. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.544.5>
- [36] Raghavan, M., & Ajmal, K.K. (2023). Walnut (*Juglans regia* L.): Morphology and biology for crop diversification. *The Pharma Innovation Journal*, 12 (7), 3620-3623.
- [37] Forde, H.I. & Mcgranahan, G.H. (1996). Walnuts. In: Fruit Breeding. Volume III: Nuts. Purdue University Press, 241-273.
- [38] Mohseniazar, M. & Vahdati, K. (2018). Morphological Traits Survey of Cluster-Bearing Walnuts Half-Sib Progenies for Selection of Dwarf and Precocious Genotypes. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 19 (3), 293-314.

- [39] Mahmoodi, R., Hassani, D., Amiri, M.E. & Jaffaraghaei, M. (2016). Evaluation of relationship between some factors with late spring frost in a some of varieties and genotypes in walnut. 9th Horticultural science congress, 21-25 January, Ahvaz, Iran.
- [40] Julian, C., Herrero, M. & Rodrigo, J. (2007). Flower bud drop and preblossom frost damage in apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 81, 21-25.
- [41] Sugiura, T., Yoshida, M., Magoshi, J. & Ono, S. (2005). Changes in water of peach flower buds during endodormancy and ecodormancy measured by differential scanning calorimetry and nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Journal of the American Society for Horticulture Science*, 120, 134-138. <https://doi.org/10.21273/JASHS.120.2.134>
- [42] Noorshah, U., Mir, J.I., Ahmed, N. & Fazli, K.M. (2018). Assessment of germplasm diversity and genetic relationships among walnut (*Juglans regia* L.) genotypes through microsatellite markers. *Journal of Saudi Society Agriculture Science*, 17, 339-350. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2016.07.005>
- [43] Mohammadi, S.A. & Prasanna, B.M. (2003). Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Science*, 43, 1235-1248. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1235>
- [44] Gurrieri, F., Audergon, J.M., Albagnac, G. & Reich, M. (2001). Soluble sugars and carboxylic acids in ripe apricot fruit as parameters for distinguishing different cultivars. *Euphytica*, 117, 183-189. <https://dx.doi.org/10.1023/a:1026595528044>
- [45] Nikolic, D., Rakonjac, V., Milatovic, V. & Fotiric, M. (2010). Multivariate analysis of vineyard peach (*Prunus persica* (L.) Batsch.) germplasm collection. *Euphytica*, 171, 227-234. <https://dx.doi.org/10.1007/s10681-009-0032-3>
- [46] Alinia Ahandani, E., Darzi-Ramandi, H., Sarmad, J., Asadi-Samani, M., Yavari, A. & 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 & Research*, 2 (3), 1016-1024. <https://doi.org/10.47739/2333-6668/1016>