

Evaluating of Morphological and Phenological Diversity of Some Promising Genotypes of Pistachio (*Pistacia vera* L.) in Traditional Orchard of Qazvin

P. Kakvand¹, A. Soleimani^{1*}, F. Razavi¹, G. Brar²

1- Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

2- Plant Science Faculty, Jordan College of Agricultural Sciences and Technology, Jordan

(* - Corresponding author's Email: asoleimani@znu.ac.ir)

Received: 02 November 2024
Revised: 24 December 2024
Accepted: 15 February 2025
Available Online: 15 February 2025

How to cite this article:

Kakvand, P., Soleimani, A., Razavi, F., & Brar, G. (2025). Evaluating of morphological and phenological diversity of some promising genotypes of pistachio (*Pistacia vera* L.) in traditional orchard of Qazvin. *Journal of Horticultural Science*, 39(3), 489-503. (In Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.90560.1388>

Introduction

Pistachio is one of Iran's main horticultural products, known for its high nutritional and economic value. The evaluation and identification of genetic diversity are crucial for breeding programs and the introduction of promising pistachio cultivars. Selecting seedlings obtained from pistachio tree crossings based on desirable traits can significantly impact the pistachio production industry. Evaluating genetic diversity based on pomological and morphological characteristics is a fast and effective method for identifying suitable pistachio genotypes. The traditional orchard of Qazvin, with a history spanning over a thousand years and covering an area of 2,780 hectares, now extends across the southern, western, and eastern halves of the city. In recent years, pistachio planting in the Qazvin orchard has commonly been done through seeds, leading to the development of diverse, and sometimes highly valuable, mother genotypes in this ancient orchard. Identifying and evaluating suitable maternal genotypes for cultivation expansion or the replacement of unsuitable trees is one of the goals of sustainable orchard development in the Baghestan region. The aim of this research is to identify and evaluate the morphological and pomological characteristics of 24 promising maternal pistachio genotypes for the first time in a section of the Qazvin traditional orchard.

Materials and Methods

This research was conducted with the aim of identifying and coding 24 promising maternal pistachio genotypes in an area of approximately 20 hectares of the traditional orchard in Qazvin during the years 1401 and 1402. From each tree, three branches on the southern side were selected as replicates, and three samples from each branch were used as observations for data collection. Several phenological and morphological characteristics, including both fruit-related and vegetative traits, were measured in the studied trees based on the International Pistachio Descriptor (IPGRI, 1997). The research followed a nested experimental design with three replications per nest, and the comparison of mean data was performed using Duncan's multiple range test at a 5% significance level, with the assistance of SAS 9.2 software. Multivariate analyses, including correlation, cluster analysis, and principal component analysis, were carried out using Statistica 18.8 software.

Results and Discussion

Based on the results of the mean comparison, the SiC genotype had the longest total leaf length, including the petiole, while the TaD genotype had the shortest. Regarding total leaf width with petiole, the largest and smallest values were observed in the SiC and AbC genotypes, respectively. Additionally, the SiC genotype showed the



©2025 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.90560.1388>

largest length and width of the terminal leaflet, while the smallest values for these traits were observed in the TaD genotype. Among the studied genotypes, the BrA genotype had the highest ratio of terminal leaflet length to width, and the SiC genotype had the lowest. Previous reports indicate that leaf dimensions have a direct correlation with traits such as kernel weight. Leaves are the most important organs for light absorption and photosynthesis, and an increase in leaf area enhances the production of photosynthetic products, which ultimately supports fruit growth. The SiA1 genotype had the largest nut length, while the AbC genotype had the smallest. The largest nut width was found in the SiB genotype, and the smallest in the TaG genotype, with a difference of about 28.81%. For nut thickness, the SiB genotype had the largest, and the AbD genotype had the smallest, with a difference of approximately 30.17%. In terms of the kernel, the SiA1 genotype had the largest length and width, while the AbC genotype had the smallest. The SiC1 genotype had the largest kernel thickness, while the smallest was observed in the TaC genotype. Previous research on promising Iranian pistachio genotypes reported nut lengths ranging from 16.6 to 23.68 mm and nut widths from 10.46 to 13.7 mm. For blank nut percentage, the TaC genotype had the highest, and the SiA6 genotype had the lowest. The highest splitting percentage was observed in the SiC genotype, while the AbD genotype had the lowest. Based on the quantitative traits studied, the genotypes were clustered into three groups at a distance of 150 units, with each group containing two subgroups. Plot analysis using the two main components of quantitative traits divided the genotypes into four categories with similar components. The first principal component accounted for 40.26% of the total variance, while the second component explained 18.85%. One of the most important qualitative traits in pistachio research is flowering time, as pistachios are dioecious plants, and female flowers can only receive pollen for four days. Breeding programs must identify male genotypes with an extended flowering period to increase production and reduce the percentage of blank nuts.

Conclusion

In our recent evaluation of 24 maternal pistachio genotypes from the traditional orchard in Qazvin, we found some promising results that can benefit for orchard growers. The SiA1 genotype stood out for having the largest kernel length, width, and thickness, making it a great choice for maximizing nut size. It also has a high splitting percentage of 70% or more, which means growers can expect better harvests with less labor. Another genotype to consider is the SiC, which features large, three-lobed leaves and the biggest leaf surface area among the studied genotypes. This can enhance photosynthesis, potentially leading to healthier trees and better yields. Plus, SiC ranks high for splitting percentage and kernel quality. These two genotypes-SiA1 and SiC-are recommended as excellent options for breeding programs and boosting orchard's productivity

Keywords: Cluster analysis, Genetic diversity, Quantitative and qualitative traits, Principal components analysis

ارزیابی تنوع ریخت‌شناختی و فنولوژیکی برخی ژنوتیپ‌های امیدبخش پسته

(Pistacia vera L.) در باغستان سنتی قزوینپوریا کاکوند^۱ - علی سلیمانی^{۱*} - فرهنگ رضوی^۱ - گارت برار^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۷

چکیده

پسته (*Pistacia vera* L.) یکی از محصولات مهم باغبانی ایران است و شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به شرایط نامساعد محیطی، خاک و بیماری‌ها، نقش بسزایی در افزایش عملکرد و گسترش سطح زیر کشت این محصول ارزشمند دارد. هدف این پژوهش، شناسایی و ارزیابی برخی از ژنوتیپ‌های امیدبخش پسته مادری براساس ویژگی‌های ریخت‌شناختی و فنولوژیکی در محدوده ۲۰ هکتاری باغستان سنتی قزوین است. در این پژوهش، ۲۵ ویژگی ریخت‌شناختی، ۱۵ ویژگی کمی و پنج ویژگی کیفی در ۲۴ ژنوتیپ مادری پسته براساس توصیف‌نامه بین‌المللی پسته (IPGRI) مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها بر پایه طرح آشیانه‌ای با استفاده از نرم‌افزار SAS9.2 انجام شد و آنالیزهای چندمتغیره همبستگی، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار Statistica 18.8 صورت گرفت. نتایج تجزیه خوشه‌ای براساس ویژگی‌های کمی، ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه مجزا دسته‌بندی کرد. همچنین، نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مؤلفه اول و دوم به ترتیب ۲۴/۶۴ و ۱۵/۸۵ درصد از واریانس کل مشاهده‌شده در جمعیت پسته را تبیین می‌کنند. بیشترین طول، عرض و ضخامت مغز در ژنوتیپ 'SiA1' مشاهده شد. علاوه بر این، برگ‌های سه برگچه‌ای با بزرگ‌ترین سطح برگ و همچنین کیفیت بالای مغز و درصد خندانی بالا نیز در ژنوتیپ 'SiC' مشاهده گردید. خوشه‌بندی براساس ویژگی‌های کیفی، ژنوتیپ‌های پسته را در فاصله همبستگی هشت، به چهار دسته با زیرگروه‌های مختلف تقسیم کرد و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی براساس ویژگی‌های کیفی نیز ژنوتیپ‌ها را به چهار دسته تقسیم نمود که اجزای هر دسته از لحاظ ویژگی‌های کیفی به یکدیگر شباهت داشتند. در مجموع با توجه به بسیاری از صفات ارزشمند مرتبط با مغز پسته می‌توان ژنوتیپ‌های 'SiA1' و 'SiC' را به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی و مطالعاتی در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای، تنوع ژنتیکی، صفات کمی و کیفی

مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) یکی از محصولات مهم و کهن باغبانی بومی ایران است که از ارزش غذایی و اقتصادی بسیار بالایی برخوردار است. علاوه بر این، ارقام مختلف پسته به دلیل داشتن توانایی بالای سازگاری با شرایط نامساعد محیطی مانند شوری و خشکی آب و خاک، به‌عنوان گزینه‌های مناسبی برای کشت در مناطق کویری و تحت شرایط سخت محیطی محسوب می‌شوند (Karimi, 2012). انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به شرایط نامساعد محیطی، خاک و

بیماری‌ها، برای افزایش بهره‌وری این محصول اهمیت زیادی دارد. ارقام بومی پسته از هندوستان تا مناطق مدیترانه‌ای گسترش یافته‌اند و مناطق شمال افغانستان، شمال شرقی ایران و آسیای مرکزی به‌عنوان مراکز اصلی تنوع ژنتیکی پسته شناخته شده‌اند (Rezaei et al., 2006; Kafkas et al., 2019). تنوع ژنتیکی پسته بالا بوده و این تنوع به‌راحتی در درختان بذری قابل مشاهده است.

از آنجاکه ارزیابی و شناسایی تنوع ژنتیکی برای برنامه‌های اصلاحی و معرفی ارقام امیدبخش پسته بسیار حیاتی و مؤثر است، انتخاب دانه‌های حاصل از تلاقی درختان پسته براساس ویژگی‌های مطلوب می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی بر صنعت تولید پسته تأثیر بگذارد (Kallsen et al., 2009). بسیاری از ارقام تجاری برجسته، به‌ویژه از طریق انتخاب تصادفی دانه‌ها شکل گرفته‌اند؛ به‌عنوان نمونه، رقم

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲- دانشکده علوم گیاهی، کالج علوم و فناوری کشاورزی اردن، اردن

* نویسنده مسئول: (Email: asoleimani@znu.ac.ir)

<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.90560.1388>

«کرمان» که به عنوان مهم ترین رقم پسته در کالیفرنیا شناخته می شود، از بین دانه های حاصل از بذور منطقه کرمان در ایران انتخاب شده است (Parfitt et al., 1995). ارزیابی تنوع ژنتیکی بر مبنای ویژگی های پومولوژیکی و ریخت شناسی، روشی سریع و مؤثر برای شناسایی ژنوتیپ های مناسب پسته به شمار می رود (Abidi, 2016; Rezaei et al., 2019). ویژگی های مرتبط با میوه، مانند درصد پوکی مغز، خندانی و وزن مغز، از اهمیت بالایی در بازاریابی و فروش پسته برخوردارند (Rezaei et al., 2019).

ایران یکی از مهم ترین منابع ژنتیکی پسته در جهان به شمار می آید و ارقام تجاری ارزشمند این کشور شامل «اکبری»، «کله قوچی»، «احمدآقایی» و «اوحدی» است (Khadivi, 2018; Pazouki et al., 2010). توانایی پسته در سازگاری با خاک های شور و مقاومت در برابر کم آبی، باعث شده است که در سال های اخیر توجه بیشتری به کاشت این محصول در نقاط مختلف کشور معطوف شود. با این حال، بسیاری از باغات پسته به دلیل عدم انتخاب ارقام مناسب و سازگار با شرایط محلی، هر ساله با مشکلات فراوانی مواجه می شوند. بنابراین، پیش از ایجاد باغات پسته، انتخاب رقم مناسب به عنوان پایه و پیوندک باید با توجه به شرایط آب و هوایی و خاک منطقه مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد (Shrafati, 2015).

باغستان سنتی قزوین با قدمتی هزار ساله و مساحتی بالغ بر ۲۷۸۰ هکتار، در گذشته تمام شهر قزوین را احاطه کرده بود، اما امروزه نیمه جنوبی، غرب و شرق شهر را در بر می گیرد. ناصر خسرو قبادیانی نیز در قرن چهارم هجری قمری در سفرنامه خود به این باغستان اشاره کرده است (Mirhosseini, 2022). طی این قرون، کاشت پسته در باغستان قزوین به صورت بذری رایج بوده و این امر

منجر به ایجاد ژنوتیپ های مادری متنوع و گاه بسیار ارزشمند در این باغستان کهن شده است. ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ های مادری مناسب به منظور توسعه کشت و کار یا جایگزینی درختان نامناسب، از اهداف توسعه پایدار باغات در منطقه باغستان به شمار می آید. هدف پژوهش حاضر، شناسایی و ارزیابی ویژگی های ریخت شناسی و پومولوژیکی ۲۴ ژنوتیپ امیدبخش پسته مادری برای نخستین بار در بخشی از باغستان سنتی قزوین است.

مواد و روش ها

مواد گیاهی

این پژوهش با هدف شناسایی و کدگذاری ۲۴ ژنوتیپ امیدبخش پسته مادری در محدوده ای به وسعت حدود ۲۰ هکتار از باغستان سنتی قزوین در سال های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام شد. اسامی و مشخصات درختان مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. باغستان سنتی قزوین در موقعیت جغرافیایی ۳۶.۲۶۹۳۵ شمالی و ۵۰.۰۰۲۹۰ شرقی قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۷ متر است. این منطقه دارای میانگین دمای سالیانه ۱۳ درجه سانتی گراد و میانگین بارش سالیانه ۳۰۲ میلی متر است (جدول ۲). روش آبیاری در باغستان سنتی قزوین به صورت غرقابی است (Shahbazi et al., 2020). همه درختان مورد مطالعه، سالم و بالغ بوده و هیچ گونه عملیات هرس و تربیتی روی آن ها انجام نشده بود. از هر درخت، سه شاخه در سمت جغرافیایی جنوبی به عنوان سه تکرار انتخاب و از هر شاخه سه نمونه به عنوان سه مشاهده برای داده برداری استفاده گردید.

جدول ۱- کدهای شناسایی درختان پسته مورد مطالعه در باغستان سنتی قزوین

Table 1- Identification codes of the studied pistachio trees in the traditional orchard of Qazvin

شماره درخت Number of tree	کد شناسایی Identification code	مختصات جغرافیایی محل استقرار درخت Geographic coordinates of the location of the tree	شماره درخت Number of tree	کد شناسایی Identification code	مختصات جغرافیایی محل استقرار درخت Geographic coordinates of the location of the tree
1	'SiA1'	(36.238705, 49.993998)	13	'TaE'	(36.249776, 50.032356)
2	'SiA2'	(36.238773, 49.993831)	14	'TaF'	(36.251958, 50.033624)
3	'SiA3'	(36.238755, 49.993694)	15	'TaG'	(36.252472, 50.032689)
4	'SiA4'	(36.238757, 49.993729)	16	'AbA'	(36.242203, 49.980606)
5	'SiA5'	(36.23869, 49.993674)	17	'AbB'	(36.242928, 49.980013)
6	'SiA6'	(36.238643, 49.993668)	18	'AbC'	(36.244546, 49.979738)
7	'SiB'	(36.239329, 49.994815)	19	'AbD'	(36.243393, 49.980534)
8	'SiC'	(36.240373, 49.995957)	20	'AbE'	(36.242328, 49.98035)
9	'TaA'	(36.24692, 50.032936)	21	'OaA'	(36.238062, 50.001235)
10	'TaB'	(36.246539, 50.032924)	22	'KaA'	(36.247414, 49.995037)
11	'TaC'	(36.246547, 50.034252)	23	'BaA'	(36.247636, 49.969554)
12	'TaD'	(36.24709, 50.033859)	24	'BrA'	(36.239569, 49.993922)

جدول ۲- اطلاعات مربوط به دمای هوا و میزان بارندگی در استان قزوین طی دو سال متوالی ۱۴۰۱-۱۴۰۲
Table 2- Information about temperature and rainfall in Qazvin province during two consecutive years 1401-1402.

اطلاعات ایستگاه هواشناسی قزوین Information of Qazvin Weather Station											
سال ۱۴۰۱ Year 1401						سال ۱۴۰۲ Year 1402					
درجه حرارت Temperature (°C)						درجه حرارت Temperature (°C)					
حداقل	معدل	حداکثر	معدل	متوسط	مجموع	حداقل	معدل	حداکثر	معدل	متوسط	مجموع
Minimum	Mean	Maximum	Mean	Absolute minimum	Total rainfall (mm)	Minimum	Mean	Maximum	Absolute minimum	Total rainfall (mm)	Total rainfall (mm)
فروردین March/April	6.1	21.3	13.7	30	-1.5	16	5.8	19.9	26.5	-1.9	28.3
اردیبهشت April/May	9.6	26	17.8	32.7	4.4	19.6	9.5	26.5	32	3.6	8.4
خرداد May/June	14.3	33.3	23.8	37.4	3.3	0.5	14.9	33	36.3	11	9
تیر June/July	17.5	36.7	27.1	39.9	13.5	0	17.4	36.3	40.1	12.8	0
مرداد July/August	17.2	36.4	26.8	40.2	13.4	3.9	19.1	37.1	40	15.1	0
شهریور August/September	14.6	33.5	24.1	36.7	11.5	0	15.2	33.6	39.6	9.4	0
مهر September/October	11.7	28.9	20.3	33.8	7.5	0	10.6	25.6	29.7	5.9	8.4
آبان October/November	4.2	18.5	11.3	24.5	-0.6	10.8	7.3	20.9	25.8	4.1	20.8
آذر November/December	1.4	11.4	6.4	18.3	-3.6	12.2	1.8	14.9	18.6	-3	5.2
دی December/January	-4	5.6	0.8	10.6	-14	28.3	0.6	12.6	15.9	-4.3	10.1
بهمن January/February	-4.1	5.8	0.8	11.2	-9.6	42.4	0.5	10.5	19.5	-5.2	47.8
اسفند February/March	3.6	17	10.3	24.5	-7.1	42.3	0	11.8	18.7	-6.8	19.9

زمان انجام نمونه برداری نیز براساس اندام مورد ارزیابی متفاوت بود، برای مثال نمونه برداری جهت ارزیابی صفات مربوط به برگ و برگچه در اواخر خرداد همزمان با بلوغ برگ‌ها و ارزیابی صفات مربوط به میوه نیز در زمان بلوغ میوه یعنی اواخر شهریور انجام گردید.

اندازه‌گیری صفات کمی

در این پژوهش، ۴۰ ویژگی فنولوژیکی و ریخت‌شناختی شامل ۲۵ صفت مرتبط با میوه و ۱۵ صفت رویشی، براساس توصیف‌نامه بین‌المللی پسته (IPGRI 1997) در درختان مورد مطالعه اندازه‌گیری شد. ابعاد میوه و مغز (طول، عرض و ضخامت) و قطر شاخه‌های سال جاری با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری گردید. وزن تر و خشک مغز، میوه و پوست میوه با دقت ۰/۰۱ گرم توسط ترازوی دیجیتال تعیین شد. طول و عرض برگ، برگچه‌های انتهایی و جانبی، و طول شاخه‌های سال جاری با خط‌کش معمولی اندازه‌گیری گردید. برای تخمین درصد خندانی، غیرخندانی و پوکی میوه‌ها، تعداد میوه‌های شکاف‌خورده طبیعی، بدون شکاف و فاقد مغز به‌طور تصادفی در ۱۰ نمونه ۱۰ تایی از هر ژنوتیپ شمارش شد. همچنین، تاریخ شروع، اوج و پایان گل‌دهی به‌ترتیب هنگام باز شدن پنج، ۵۰ و ۹۵ درصد جوانه‌های گل هر درخت ثبت گردید.

اندازه‌گیری صفات کیفی

صفات کیفی مورد نظر مانند عادت رشد درخت، عادت شاخه‌دهی، زمان گل‌دهی، شکل برگچه انتهایی و اندازه برگچه انتهایی، به‌صورت کددهی منطبق بر توصیف‌نامه، مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نوع طرح آزمایشی و تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش براساس طرح آزمایشی آشیانه‌ای با سه تکرار در هر آشیانه انجام شده و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری یک درصد به کمک نرم-افزار SAS 9.2 صورت گرفت. آنالیزهای چندمتغیره همبستگی، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار Statistica 18.8 انجام شد.

نتایج و بحث

صفات کمی

صفات مربوط به برگ

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها که در شکل ۱ (a) ارائه شده است، بزرگ‌ترین طول برگ به همراه دم‌برگ مربوط به ژنوتیپ 'SiC'

و کوچک‌ترین آن مربوط به ژنوتیپ 'TaD' می‌باشد. در خصوص عرض برگ با دم‌برگ، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین مقادیر به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های 'SiC' و 'AbC' مشاهده شد (شکل ۱(b)). علاوه بر این، ژنوتیپ 'SiC' دارای بزرگ‌ترین طول و عرض برگچه انتهایی بوده و کوچک‌ترین مقادیر این صفات به ژنوتیپ 'TaD' اختصاص یافت. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ 'BrA' بیشترین و ژنوتیپ 'SiC' کمترین نسبت طول به عرض برگچه انتهایی را نشان دادند که اختلاف آن‌ها به ۳۴/۷۷ درصد می‌رسد (جدول ۳).

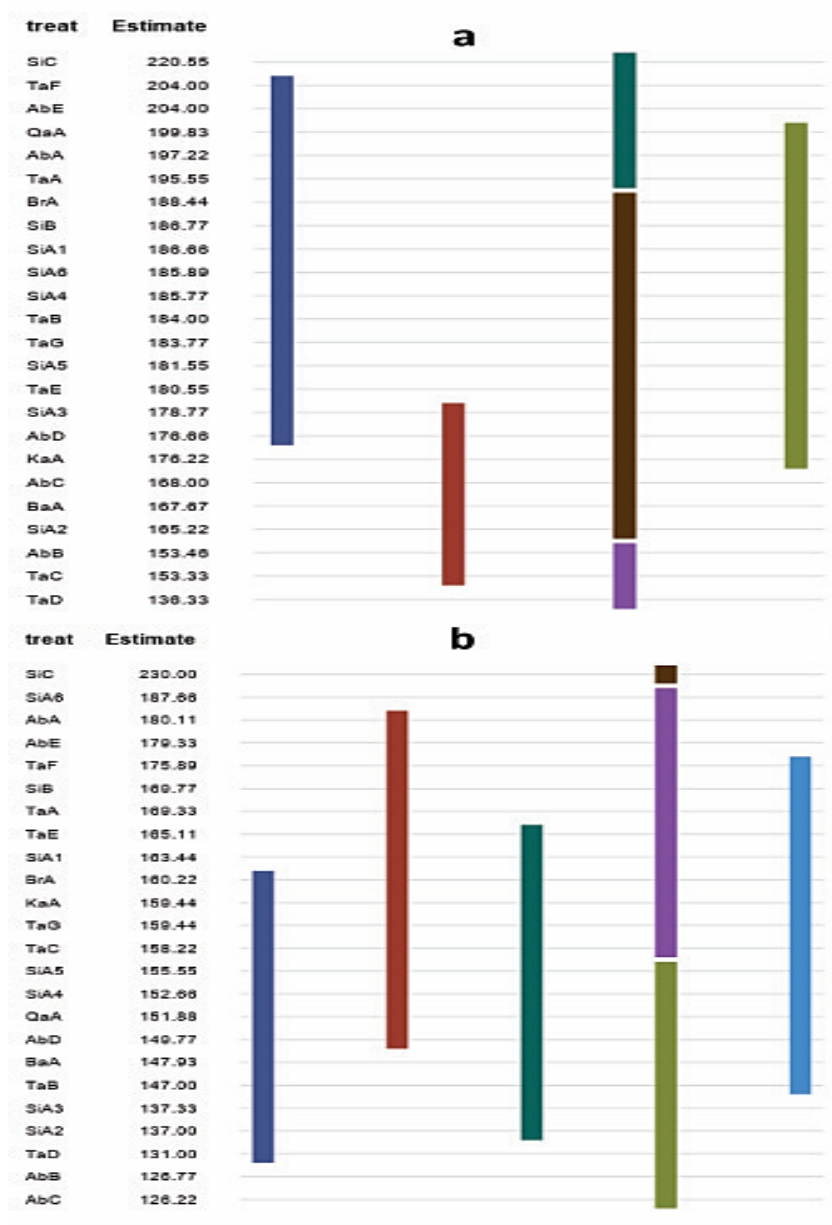
رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2019) گزارش کردند که در برخی ژنوتیپ‌های ایرانی، طول برگ‌ها در محدوده ۱۰/۷۷ تا ۵۰/۶۳ سانتی‌متر و عرض آن‌ها بین ۸/۳۷ تا ۲۴/۲۵ سانتی‌متر قرار دارد. همچنین، در برخی ژنوتیپ‌های پرورش‌یافته در الجزایر، طول و عرض برگ‌ها به‌ترتیب بین ۱۶/۰۲ تا ۱۹/۹۵ سانتی‌متر و ۱۶/۹۸ تا ۱۸/۴۶ سانتی‌متر گزارش شد (Boualem et al., 2015). در گزارش دیگری، محدوده طول و عرض برگ‌های برخی از ژنوتیپ‌های امیدبخش پسته ایرانی به‌ترتیب ۱۳/۰۸ تا ۱۹/۹۹ و ۱۲/۴۸ تا ۱۸/۳۰ سانتی‌متر تخمین زده شد و محدوده طول و عرض برگچه انتهایی نیز به‌ترتیب بین ۷ تا ۱۱/۴ و ۳/۸۲ تا ۱۱/۱۶ سانتی‌متر بود (Neyshaburi et al., 2021). در مطالعه دیگری با ارزیابی نمونه-های مختلف پسته مشخص شد که بین وزن میوه با طول برگچه و همچنین ابعاد برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (Kafkas & Perl-Treves, 2001). نتایج برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که ابعاد برگ همبستگی مستقیمی با صفاتی مانند وزن مغز داشت. برگ‌ها مهم‌ترین اندام برای جذب نور و فتوسنتز هستند و با افزایش سطح برگ، محصولات فتوسنتزی افزایش می‌یابد که به مصرف میوه می‌رسد (Mashmoul et al., 2013).

صفات مربوط به میوه و مغز

شکل ۲ (a) نشان می‌دهد که بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین طول دانه به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ 'SiA₁' و ژنوتیپ 'AbC' بود. بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین عرض دانه نیز به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های 'SiB' و 'TaG' مشاهده شد و اختلافی در حدود ۲۸/۸۱ درصد داشتند (شکل ۲(b)). علاوه بر این بیشترین و کمترین ضخامت میوه به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ 'SiB' و ژنوتیپ 'AbD' بود و اختلافی حدود ۳۰/۱۷ درصد داشتند (جدول ۳). از نظر وزن ۱۰۰ دانه نیز ژنوتیپ‌های 'TaF' و 'AbC' به‌ترتیب دارای بیشترین و کم‌ترین مقدار بودند. در مورد مغز میوه، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین طول و عرض به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های 'SiA₁' و 'AbC' بود،

طول مغز میوه بین ۱۵/۰۴ تا ۱۹/۳۲ میلی‌متر و عرض مغز ۸/۳۷ تا ۱۱/۴۷ میلی‌متر گزارش شد (Neyshaburi et al., 2021). در مطالعه دیگری محدوده طول و عرض دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، به‌ترتیب بین ۱۵/۱۹ تا ۲۱/۰۴ و ۸/۵۹ تا ۸/۸۸ میلی‌متر گزارش شد (Yarilgac & Yalcin., 2007). در دو پژوهش انجام‌گرفته روی ژنوتیپ‌های پسته در ایران و ترکیه، به‌ترتیب وزن دانه بین ۰/۶۰ تا ۱/۸۰ و ۰/۸۴ تا ۱/۵۳ گرم گزارش شد (Rezaei et al., 2019; Kazankaya et al., 2008).

همچنین ژنوتیپ 'SiC1' بزرگ‌ترین ضخامت مغز را داشت و کوچک‌ترین ضخامت مغز نیز در ژنوتیپ 'TaC' مشاهده شد. از طرف دیگر، بیشترین و کم‌ترین وزن ۱۰۰ مغز نیز به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های 'SiA1' و 'AbC' بود. علاوه‌بر این، ژنوتیپ‌های 'SiA5' و 'TaF' به‌ترتیب بالاترین و پایین‌ترین نسبت وزن ۱۰۰ عدد مغز خشک به دانه خشک را نشان دادند (جدول ۳). در پژوهشی که روی ژنوتیپ‌های امیدبخش پسته ایران انجام گرفت، محدوده طول دانه از ۱۶/۶ تا ۲۳/۶۸ میلی‌متر و محدوده عرض دانه بین ۱۰/۴۶ تا ۱۳/۷ میلی‌متر مشخص شد، علاوه‌بر این در این پژوهش



شکل ۱- صفات طول (a) و عرض (b) برگ در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه پسته

Figure 1- The leaf length (a) and width (b) traits in the studied pistachio genotypes (DMRT, $p \leq 0.01$)

جدول ۳- میانگین $\pm$ خطای استاندارد (SD) صفات کمی اندازه‌گیری شده براساس توصیف‌نامه بین‌المللی در ژنوتیپ‌های مختلف پسته باغستان سنتی قزوین

Table 3- Mean $\pm$ standard error (SD) of quantitative traits measured according to the international description in different genotypes of Qazvin traditional orchard of pistachio

کد ژنوتیپ Genotype code	عرض برگ LW	طول برگ LL	عرض برگچه انتهایی TLW	طول برگچه انتهایی TLL	نسبت طول به عرض برگچه انتهایی TLL/W	طول دانه NL
'AbA'	180.10 $\pm$ 5.39	197.21 $\pm$ 1.23	61.17 $\pm$ 2.97	99.10 $\pm$ 2.94	1.61 $\pm$ 0.04	16.93 $\pm$ 0.23
'AbB'	126.77 $\pm$ 3.88	153.45 $\pm$ 10.27	50.26 $\pm$ 2.72	74.86 $\pm$ 2.68	1.48 $\pm$ 0.04	17.59 $\pm$ 0.20
'AbC'	126.22 $\pm$ 4.89	167.99 $\pm$ 9.88	56.69 $\pm$ 2.04	76.17 $\pm$ 2.04	1.34 $\pm$ 0.8	12.73 $\pm$ 0.23
'AbD'	149.77 $\pm$ 4.56	176.66 $\pm$ 3.89	54.83 $\pm$ 1.22	85.24 $\pm$ 3.63	1.54 $\pm$ 0.06	16.69 $\pm$ 0.14
'AbE'	179.32 $\pm$ 2.90	203.99 $\pm$ 4.00	57.97 $\pm$ 0.93	105.98 $\pm$ 0.98	1.82 $\pm$ 0.04	15.49 $\pm$ 0.20
'BaA'	147.93 $\pm$ 4.97	167.66 $\pm$ 9.05	54.97 $\pm$ 4.01	80.23 $\pm$ 2.16	1.46 $\pm$ 0.07	16.45 $\pm$ 0.15
'BrA'	160.22 $\pm$ 8.19	188.44 $\pm$ 4.53	48.41 $\pm$ 1.84	97.07 $\pm$ 2.42	2.00 $\pm$ 0.08	17.07 $\pm$ 0.24
'KaA'	159.44 $\pm$ 4.64	176.22 $\pm$ 4.22	50.59 $\pm$ 0.09	85.40 $\pm$ 1.64	1.68 $\pm$ 0.03	17.07 $\pm$ 0.53
'QaA'	151.88 $\pm$ 1.69	199.83 $\pm$ 8.63	56.62 $\pm$ 2.06	88.27 $\pm$ 1.66	1.55 $\pm$ 0.03	17.53 $\pm$ 0.36
'SiA1'	163.44 $\pm$ 3.72	186.66 $\pm$ 5.79	55.86 $\pm$ 0.87	98.87 $\pm$ 4.55	1.76 $\pm$ 0.10	21.48 $\pm$ 0.08
'SiA2'	137.00 $\pm$ 2.64	165.22 $\pm$ 5.38	51.77 $\pm$ 0.61	82.23 $\pm$ 1.32	1.58 $\pm$ 0.03	16.37 $\pm$ 0.19
'SiA3'	137.33 $\pm$ 7.34	178.77 $\pm$ 6.23	49.49 $\pm$ 1.90	80.66 $\pm$ 4.55	1.62 $\pm$ 0.04	16.44 $\pm$ 0.11
'SiA4'	152.66 $\pm$ 5.21	185.77 $\pm$ 3.97	49.20 $\pm$ 1.63	86.28 $\pm$ 3.33	1.75 $\pm$ 0.06	17.52 $\pm$ 0.35
'SiA5'	155.55 $\pm$ 18.23	181.55 $\pm$ 10.11	62.87 $\pm$ 7.64	93.63 $\pm$ 12.10	1.48 $\pm$ 0.01	18.14 $\pm$ 0.11
'SiA6'	187.66 $\pm$ 12.99	185.88 $\pm$ 3.72	69.31 $\pm$ 2.70	97.99 $\pm$ 8.88	1.41 $\pm$ 0.10	18.04 $\pm$ 0.08
'SiB'	169.77 $\pm$ 2.51	186.77 $\pm$ 6.15	59.31 $\pm$ 3.23	112.04 $\pm$ 9.93	1.91 $\pm$ 0.26	19.29 $\pm$ 0.13
'SiC'	229.99 $\pm$ 11.78	220.55 $\pm$ 2.70	99.87 $\pm$ 5.10	130.77 $\pm$ 4.79	1.30 $\pm$ 0.03	19.36 $\pm$ 0.14
'TaA'	169.33 $\pm$ 3.67	195.55 $\pm$ 6.72	63.90 $\pm$ 0.14	95.95 $\pm$ 2.28	1.49 $\pm$ 0.03	19.34 $\pm$ 0.08
'TaB'	146.99 $\pm$ 0.69	183.99 $\pm$ 4.84	51.24 $\pm$ 0.93	87.91 $\pm$ 1.68	1.71 $\pm$ 0.02	16.46 $\pm$ 0.09
'TaC'	158.21 $\pm$ 4.14	153.33 $\pm$ 3.28	63.31 $\pm$ 2.89	90.16 $\pm$ 3.58	1.42 $\pm$ 0.04	15.65 $\pm$ 0.44
'TaD'	131.00 $\pm$ 2.30	136.00 $\pm$ 2.30	45.51 $\pm$ 1.96	72.09 $\pm$ 1.01	1.58 $\pm$ 0.08	15.59 $\pm$ 0.07
'TaE'	165.11 $\pm$ 8.45	180.55 $\pm$ 4.18	55.80 $\pm$ 1.81	97.83 $\pm$ 0.69	1.75 $\pm$ 0.04	18.15 $\pm$ 0.05
'TaF'	175.88 $\pm$ 6.73	203.99 $\pm$ 7.57	55.64 $\pm$ 2.78	103.41 $\pm$ 3.09	1.86 $\pm$ 0.10	19.23 $\pm$ 0.19
'TaG'	159.44 $\pm$ 1.54	183.77 $\pm$ 3.63	55.63 $\pm$ 1.09	98.64 $\pm$ 3.44	1.77 $\pm$ 0.02	14.75 $\pm$ 0.12

LW: عرض برگ با دم‌برگ، LL: طول برگ با دم‌برگ، TLW: عرض برگچه انتهایی، TLL/W: طول برگچه انتهایی/عرض برگچه انتهایی، NL: طول دانه

LW: leaf width (mm), LL: leaf length (mm), TLW: terminal leaflet width (mm), TLL: terminal leaflet length (mm), TLL/W: terminal leaflet length/width ratio, NL: nut length (mm)

ادامه جدول ۳- میانگین $\pm$ خطای استاندارد (SD) صفات کمی اندازه‌گیری شده براساس توصیف‌نامه بین المللی در ژنوتیپ‌های مختلف پسته باغستان سنتی قزوین

Continued table 3- Mean $\pm$ standard error (SD) of quantitative traits measured according to the international description in different genotypes of Qazvin traditional orchard of pistachio

کد ژنوتیپ Genotype Code	عرض دانه NWi	ضخامت دانه NT	وزن ۱۰۰ دانه NW	وزن ۱۰۰ مغز KW	نسبت وزن ۱۰۰ دانه خشک به ۱۰۰ عدد مغز خشک K/N
'AbA'	10.18 $\pm$ 0.19	8.95 $\pm$ 0.19	70.52 $\pm$ 1.70	34.55 $\pm$ 1.12	48.93 $\pm$ 0.74
'AbB'	10.50 $\pm$ 0.20	9.18 $\pm$ 0.06	72.88 $\pm$ 2.23	39.55 $\pm$ 0.90	54.28 $\pm$ 0.44
'AbC'	9.66 $\pm$ 0.31	8.34 $\pm$ 0.16	51.19 $\pm$ 3.00	23.69 $\pm$ 1.85	46.17 $\pm$ 1.12
'AbD'	9.69 $\pm$ 0.22	8.10 $\pm$ 0.08	62.75 $\pm$ 0.25	30.75 $\pm$ 0.52	48.18 $\pm$ 0.11
'AbE'	9.88 $\pm$ 0.20	9.61 $\pm$ 0.06	67.88 $\pm$ 0.88	35.11 $\pm$ 0.58	51.71 $\pm$ 0.57
'BaA'	10.16 $\pm$ 0.11	9.87 $\pm$ 0.12	73.99 $\pm$ 1.02	36.99 $\pm$ 0.33	49.99 $\pm$ 0.25
'BrA'	10.83 $\pm$ 0.17	10.54 $\pm$ 0.04	88.51 $\pm$ 1.68	43.44 $\pm$ 0.78	49.07 $\pm$ 0.39
'KaA'	10.84 $\pm$ 0.23	9.57 $\pm$ 0.12	76.77 $\pm$ 2.12	42.13 $\pm$ 0.41	54.97 $\pm$ 1.97
'QaA'	10.54 $\pm$ 0.08	10.37 $\pm$ 0.12	78.63 $\pm$ 1.37	44.25 $\pm$ 0.90	56.27 $\pm$ 0.82
'SiA1'	13.04 $\pm$ 0.08	11.51 $\pm$ 0.38	128.16 $\pm$ 1.44	68.88 $\pm$ 2.12	53.72 $\pm$ 1.17
'SiA2'	10.30 $\pm$ 0.08	9.55 $\pm$ 0.17	75.87 $\pm$ 2.19	38.11 $\pm$ 1.06	50.24 $\pm$ 0.89
'SiA3'	10.39 $\pm$ 0.05	8.91 $\pm$ 0.12	67.74 $\pm$ 1.87	34.47 $\pm$ 0.46	50.94 $\pm$ 0.75
'SiA4'	10.54 $\pm$ 0.23	9.97 $\pm$ 0.09	81.38 $\pm$ 3.90	40.00 $\pm$ 2.08	49.15 $\pm$ 1.02
'SiA5'	11.36 $\pm$ 0.12	10.11 $\pm$ 0.09	68.76 $\pm$ 7.99	44.77 $\pm$ 0.94	66.91 $\pm$ 8.01
'SiA6'	11.15 $\pm$ 0.03	10.96 $\pm$ 0.09	94.66 $\pm$ 1.64	49.61 $\pm$ 0.38	52.42 $\pm$ 0.61
'SiB'	13.04 $\pm$ 0.13	11.61 $\pm$ 0.55	119.77 $\pm$ 3.37	66.91 $\pm$ 2.14	55.85 $\pm$ 0.37
'SiC'	10.28 $\pm$ 0.18	9.58 $\pm$ 0.23	84.33 $\pm$ 3.17	48.33 $\pm$ 3.17	57.30 $\pm$ 0.30
'TaA'	10.09 $\pm$ 0.08	8.94 $\pm$ 0.02	78.60 $\pm$ 1.97	40.69 $\pm$ 1.40	51.74 $\pm$ 0.63
'TaB'	9.90 $\pm$ 0.10	9.86 $\pm$ 0.18	76.30 $\pm$ 1.35	37.80 $\pm$ 0.65	49.54 $\pm$ 0.47
'TaC'	9.66 $\pm$ 0.07	8.31 $\pm$ 0.09	59.52 $\pm$ 2.64	31.44 $\pm$ 2.35	52.68 $\pm$ 1.86
'TaD'	10.09 $\pm$ 0.21	8.34 $\pm$ 0.10	65.19 $\pm$ 0.90	31.19 $\pm$ 1.25	47.81 $\pm$ 1.40
'TaE'	10.77 $\pm$ 0.14	9.23 $\pm$ 0.10	77.08 $\pm$ 2.62	41.27 $\pm$ 0.14	53.67 $\pm$ 1.94
'TaF'	11.29 $\pm$ 0.15	10.42 $\pm$ 0.08	135.06 $\pm$ 2.40	51.10 $\pm$ 0.72	37.87 $\pm$ 1.11
'TaG'	9.28 $\pm$ 0.05	9.26 $\pm$ 0.15	57.86 $\pm$ 0.27	31.22 $\pm$ 0.40	53.95 $\pm$ 0.60

NWi: عرض دانه، NT: ضخامت دانه، NW: وزن ۱۰۰ دانه، KW: وزن ۱۰۰ مغز، KN: نسبت وزن ۱۰۰ عدد دانه خشک به ۱۰۰ عدد مغز

NWi: nut width (mm), NT: nut thickness (mm), NW: 100 nut weight (g), KW: 100 kernel weight (g), K/N: kernel/nut DW (%)

می‌باشد که ارزش اقتصادی و بازاریابی این محصول را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مطالعات انجام‌شده روی ژنوتیپ‌های ایرانی درصد خندانی ۵۸ تا ۹۵ درصد و ۰ تا ۹۷/۳۷ درصد گزارش شد (Neyshaburi et al., 2021; Rezaei et al., 2019)، علاوه بر این، درصد خندانی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در الجزیره بین ۹/۶۲ تا ۸۵/۷۵ درصد تخمین زده شد (Boualem et al., 2015). درصد خندانی و وزن مغز بیشتر به همراه درصد پوکی پایین، صفات مهم و تأثیرگذار در برنامه‌های اصلاحی پسته می‌باشد (Chao et al., 1997; Rezaei et al., 2019). از این رو، با در نظر گرفتن این صفات، می‌توان ژنوتیپ‌های 'SiC'، 'SiA₆' و 'SiA₁' را به‌عنوان ارقام برتر پسته معرفی نمود و به‌عنوان والد در برنامه‌های اصلاحی پسته مورد استفاده قرار داد.

از نظر درصد پوکی، ژنوتیپ‌های 'TaC' و 'SiA₆' به‌ترتیب بالاترین و پایین‌ترین درصد این صفت را دارا می‌باشند (جدول ۳). در پژوهش انجام‌شده روی ارقام بومی تونس، درصد پوکی بین ۲ تا ۶۲ درصد گزارش شد (Ghrab et al., 2012)، درحالی‌که درصد این صفت در ژنوتیپ‌های ایرانی بین ۲/۶۳ تا ۹۸/۴۶ درصد گزارش شد (Rezaei et al., 2019). در مطالعه اخیر، درصد پوکی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کمتر از درصد این صفت در ژنوتیپ‌های بررسی‌شده توسط رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2019) بود. تغذیه ضعیف، عدم گرده‌افشانی و کمبود آب طی گل‌انگیزی و رشد مغز، وقوع سقط جنین را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Abidi, 2016).

در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بالاترین درصد خندانی مربوط به ژنوتیپ SiC و پایین‌ترین درصد نیز متعلق به ژنوتیپ 'AbD' بود (جدول ۳)، درصد خندانی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها در تولید پسته

خوشه‌بندی براساس صفات کمی

خوشه‌بندی براساس صفات کمی مورد مطالعه، در فاصله ۱۵۰ واحد، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را به سه دسته تقسیم نمود. هر دسته دارای دو زیردسته بودند (شکل ۳). طبق این شکل، ژنوتیپ 'SiC' با دارا بودن بالاترین اندازه طول و عرض برگ و دانه به‌صورت جداگانه در گروه چهارم قرار گرفت.

پراکنش ژنوتیپ‌ها براساس صفات کمی

تجزیه پلات با استفاده از دو مؤلفه اصلی صفات کمی، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را به چهار دسته که اجزاء نزدیک هم دارند، تقسیم نمود. براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، مؤلفه اول ۴۰/۲۶ درصد واریانس کل را پوشش داد، درحالی‌که مؤلفه دوم ۱۸/۸۵ درصد واریانس کل را شامل شد (شکل ۴).

نتایج مربوط به سهم صفات کمی مورد استفاده در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که در شکل‌گیری مؤلفه اول، صفات پومولوژیکی میوه از قبیل وزن ۱۰۰ مغز (KW) (۰/۹۶)، طول مغز (KL) (۰/۹۲)، طول دانه (NL) (۰/۸۸) و وزن ۱۰۰ دانه (NW)

(۰/۸۷)، ضخامت دانه (NT) (۰/۸۶)، عرض دانه (NWi) (۰/۸۵)، ضخامت دانه (KT) (۰/۷۸) و عرض مغز (KWi) (۰/۷۵) بیشترین نقش را داشتند. همچنین در مؤلفه دوم، صفات ریخت‌شناختی مربوط به برگ شامل عرض برگچه انتهایی (TLW) (۰/۷۷)، فاصله به روز براساس باز شدن ۵۰ درصد گل‌ها (PBD) (۰/۷۱) و عرض کل برگ (LW) (۰/۶۹) داده‌های معنی‌داری را نشان دادند. نتایج حاصل صحت گروه‌بندی از طریق تجزیه خوشه‌ای را بیان می‌کند. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که در تجزیه خوشه‌ای در یک گروه واقع شدند، در شکل مربوط به تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز نزدیک یکدیگر قرار گرفتند. به‌طور مشابه در پژوهشی گزارش شد که مؤلفه اول به‌طور مثبت با صفات مرتبط با میوه مانند وزن دانه و مغز، طول و عرض دانه و مغز ارتباط دارد (Rezaei et al., 2019). علاوه‌بر این، نتایج پژوهش دیگری نشان می‌دهد که صفات مرتبط با دانه، برگ و برگچه در ژنوتیپ‌های پسته دارای داده‌های با معنی در مؤلفه اول بود و مؤلفه دوم به‌صورت معنی‌دار با صفات مرتبط با طول و عرض دانه و طول و عرض مغز در ارتباط بود (Karimi et al., 2009).

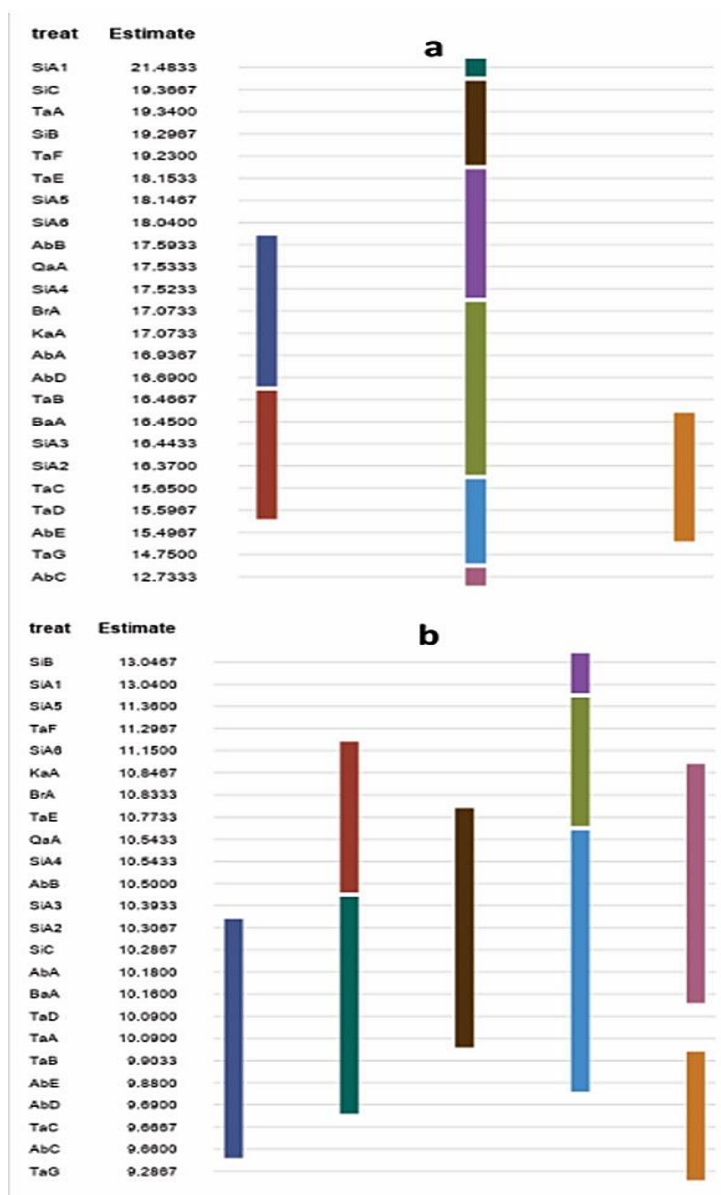
ادامه جدول ۳- میانگین $\pm$ خطای استاندارد (SD) صفات کمی اندازه‌گیری شده براساس توصیف‌نامه بین‌المللی در ژنوتیپ‌های مختلف پسته باغستان سنتی قزوین

Continued table 3- Mean $\pm$ standard error (SD) of quantitative traits measured according to the international description in different genotypes of Qazvin traditional orchard of pistachio

کد ژنوتیپ Genotype code	طول مغز KL	عرض مغز Kwi	ضخامت مغز KT	درصد خندانی SN	درصد پوکی BN
'AbA'	14.36 $\pm$ 0.08	8.08 $\pm$ 0.41	6.74 $\pm$ 0.06	44.50 $\pm$ 3.78	20.00 $\pm$ 0.76
'AbB'	14.45 $\pm$ 0.24	8.60 $\pm$ 0.17	7.28 $\pm$ 0.09	64.50 $\pm$ 3.32	12.00 $\pm$ 1.32
'AbC'	10.70 $\pm$ 0.29	7.14 $\pm$ 0.39	6.65 $\pm$ 0.17	47.00 $\pm$ 2.92	12.50 $\pm$ 1.15
'AbD'	14.18 $\pm$ 0.11	8.00 $\pm$ 0.04	6.27 $\pm$ 0.18	26.00 $\pm$ 2.02	15.50 $\pm$ 2.56
'AbE'	13.86 $\pm$ 0.31	8.07 $\pm$ 0.13	6.91 $\pm$ 0.09	53.50 $\pm$ 3.05	14.50 $\pm$ 2.51
'BaA'	14.30 $\pm$ 0.11	8.11 $\pm$ 0.16	7.58 $\pm$ 0.04	60.50 $\pm$ 3.51	17.50 $\pm$ 5.13
'BrA'	14.63 $\pm$ 0.39	8.06 $\pm$ 0.08	8.16 $\pm$ 0.11	60.50 $\pm$ 1.32	19.00 $\pm$ 4.64
'KaA'	15.16 $\pm$ 0.50	8.03 $\pm$ 0.15	7.36 $\pm$ 0.16	76.50 $\pm$ 3.32	9.50 $\pm$ 2.02
'QaA'	15.10 $\pm$ 0.23	8.72 $\pm$ 0.18	8.18 $\pm$ 0.11	61.50 $\pm$ 2.29	12.00 $\pm$ 1.80
'SiA1'	18.97 $\pm$ 0.15	10.25 $\pm$ 0.22	8.56 $\pm$ 0.14	75.50 $\pm$ 5.00	14.50 $\pm$ 2.56
'SiA2'	14.11 $\pm$ 0.10	8.30 $\pm$ 0.11	7.43 $\pm$ 0.14	77.50 $\pm$ 3.12	11.50 $\pm$ 1.32
'SiA3'	14.20 $\pm$ 0.07	8.39 $\pm$ 0.02	7.21 $\pm$ 0.20	73.50 $\pm$ 1.80	14.00 $\pm$ 2.17
'SiA4'	14.88 $\pm$ 0.24	8.23 $\pm$ 0.17	7.89 $\pm$ 0.15	71.00 $\pm$ 1.80	13.00 $\pm$ 1.04
'SiA5'	15.33 $\pm$ 0.06	8.26 $\pm$ 0.16	7.54 $\pm$ 0.17	46.00 $\pm$ 3.40	19.00 $\pm$ 1.80
'SiA6'	15.79 $\pm$ 0.13	8.48 $\pm$ 0.23	8.47 $\pm$ 0.25	78.00 $\pm$ 5.22	8.50 $\pm$ 1.52
'SiB'	16.73 $\pm$ 0.31	9.75 $\pm$ 0.13	8.55 $\pm$ 0.33	54.50 $\pm$ 3.21	14.50 $\pm$ 1.15
'SiC'	16.37 $\pm$ 0.09	7.62 $\pm$ 0.21	7.55 $\pm$ 0.19	81.00 $\pm$ 3.50	13.00 $\pm$ 1.32
'TaA'	16.02 $\pm$ 0.05	7.86 $\pm$ 0.11	6.85 $\pm$ 0.04	76.00 $\pm$ 1.60	12.50 $\pm$ 2.46
'TaB'	14.10 $\pm$ 0.18	8.05 $\pm$ 0.19	7.86 $\pm$ 0.17	66.00 $\pm$ 1.80	13.50 $\pm$ 2.17
'TaC'	13.23 $\pm$ 0.41	7.63 $\pm$ 0.11	6.39 $\pm$ 0.25	64.50 $\pm$ 3.96	21.00 $\pm$ 3.01
'TaD'	13.20 $\pm$ 0.09	7.90 $\pm$ 0.18	6.79 $\pm$ 0.09	59.00 $\pm$ 2.78	10.00 $\pm$ 1.04
'TaE'	14.97 $\pm$ 0.15	7.94 $\pm$ 0.05	7.37 $\pm$ 0.10	80.50 $\pm$ 1.80	11.00 $\pm$ 1.32
'TaF'	16.34 $\pm$ 0.26	8.41 $\pm$ 0.24	7.94 $\pm$ 0.15	52.50 $\pm$ 2.51	16.50 $\pm$ 2.56
'TaG'	12.40 $\pm$ 0.17	7.40 $\pm$ 0.11	7.26 $\pm$ 0.11	59.50 $\pm$ 6.60	14.50 $\pm$ 1.80

KL: طول مغز، KWi: عرض مغز، KT: ضخامت مغز، SN: درصد خندانی، BN: درصد پوکی

KL: Kernel Length (mm), KWi: Kernel Width (mm), KT: Kernel Thickness (mm), SN: Split nuts (%), BN: Blank nuts (%)

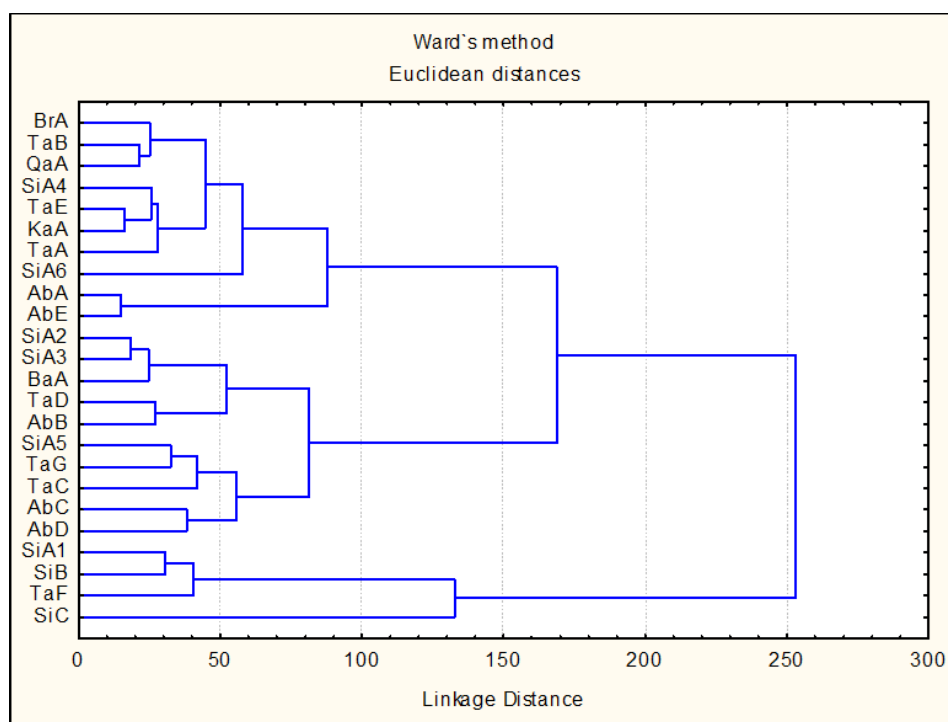


شکل ۲- صفات طول (a) و عرض (b) دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه پسته
 Figure 2- The nut length (a) and width (b) in the studied pistachio genotypes (DMRT, $p \leq 0.01$)

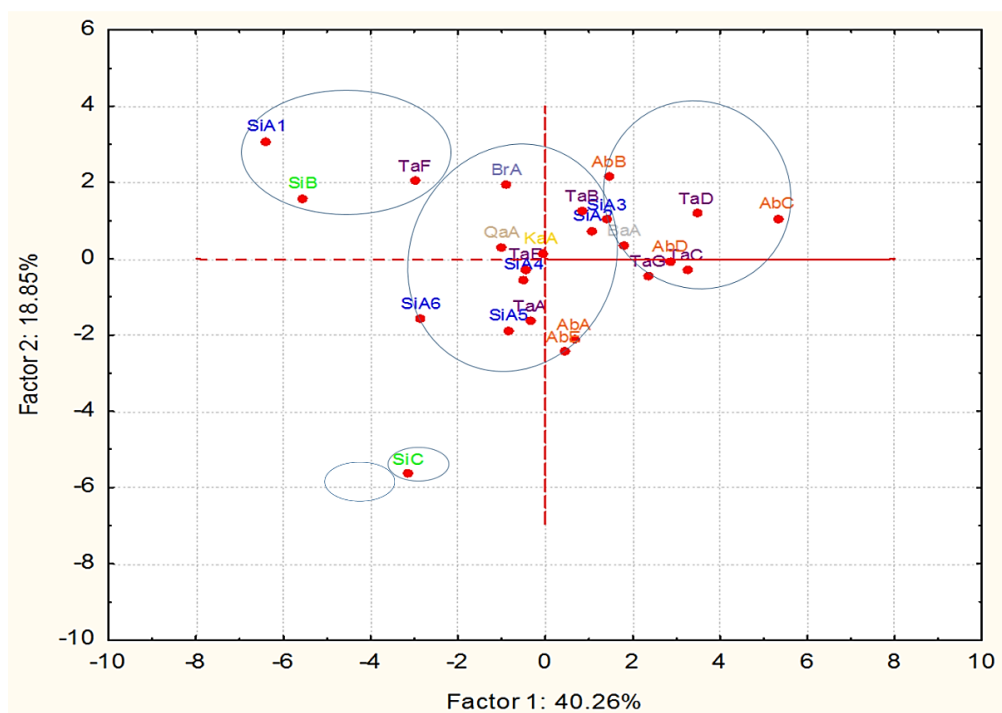
صفات کیفی

در مطالعه حاضر، براساس داده‌های شکل ۵ (a)، در اکثر ژنوتیپ‌های بررسی‌شده، شکل برگچه انتهایی به‌صورت نیزه‌ای پهن بود و این ویژگی در ۳۳/۳ درصد از ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. همچنین، اندازه برگچه انتهایی در ۷۵ درصد از ژنوتیپ‌ها مشابه اندازه برگچه‌های جانبی بود (شکل ۵ (b)). در تحقیقی که روی ژنوتیپ‌های امیدبخش پسته انجام گردید، مشخص شد که در ۴۷ درصد از ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی، شکل برگچه انتهایی نیزه‌ای پهن است، اما اندازه آن بزرگ‌تر از برگچه‌های جانبی بود (Neyshaburi et al., 2021). در خصوص ویژگی عادت شاخه‌دهی، شکل ۶ (a) نشان

می‌دهد که ۴۵/۸ درصد از ژنوتیپ‌ها دارای عادت شاخه‌دهی متراکم و ۳۳/۳ درصد دارای عادت شاخه‌دهی متوسط هستند. این نتایج با تحقیق نیشابوری و همکاران (Neyshaburi et al., 2021) تفاوت دارد، چرا که در مطالعه آن‌ها، بیشتر ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی دارای عادت شاخه‌دهی متوسط بودند. در زمینه عادت رشد نیز شکل ۶ (b) نشان می‌دهد که شکل تاج ۴۵/۸ درصد از ژنوتیپ‌ها (۱۱ ژنوتیپ) به‌صورت نیمه‌عمودی و ۳۷/۵ درصد (۹ ژنوتیپ) به‌صورت گسترده است. در مطالعه‌ای مشابه روی ژنوتیپ‌های امیدبخش پسته، عادت رشد ۱۱ ژنوتیپ به‌صورت گسترده و سایر ژنوتیپ‌ها به‌صورت نیمه‌عمودی و عمودی گزارش شده است.

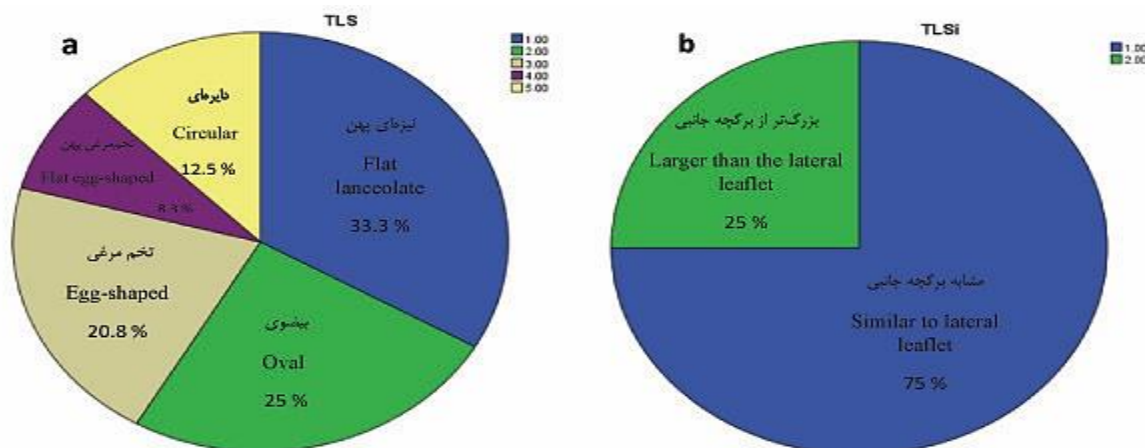


شکل ۳- خوشه‌بندی ژنوتیپ‌های پسته مورد مطالعه در باغستان سنتی قزوین براساس صفات کمی مطالعه‌شده
Figure 3- Clustering of pistachio genotypes studied in Qazvin traditional orchard based on quantitative traits studied

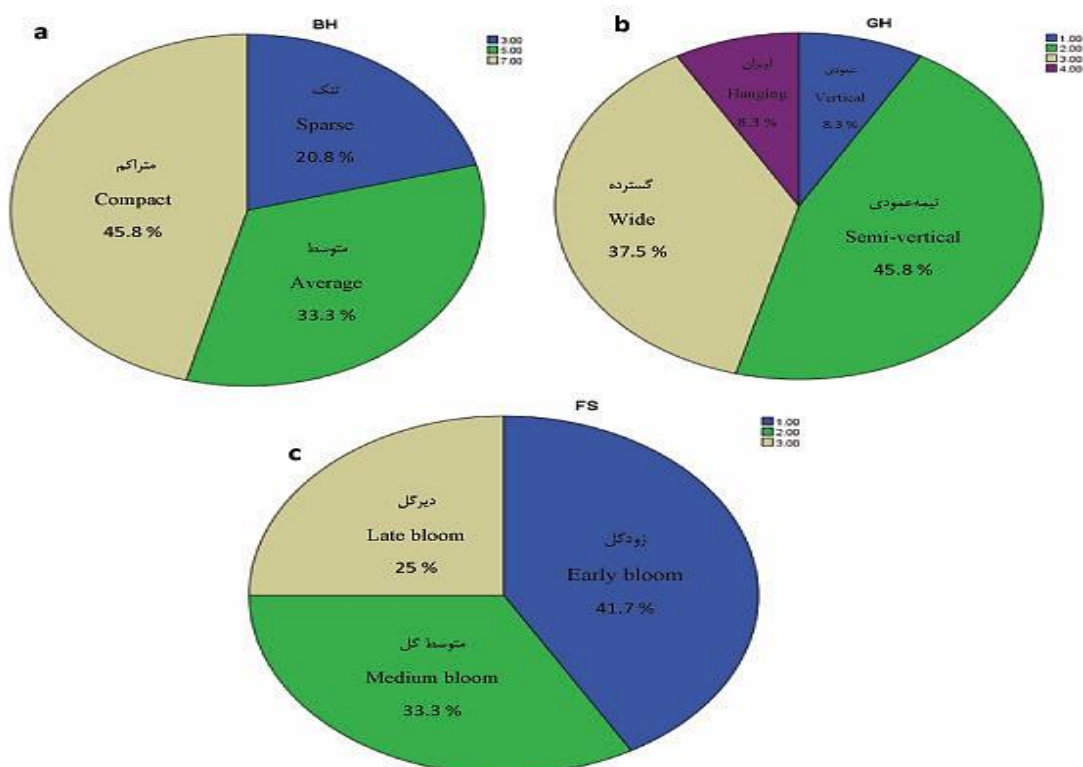


شکل ۴- پراکنش ژنوتیپ‌های مورد مطالعه پسته براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات کمی
Figure 4- Distribution of the studied genotypes of pistachio based on principal component analysis of quantitative traits
اسامی ژنوتیپ‌های با رنگ‌های مشابه نشان‌دهنده جمع‌آوری آن‌ها از یک باغ با فاصله جغرافیایی نزدیک است.

The names of the genotypes with similar colors indicate that they were collected from an orchard with a close geographical distance.



شکل ۵- فراوانی صفات کیفی شکل (TLS) (a) و اندازه (TLSi) (b) برگچه انتهایی در ژنوتیپ‌های پسته مورد مطالعه در باغستان سنتی قزوین
Figure 5- Frequency of qualitative traits of terminal leaflet shape (TLS) (a) and size (TLSi) (b) in the studied pistachio genotypes in Qazvin Traditional Orchard



شکل ۶- فراوانی صفات کیفی، شامل عادت شاخه‌دهی (a)، عادت رشد (b) و زمان گل‌دهی (c) در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه پسته در باغستان سنتی قزوین

Figure 6- Frequency of qualitative traits, including branching habit (a), growth habit (b), and flowering time (c) in the studied pistachio genotypes in Qazvin traditional orchard

هستند تا موجب افزایش تولید و کاهش درصد پوکی مغز شوند (Chao *et al.*, 2003). براساس شکل ۶ (c)، ۴۱/۷ درصد از ژنوتیپ‌های بررسی‌شده زودگل، ۳۳/۳ درصد متوسط‌گل و ۲۵ درصد دیرگل هستند. زمان گل‌دهی در درختان پسته دارای نوسانات جزئی از

یکی از مهم‌ترین صفات کیفی در بررسی پسته، زمان گل‌دهی است، زیرا پسته گیاهی دوپایه است و گل‌های ماده تنها برای مدت چهار روز قابلیت پذیرش دانه گرده را دارند. بنابراین، برنامه‌های اصلاحی نیازمند شناسایی ژنوتیپ‌های نر با دوره گل‌دهی طولانی

قرار گرفتند. نتایج به دست آمده از ارزیابی صفات مرتبط با میوه و مغز نشان داد که ژنوتیپ 'SiA₁' دارای بیشترین طول، عرض و ضخامت مغز بود و در ردیف ژنوتیپ‌های با درصد خندانی ۷۰ درصد به بالا قرار داشت، علاوه بر این، ژنوتیپ 'SiC' نیز تنها ژنوتیپ مورد مطالعه با برگ‌های سه برگچه‌ای خیلی بزرگ بود و بزرگ‌ترین سطح برگ را دارا بود و از لحاظ درصد خندانی و کیفیت مغز جزء ژنوتیپ‌های برتر به حساب می‌آمد، از این رو می‌توان این دو ژنوتیپ را به عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی و مطالعاتی در نظر گرفت.

سالی به سال دیگر است و عوامل متعددی از جمله نیاز سرمایی، زمان گل‌دهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند که این عامل مهم‌ترین عامل در تعیین زمان گل‌دهی در پسته است (Elloumi et al., 2013). از این رو، با بررسی شرایط آب‌وهوایی مناطق مختلف و تطبیق آن با زمان گل‌دهی ژنوتیپ‌های مختلف، می‌توان ژنوتیپ‌های مناسبی را برای پرورش در نواحی مختلف پیشنهاد کرد.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، ۲۴ ژنوتیپ پسته مادری پرورش یافته در باغستان سنتی قزوین براساس صفات ریخت‌شناختی مورد ارزیابی

References

- Abidi, W. (2016). Pomological and physical attributes of pistachio (*Pistacia vera* L.) varieties grown in west-central Tunisia. *Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology*, 28(4), 1582-1588.
- Boualem, S.A., Benabdeli, K., & Elouissi, A. (2015). Biochemical and biometrics characterization of five varieties of *Pistacia vera* L. grown in Maoussa experimental station (northwest of Algeria). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(4), 1120-1130.
- Chao, C.T., Parfitt, D.E., Ferguson, L., Kallsen, C., & Maranto, J. (1997, August). *Breeding and genetics of pistachio: The California program*. In II International Symposium on Pistachios and Almonds 470. pp. 152-161. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.470.21>
- Chao, C.T., Parfitt, D.E., Ferguson, L., Kallsen, C., & Maranto, J. (2003). Genetic analyses of phenological traits of pistachio (*Pistacia vera* L.). *Euphytica*, 129, 345-349. <https://doi.org/10.1023/A:1022206911350>
- Elloumi, O., Ghrab, M., Kessentini, H., & Mimoun, M.B. (2013). Chilling accumulation effects on performance of pistachio trees cv. Mateur in dry and warm area climate. *Scientia Horticulturae*, 159, 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.004>
- Ghrab, M., Zribi, F., Mimoun, M.B., & Rhouma, A. (2012). Morphological investigation of genetic diversity of pistachio (*Pistacia vera*) germplasm in arid land of Tunisia. *Plant Ecology and Evolution*, 145(3), 363-372. <http://dx.doi.org/10.5091/plecevo.2012.614>
- Kafkas, S.A.L.I.H., & Perl-Treves, R. (2001). Morphological and molecular phylogeny of *Pistacia* species in Turkey. *Theoretical and Applied Genetics*, 102, 908-915. <https://doi.org/10.1007/s001220000526>
- Kafkas, S., Ozkan, H., Ak, B., Acar, I., Atli, H., & Koyuncu, S. (2006). Detecting DNA polymorphism and genetic diversity in a wide pistachio germplasm: Comparison of AFLP, ISSR, and RAPD markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 131(4). <https://doi.org/10.21273/jashs.131.4.522>
- Kallsen, C.E., Parfitt, D.E., Maranto, J., & Holtz, B.A. (2009). New pistachio varieties show promise for California cultivation. *California Agriculture*, 63(1), 18-23.
- Karimi, H.R. (2012). Evaluation of the behavior of native Iranian pistachio species as rootstocks. *Journal of Nuts*, 4, 41-46. <https://doi.org/10.22034/JON.2013.515713>
- Karimi, H.R., Zamani, Z., Ebadi, A., & Fatahi, M.R. (2009). Morphological diversity of *Pistachio* species in Iran. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 56, 561-571. <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-008-9386-y>
- Kazankaya, A., Tufenkci, S., Balta, M.F., & Karadag, S. (2008). Nutrient contents and nut properties of pistachio (*Pistacia vera* L.) varieties. *Asian Journal of Chemistry*, 20(3), 2344.
- Khadiji, A. (2018). Assessment of genetic variability in pistachio (*Pistacia vera* L.) with nuclear SSR molecular markers. *Erwerbs-Obstbau*, 60(4), 289-294. <https://doi.org/10.1007/s10341-018-0372-z>
- Mashmoul, A., Hassani, A., Pirzad, A., & Azimi, J. (2013). Effect of chemical and biological phosphorus on some morphological characters of summer savory (*Satureja hortensis*). *International Journal of Plant Production*, 4, 184-188.
- Mirhosseini, B. (2022). The Sociology of the green wealth of the thousand-year-old traditional garden and the social life of Qazvin, Shama Avid Publishing House, Qazvin, Iran. 278 pp. (In persion)
- Neyshaburi, S., Rezaei, M., Movahednejad, M.H., Hokmabadi, H., & Heidari, P. (2021). Morphological and phenological characterizations of some male and female promising pistachio genotypes from an open-pollinated population. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 456-467. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1896982>

17. Parfitt, D., Kallsen, C., & Maranto, J. (1995). Pistachio cultivars. Center for Fruit and Nut Crop Research and Information, Pomology Department, University of California, Davis CA, 43-46.
18. Pazouki, L., Mardi, M., Shanjani, P.S., Hagidimitriou, M., Pirseyedi, S.M., Naghavi, M.R., Avanzato, D., Vendramin, E., Kafkas, S., Ghareyazie, B., Ghaffari, M.R., & Khayam Nekoui, S.M. (2010). Genetic diversity and relationships among *Pistacia* species and cultivars. *Conservation Genetics*, 11, 311-318. <https://doi.org/10.1007/s10592-009-9812-5>
19. Rezaei, M., Hokmabadi, H., Khadivi, A., Safari-Khuzani, A., & Heidari, P. (2019). The selection of superior pistachio (*Pistacia vera* L.) genotypes among seedling trees originated from open-pollination. *Scientia Horticulturae*, 251, 88-100. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.083>
20. Shahbazi, M., Kermanshahani, S., Ahmadi, H., Jamshidi, M., Kakvand, P., & Rezaei, H. (2020). Indigenous knowledge of flood management and floodwater spreading in Qazvin traditional garden; deserves a new look at conservation and restoration. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 8(1), 1-12. (In Persian with English abstract)
21. Shrafati, A. (2015). *Applied Pistachios*, Agricultural Education Research Publications, Tehran, Iran. 123 pp. (In persian)
22. Yarılgac, T., & Yalcin, M. (2007, November). *Pomological characteristics of pistachio (Pistacia vera L.) varieties grown in Gaziantep province*. In I Balkan Symposium on Fruit Growing 825 (pp. 207-212). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.825.32>