

## Study of promising Iranian *Punica granatum* L. genotypes based on morphological and pomological characteristics

Maryam Farsi<sup>1</sup>, Mansoor Kalantar<sup>1</sup>, Mehrshad Zeinalabedini<sup>2\*</sup>(ORCID: 0000000234364334), Mohammad Reza Vazifeshenas<sup>3</sup>, Reyhaneh Asgarpour<sup>4</sup>

1. Department of Plant Breeding, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.

2. Department of Systems Biology, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

3. Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

4. Department of Systems Biology, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Correspondence:

Mehrshad Zeinalabedini

Email: [m.zeinolabedini@abrii.ac.ir](mailto:m.zeinolabedini@abrii.ac.ir)

Received: 16, May 2024

Accepted: 21, Aug. 2024

### How to cite:

Farsi, M., Kalantar, M., Zeinalabedini, M., Reza Vazifeshenas, M., & Asgarpour, R. (2024). Study of promising Iranian *Punica granatum* L. genotypes based on morphological and pomological characteristics. *Crop Biotechnology*, 14 (3), 1-14. (DOI: [10.30473/cb.2024.71803.1974](https://doi.org/10.30473/cb.2024.71803.1974))

### ABSTRACT

*Punica granatum* L. is a valuable fruit tree that exhibits favorable genetic diversity in Iran. The investigation of genetic diversity is the basis of plant breeding and is of particular importance. For this purpose, 38 morphological and pomological traits of 30 pomegranate genotypes were evaluated over two consecutive years. The results indicated that the genotypes displayed a high diversity in the studied traits, with the exception of the presence of anthocyanin in the branch of this year, aril color, fruit size, fruitful flower size, and intermediate cut of the leaf. The physiological disorder of fruit skin sensitivity to bursting had a positive correlation with fruit skin sensitivity to sunburn, but it showed a negative relationship with fruit skin thickness and tree mean yield. A positive correlation was observed between fruit size and fruitful flower size, and between fruitful flower percentage and flower position. The results of the principle component analysis revealed that the characteristics of fruit skin sensitivity to bursting, tree mean yield, fruit skin thickness, flower position, and fruit shape were the most key traits in determining the diversity between the studied genotypes. Based on the results of cluster analysis, the genotypes were divided into three groups, and the first group included genotypes with the lowest fruit skin sensitivity to bursting and sunburn. Among the cultivars studied, Rabab Malas Fars, Garch-shahvar, Shahvar-ghasdasht, and Malas-Yazdi could be considered superior and desirable cultivars due to their low sensitivity to bursting and sunburn, as well as their high fruit number and tree yield. The results of this study indicated that utilizing morphological and pomological traits through detailed statistical analyses can aid in the identification and selection of superior pomegranate genotypes. This approach can facilitate the improvement of breeding programs and enhance the productivity of this valuable crop.

### KEY WORDS

*Punica granatum*, multivariate analyses, genetic diversity, functional traits.





## مقدمه

*Punica granatum L.* گیاهی بومی آسیای مرکزی، به‌ویژه ایران بوده که در دیگر نقاط جهان نیز پراکنده است (Verma *et al.*, 2010). کشت گسترده انار در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری در شرایط تغییر اقلیم بیانگر سازگاری و انعطاف‌پذیری بالای این گونه گیاهی است (Da Silva *et al.*, 2013). ایران با تولید سالانه بیش از یک میلیون تن و سطح زیر کشت بالغ بر ۸۹۴۰۰ هکتار، یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان انار در دنیا به‌شمار می‌رود (FAO, 2022). براساس آمارهای موجود، در بین کشورهای تولیدکننده انار در جهان، ایران یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان این محصول است، و به‌دلیل وجود تنوع بالایی از نظر ویژگی‌های ژنوتیپی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مراکز ذخایر ژنتیکی شناخته می‌شود. ایستگاه تحقیقات منابع ژنتیکی گاریگالا در کشور ترکمنستان با گردآوری ۱۱۱۷ ژنوتیپ در رتبه اول قرار دارد. پس از آن، کلکسیون مؤسسه تحقیقات گیاهی واولوف در سن پترزبورگ روسیه با ۸۰۰ ژنوتیپ در مقام دوم و کلکسیون ایستگاه تحقیقات انار یزد با مجموع ۷۶۲ ژنوتیپ در مقام سوم جهان قرار دارد (Holland *et al.*, 2009).

استفاده از ارقام گیاهی اصلاح شده با عملکرد کمی و کیفی بالا و سازگارتر با عوامل محدود کننده زیستی و غیر زیستی، مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین راهکار برای افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد (Eiadathong *et al.*, 2000). از اقدامات اساسی که قبل از انجام هر برنامه اصلاحی باید مورد توجه قرار گیرد، دستیابی به تنوع ژنتیکی موجود برای صفات مورد نظر است تا به‌نژادگر به نحو مطلوبی به خصوصیات ذخایر ژنتیکی آگاهی کامل حاصل نماید. در واقع، تنوع ژنتیکی اساس اصلاح گیاهان بوده و از اجزای مهم پایداری نظام‌های زیستی به‌شمار می‌آید. از این‌رو، بررسی آن از اهمیت خاصی برخوردار است (Mohammadi and Prasanna, 2003). از تنوع ژنتیکی همراه با اطلاعات مختلف از ژرم پلاسما، می‌توان در انتخاب ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های به‌نژادی گیاهان مختلف و حفاظت از منابع ژنتیکی استفاده کرد (Zarkti *et al.*, 2010).

یکی از مفیدترین روش‌های بررسی تنوع ژنتیکی، بررسی تنوع و تعیین قرابت ژنتیکی بین ارقام و توده‌ها، به‌وسیله شاخص‌های مورفولوژیک است. بررسی صفات متمایز و مشخص برای شناسایی، تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی مجموعه ژرم پلاسما بسیار مفید و ضروری است (Martinez-Nicolas *et al.*, 2016). نشانگرهای مورفولوژیک، حاصل جهش‌ها و تنوع قابل رؤیت در مورفولوژی گیاه بوده و از جمله نخستین نشانگرهای مورد استفاده در برنامه‌های به‌نژادی به‌شمار می‌آیند که از زمان‌های بسیار دور مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ البته صفات مهم و اقتصادی گیاهان باغی عمدتاً توسط چند ژن کنترل می‌شوند و تحت تأثیر محیط قرار دارند (Alsaed *et al.*, 2009). خصوصیات کیفی چهار رقم انار ر شد یافته در عمان را مورد بررسی قرار داده‌اند. تفاوت معنی‌داری در بین ارقام از نظر اندازه میوه، رنگ پوست میوه، اندازه آریل، اسیدیته قابل تیتراسیون و مقدار آب میوه مشاهده گردید، به‌خصوص آب میوه واریته‌های وحشی حدود ۸ برابر اسیدی‌تر از دیگر ارقام مورد مطالعه بود. با بررسی ۱۷ رقم انار از منطقه بتلیس، تنوع قابل توجهی در وزن میوه، طول میوه و عرض میوه گزارش نمودند (Volkan *et al.*, 2015). همچنین، میر و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی ده رقم انار از لحاظ ویژگی‌های مختلف فیزیکی میوه گزارش نمودند که صفات وزن میوه، قطر میوه و حجم میوه ضریب تغییرات بیشتری را نسبت به سایر صفات داشتند. March and Marrakech (1991) نیز با انجام برخی مطالعات براساس مقایسات مورفولوژیک به‌منظور مشخص نمودن چند شکلی درون ذخایر بومی انار، تنوع فنوتیپی قابل توجهی را در میان ژنوتیپ‌ها گزارش نمودند. صفات مورفولوژیک ۱۱۷ ژنوتیپ انار در استان یزد نشان داد که شکل پایین میوه و شکل میوه بر پایه شاخص شانون از تنوع بالایی برخوردار است (Zahravi and Vazifeshenas, 2017). روی ۲۱ صفت میوه از ۱۸ ژنوتیپ انار در جنوب جالیسکو، مکزیک مطالعه کرده و دریافتند که اندازه و وزن میوه مهم‌ترین متغیرها هستند. Tapia Campos *et al.* (2021) نیز تنوع بالایی (CV=30.5%) بین ژنوتیپ‌های انار مورد مطالعه از نظر وزن میوه مشاهده کردند (Karap Tsi *et al.*, 2021). تشخیص دقیق ژنوتیپ‌ها برای پرورش و تجارت ارقام انار و به‌منظور

کشاورزی و باغبانی شود. این مطالعه به دنبال فراهم کردن اطلاعات پایه‌ای و کاربردی جهت بهبود برنام‌های اصلاحی، افزایش بهره‌وری تولید انار و معرفی ارقام جدید در آینده انجام شده است.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تنوع کلکسیون انار در کشور، تعداد ۳۰ ژنوتیپ امیدبخش موجود در کلکسیون انار استان یزد و اصفهان براساس مطالعات قبلی انجام شده (Farsi et al., 2023) انتخاب گردید (جدول ۱) و خصوصیات مورفولوژیک و پومولوژیک آنها طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ مورد ارزیابی قرار گرفت.

مدیریت کارآمد برنامه‌های به‌نژادی آینده، امری حیاتی است (Sarkhosh et al., 2011). هرچند تعداد گونه‌های جنس *Punica* بسیار کم است، اما به علت تاریخچه طولانی کشت انار در ایران، تنوع مورفولوژیک بسیار بالایی در داخل ارقام و ژنوتیپ‌های موجود در کشور مشاهده می‌شود، ولی مستندات قوی مبتنی بر تفاوت بین این نمونه‌ها وجود ندارد.

هدف از این مطالعه، ارزیابی دقیق ویژگی‌ها و معرفی ژنوتیپ‌های امیدبخش انار از طریق تجزیه و تحلیل صفات مورفولوژیک است. با توجه به تنوع ژنتیکی موجود در کلکسیون انار کشور و مطالعات قبلی انجام شده در آن و نیز اهمیت اقتصادی-تغذیه‌ای این محصول، بررسی و ارزیابی صفات مختلف در ژنوتیپ‌های امیدبخش می‌تواند منجر به شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر با خصوصیات مطلوب

### جدول ۱. اطلاعات ژنوتیپ‌های انار مورد بررسی

Pomegranate, multivariate analyses, genetic diversity, functional traits. Information of the studied pomegranate genotypes

نام ژنوتیپ Genotype Name.	کد ژنوتیپ Genotype Code.	شماره No.	نام ژنوتیپ Genotype Name.	کد ژنوتیپ Genotype Code.	شماره No.
Siahnar-Behshahr	9-141	۱۶	Robab-malas-Kazeron	3-119	۱
سیاهنار بهشهر Babolsar	9-165	۱۷	رباب ملس کازرون Bihasteh-Jahrom	3-215	۲
بابلسر Ghermez-Gorgan	9-166	۱۸	بی هسته جهرم Sabz-Ghasrdasht	3-229	۳
قرمز گرگان Yek-Kiluei	11-224	۱۹	سبز قصرالدشت Tashtoo-Estahban	3-255	۴
یک کیلویی Eikhosh-Lariz-sistan	11-334	۲۰	تشتو استهبان Esfahani-malas	3-271	۵
ایخوش لاریز سیستان Toughi-Varamin	12-139	۲۱	اصفحانی ملس Oud-Neiriz	3-287	۶
طوقی ورامین Vahshi-Kan	12-160	۲۲	عود نیریز Robab-Torsh	3-297	۷
وحشی کن Shahpar-Pishva	12-170	۲۳	رباب ترش Gelobarike-Isfahan	3-301	۸
شهرپه پیشوا Shahpar-Varamin	12-181	۲۴	گلوباریک اصفهان Khajei-Ghasrdasht	3-319	۹
شهرپه ورامین Garch-Shahvar	14-110	۲۵	خاچه ای قصردشت Shahvar-Ghsrdasht	3-320	۱۰
قرچ شهوار Shirin-Shahvar	14-121	۲۶	شهوار قصرالدشت Robab-malas-Fars	3-323	۱۱
شیرین شهوار Malas-Yazdi	14-125	۲۷	رباب ملس فارس Asali-Sarvestan	3-333	۱۲
ملس یزدی Aban-Mahi	14-144	۲۸	عسلی سروستان Farugh-Neiriz	3-339	۱۳
آبان ماهی Abarnadabad	14-233	۲۹	فروغ نی ریز Sorkh-Torsh-Shahreza	5-190	۱۴
آبرنادآباد Tablarz-Yazd	14-342	۳۰	سرخ ترش شهررضا Ardestani-Ghermez	5-248	۱۵
تب لرز یزد			اردستانی قرمز		

پاجوش، میزان خار بر روی شاخه چوبی بالغ، سطح شاخه چوبی و میزان آنتوسیانین در شاخه سال جاری؛ ۲- صفات زایشی: اندازه گل مثمر، قطر جام، رنگ گلبرگ، درصد گل‌های مثمر، عادت گل‌دهی، محل تشکیل گل و موقعیت گل؛ ۳- صفات پومولوژیک: اندازه و شکل میوه، ضخامت پوست، طعم، رنگ پوست، شکل تحتانی، شکل پاشنه، شکل تاج، تقارن میوه، حساسیت پوست میوه به آفتاب سوختگی و ترکیب‌گی، زمان رسیدن میوه، رنگ پیه، رنگ حبه، اندازه و رنگ دانه و ۴- ارزیابی برخی از صفات فیزیولوژی یک عملکردی میوه: تعداد میوه‌های درخت، وزن متوسط میوه و عملکرد متوسط درخت (جدول ۲).

در این پژوهش، تعداد ۳۸ صفت مورفولوژی یک مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت که شامل صفات رویشی، زایشی، پومولوژیک و برخی از ویژگی‌های عملکردی بود. صفات مورد ارزیابی در این تحقیق کیفی بوده و در ابتدا به منظور انجام هرگونه آنالیز، داده‌های کیفی اندازه‌گیری شده براساس دستورالعمل ملی آزمون‌های تمایز، یکنواختی و پایداری انار به امتیازهای کمی تبدیل شدند. صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده به صورت زیر دسته بندی شدند: ۱- صفات رویشی: شکل نوک برگ، حاشیه برگ، نسبت طول به عرض برگ، نسبت طول دمبرگ به رگبرگ اصلی، بریدگی میانی برگ، وجود غده جانبی برگ، شکل تاج و قدرت رشدی درخت، میزان

**جدول ۲. لیست صفات اندازه‌گیری در پژوهش حاضر به همراه علائم اختصاری**

**Table 2. The list of measured attributes in the present study along with abbreviations**

Code. کد	Adjective. نام صفت	No. شماره	Code. کد	Adjective. نام صفت	No. شماره
FS	Fruit Size سایز میوه	۲۰	TCS	Tree Crown Shape شکل تاج درخت	۱
FST	Fruit Skin thickness ضخامت پوست میوه	۲۱	TGP	Tree Growth Power قدرت رشد درخت	۲
SAS	Stick Arils to Skin and Albedo نسبت آریل به پوست و آلبیدو (مزوکارپ)	۲۲	SU	Sucker مکنده	۳
FSSB	Fruity Skin Sensitivity to Burst حساسیت پوست میوه به ترکیدن	۲۳	WSWB	Wood Surface of Wooden Branch سطح چوب شاخه چوبی	۴
FSSS	Fruit Skin Sensitivity to Sunburn حساسیت پوست میوه به آفتاب سوختگی	۲۴	TMB	Thorn in Mature wood Branch خار شاخه چوب	۵
FF	Fruit Flavor طعم میوه	۲۵	ABTY	Anthocyanin on Branch of This year آنتوسیانین در شاخه امسال	۶
FRT	Fruit Ripening Time زمان رسیدن میوه	۲۶	ICL	Intermediate Cuts of Leaves برش میانی برگ	۷
FSC	Fruit Skin Color رنگ پوست میوه	۲۷	LTS	Leaf Tip Shape شکل نوک برگ	۸
FRS	Fruit Shape شکل میوه	۲۸	LM	Leaf Margin حاشیه برگ	۹
FBS	Fruit Bottom Shape شکل پایین میوه	۲۹	PC	Petiole Color رنگ دمبرگ	۱۰
FCS	Fruit Crown Shape شکل تاج میوه	۳۰	LLG	Leaf Lateral Gland غده جانبی برگ	۱۱
FSY	Fruit symmetry تقارن میوه	۳۱	LWLR	Length-to-width Leaf Ratio نسبت طول به عرض برگ	۱۲
FHS	Fruit Heel Shape شکل پاشنه میوه	۳۲	PMVR	Petiole to Middle Vein Ratio نسبت دمبرگ به رگ میانی	۱۳
AC	Aril Color رنگ آریل	۳۳	FP	Flower Position موقعیت گل	۱۴
SS	Seed Size اندازه بذر	۳۴	FFS	Flower Formation Site محل تشکیل گل	۱۵
SC	Seed Color رنگ دانه	۳۵	DFH	Dominant Flowering Habit عادت غالب گلدهی	۱۶
NFT	Number of Fruits in Tree تعداد میوه در درخت	۳۶	FFP	Fruitful Flowers Percentage درصد گل‌های مثمر	۱۷
FMW	Fruit Mean Weight (g) میانگین وزن میوه (گرم)	۳۷	FCD	Flower Cup Diameter قطر فنجان گل	۱۸
TMY	Tree Mean Yield (kg) میانگین عملکرد درخت (کیلوگرم)	۳۸	FRFS	Fruitful Flower Size اندازه گل مثمر	۱۹

ژنوتیپ‌های برتر استفاده نمود. براساس توزیع فراوانی، تنوع بالایی بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات از جمله شکل تحتانی میوه (FBS)، شکل پاشنه میوه (FHS)، رنگ بذر (SC)، تعداد پاجوش (SU)، تعداد خار بر روی شاخه چوبی بالغ (TMB) و قدرت رشد درخت (TGP) مشاهده شد، ولی شاخصی از نظر صفات اندازه میوه (FS)، رنگ آریل (AC) و اندازه گل متمر (FRFS) بین ژنوتیپ‌ها وجود نداشت (شکل ۱).

در مطالعات مختلف که برای بررسی تنوع ژرم پلاسم انار انجام شده است، تنوع بسیار زیادی در خصوصیات مورفولوژیک میوه و خصوصیات بیوشیمیایی آب میوه انار در میان ژنوتیپ‌های کشور ترکیه (Caliskan and Bayazit, 2013) و ایران (Akbarpour *et al.*, 2009) و تنوع مورفولوژیک گسترده‌ای برای ژرم پلاسم انار در اردن (Awamleh *et al.*, 2009) و مراکش (Haddioui, 2012) گزارش شده است. Karaptesis *et al.* (2021) نیز در مطالعه ۲۶ ژنوتیپ انار از کلکسیون مصر گزارش کردند که ژنوتیپ‌ها از نظر وزن میوه از تنوع مطلوبی برخوردار بودند. Welkan *et al.* (2015) با بررسی ۱۷ رقم انار از منطقه بتلیس تنوع قابل توجهی در وزن میوه، طول میوه و عرض میوه گزارش نمودند. صفات مورفولوژیک ۱۱۷ ژنوتیپ انار در استان یزد نشان داد که شکل پایین میوه و شکل میوه بر اساس شاخص شانون از تنوع بالایی برخوردار است (Zahravi and Vazifeshenas, 2017). با مطالعه ۲۱ صفت میوه از ۱۸ ژنوتیپ انار در جنوب جالیسکو دریافتند که اندازه و وزن میوه مهم‌ترین متغیرها هستند.

Tapia Campus *et al.* (2021) در بررسی صفات تنوع پومولوژیک و شیمیایی ۴۹ نمونه انار از کشورهای اروپای جنوبی نیز تنوع بالایی در صفات مورد مطالعه از جمله وزن میوه و صد دانه، ضخامت و رنگ پوست میوه مشاهده شد (Bartual *et al.*, 2022). هشت صفت مورفولوژیک و پومولوژیک حائز اهمیت برای پرورش انار در ۹۴ نمونه از ژرم پلاسم انار اسپانیا مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که صفات زمان رسیدن میوه، رنگ پوست میوه و سختی دانه از تنوع بالایی بین نمونه‌ها برخوردار بودند (Zuriaga *et al.*, 2024).

به‌منظور اندازه‌گیری صفات پومولوژیک، نمونه‌برداری میوه همزمان با رسیدن آن‌ها آغاز گردید و خصوصیات مورفولوژیک و صفات رشدی درخت برای هر یک از ارقام بر اساس مقالات موجود و تو صیف نامه انار اندازه‌گیری شد. برای هر صفت پومولوژیک از هر ژنوتیپ حداقل هشت نمونه جهت مطالعه و اندازه‌گیری صفات به آزمایشگاه منتقل و برای هر صفت میانگین هشت نمونه در نظر گرفته شد. به‌منظور افزایش دقت در تجزیه و تحلیل اطلاعات مورفولوژیک، این طرح به‌صورت تکرار دار طی چهار سال انجام شد و در نهایت برای آنالیزهای آماری از میانگین داده‌ها استفاده گردید.

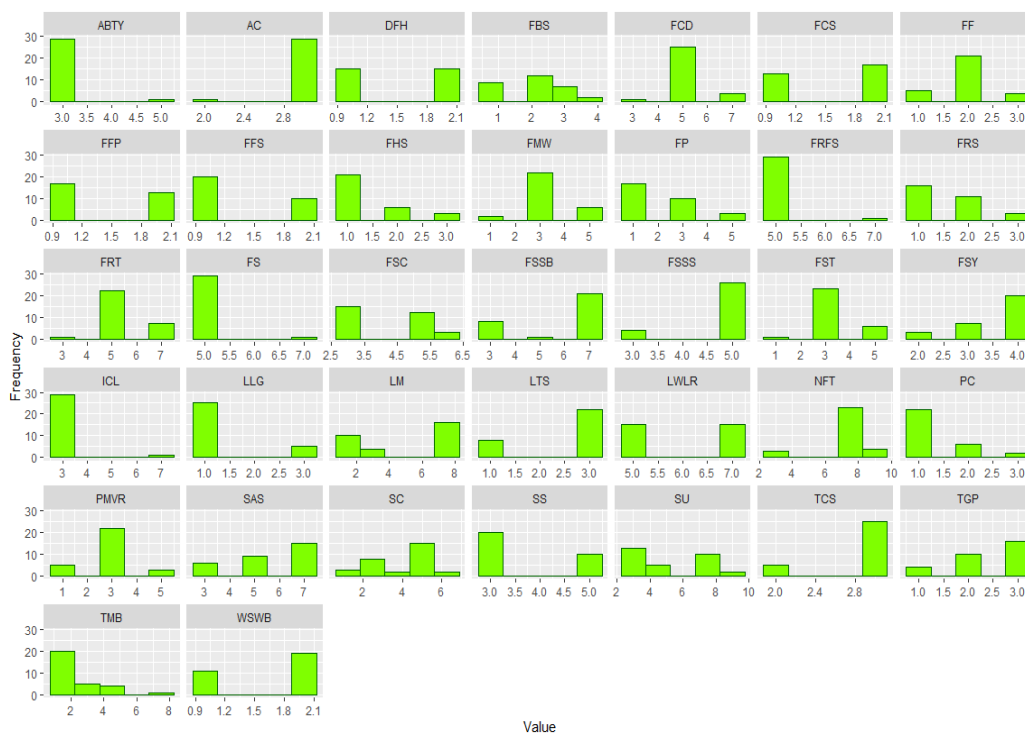
### تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تعیین همبستگی بین ویژگی‌های مورد ارزیابی، از همبستگی اسپیرمن با استفاده از بسته "corrplot" در نرم‌افزار R استفاده شد. داده‌های مورفولوژیک و پومولوژیک با استفاده از تحلیل خوشه‌ای بر اساس فاصله اقلیدسی و روش وارد تحلیل شده و به‌صورت نقشه حرارتی نیز نمایش داده شدند. علاوه بر این، ساختار جمعیتی ژنوتیپ‌های انار مورد استفاده در این مطالعه از طریق الگوریتم خوشه‌بندی بیزی با استفاده از بسته "apcluster" در نرم‌افزار R ارزیابی شد. تعداد بهینه زیرجمعیت‌ها (K) با استفاده از معیار کالینسکی-هاراباش (CHC) برای خوشه‌بندی K-means تعیین گردید.

برای شناسایی صفاتی که بیشترین تغییرپذیری را در گروهی از ژنوتیپ‌ها ایجاد می‌کنند، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) بر روی تمام متغیرها به‌طور همزمان انجام شد. تمامی تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار R انجام شدند.

### نتایج و بحث

نتایج بررسی تنوع صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های مورد بررسی به کمک نمودارهای فراوانی نشان داد که تنوع مطلوبی بین ۳۰ ژنوتیپ مورد بررسی انار وجود دارد. بسیاری از صفات مهم اقتصادی مانند طعم میوه (FF)، وزن میوه (FMW) و زمان رسیدگی میوه (FRT)، دارای ژنوتیپ‌های با دو حد آستانه‌ای بودند (شکل ۱) که می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی و یا طرح‌های تلاقی جهت دستیابی به



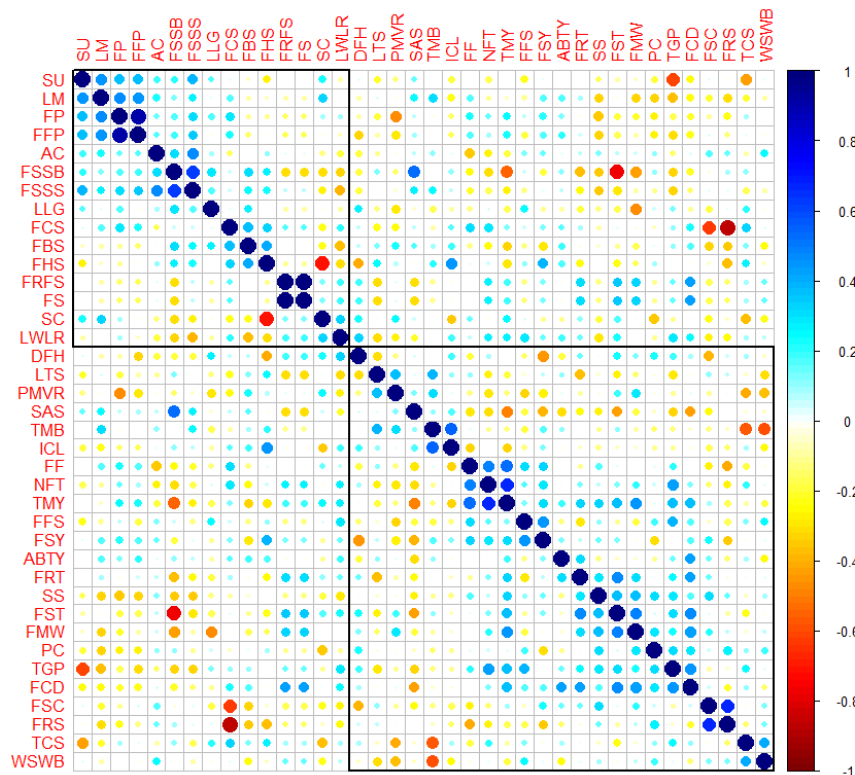
شکل ۱. فراوانی صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های مختلف کلکسیون انار

Figure 1. Frequency of traits measured in different genotypes of pomegranate collection

انار از جمله مهم‌ترین مشکلات تولید انار در دنیا به‌خصوص در مناطق گرم و خشک است که کاشت آن را با محدودیت مواجه می‌کند. این دو عارضه فیزیولوژیک قبل از برداشت، کیفیت و قابلیت انبارداری میوه را به‌طور جدی کاهش می‌دهد. اثر تشدیدکننده آفتاب سوختگی بر ترکیب میوه در پژوهش‌های پیشین گزارش شده‌است که به‌دلیل خشکی پوست در میوه‌های آفتاب‌سوخته، ترک‌خوردن میوه نیز مشاهده می‌شود. سوی دیگر، حساسیت پوست میوه به ترکیب میوه با ضخامت پوست میوه (FST) داشت (Yazici and Kaynak, 2009; Shakeri and Sadat, 2000; Hepaksoy *et al.*, 2003; akhavi, 2003) (شکل ۲). ارقام دارای میوه‌هایی با پوست ضخیم، احتمال ترکیب میوه در آنها کمتر خواهد بود. ارقامی مانند رباب ملس فارس، رباب ملس کازرون و خواجه قصر دشت دارای پوستی ضخیم‌تر از بقیه ارقام مورد مطالعه بوده و حساسیت آنها به ترکیب میوه نیز پایین بود. در بررسی تنوع مورفولوژیک و پومولوژیک ۲۲۱ ژنوتیپ انار نیز چنین نتیجه‌ای را مشاهده کردند (Razi *et al.*, 2021).

نتایج تجزیه همبستگی ساده صفات وجود همبستگی‌های منفی و مثبت معنی‌دار بین برخی صفات مهم را نشان داد. از جمله اندازه میوه (FS) با اندازه گل متمرکز (FRFS) همبستگی بالا و معنی‌داری با همدیگر داشتند (شکل ۲). با مطالعه همبستگی بین ۲۸ صفت کمی و کیفی میوه ۲۴ ژنوتیپ انار مشاهده کردند که صفات مورد بررسی دارای همبستگی معنی‌دار هستند که نشان‌دهنده تنوع و ارتباط بین صفات می‌باشد (Sarkhosh *et al.*, 2005).

نتایج همبستگی صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های انار نشان داد که حساسیت پوست میوه به آفتاب‌سوختگی (FSSB) با حساسیت میوه به ترکیب میوه (FSSS) همبستگی مثبت معنی‌داری داشتند که این امر نشان می‌دهد هرچه میزان حساسیت پوست میوه به آفتاب سوختگی بیشتر باشد، به همان میزان میوه دچار ترکیب میوه خواهد شد که می‌تواند به این علت باشد که پوست آسیب دیده در اثر آفتاب، یکپارچگی چربی‌های سلولی، پروتئین‌ها و غشاء خود را از دست داده و در نتیجه دچار ترک‌خوردگی می‌گردد. دو عارضه آفتاب‌سوختگی و ترکیب میوه



شکل ۲. تجزیه همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده کلکسیون انار

Figure 2. Correlation analysis between measured traits of pomegranate collection

میانگین عملکرد درخت دارای ارتباط منفی با حساسیت پوست میوه به ترکیدگی بود. اثر منفی ترکیدگی پوست میوه انار بر عملکرد توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Chandra *et al.*, 2011). پدیده نامطلوب ترکیدگی پوست میوه می‌تواند تا ۶۵ درصد باعث کاهش عملکرد شود (Singh *et al.*, 2020) که این میزان در میان ارقام، متفاوت است. طیف وسیعی از تنوع (۱۸/۳-۶۲/۶ درصد) را در ترک‌خوردگی میوه در ارقام مختلف انار در منطقه خشک مشاهده کردند (Sing *et al.*, 2014).

اندازه گل بارور (FRFS) همبستگی مثبت با اندازه میوه (FS)، میانگین وزن میوه (FMW)، ضخامت پوست میوه (FST) و زمان رسیدن میوه (FRT) داشت (شکل ۲). رقم رباب ملس فارس دارای بزرگ‌ترین اندازه میوه بود که بزرگ‌ترین اندازه گل بارور نیز به همین رقم تعلق داشت. در واقع، هرچه اندازه گل بارور بزرگ‌تر باشد، در نتیجه تعداد تخمک موجود در آن افزایش یافته و نهایتاً میزان کیفیت تشکیل میوه نیز بالا رفته و طبیعتاً با افزایش تعداد

صفت نسبت طول به عرض برگ (LWLR) رابطه منفی با حساسیت پوست میوه به آفتاب‌سوختگی و ترکیدگی داشت (شکل ۲) که بیانگر این موضوع است که هرچه سطح برگ بالاتر باشد، محافظت بیشتری از میوه‌ها در برابر تشعشعات خورشید فراهم می‌شود. بنابراین، در مناطقی که دارای میزان تابش بالای خورشید هستند، انتخاب ارقام با سطح برگ بیشتر می‌تواند به کاهش خسارت آفتاب‌سوختگی و ترکیدگی کمک کند.

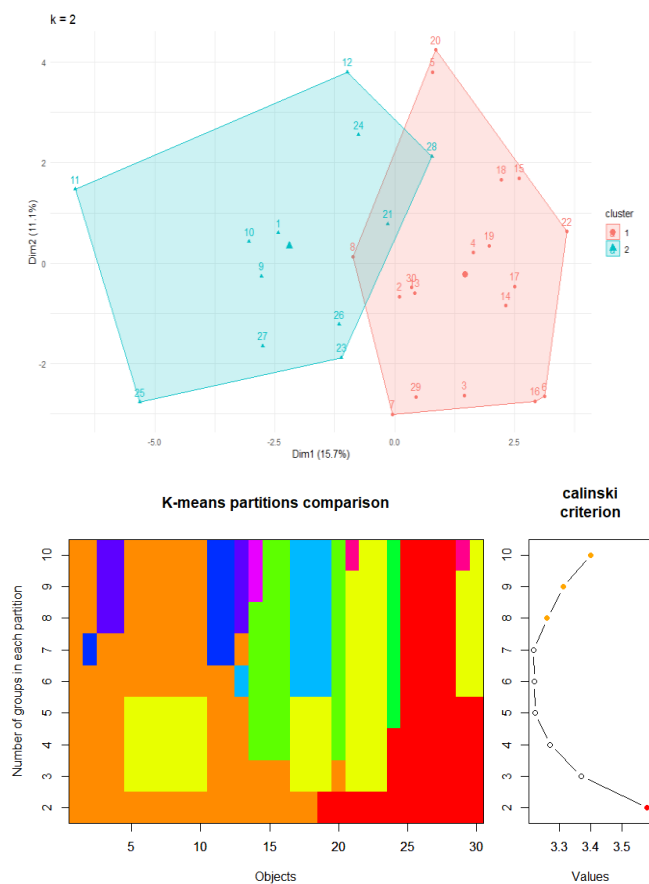
میانگین محصول درخت (TMY) با تعداد میوه‌های موجود در درخت (NFT) همبستگی مثبت بالاتری نسبت به میانگین وزن میوه (FMW) نشان داد (شکل ۲). از این رو می‌توان چنین استنباط کرد که میزان عملکرد کلی درخت بیشتر از آنکه به وزن میوه‌ها وابسته باشد، تحت تأثیر تعداد میوه تولید شده روی درخت قرار می‌گیرد. با بررسی ۳۳ رقم انار نشان دادند که بین صفات تعداد میوه هر درخت، عملکرد هر درخت و عملکرد بهره‌وری همبستگی مثبت بالایی وجود دارد (Vani *et al.*, 2012).



ارتباط مثبتی بین قطر جام گل (FCD) با قدرت رشد درخت، اندازه گل مثمر، اندازه میوه، میانگین وزن میوه، میانگین عملکرد درخت، ضخامت پوست میوه و زمان رسیدن میوه داشت (شکل ۲). در پژوهش‌های مختلف بر روی محصولات مختلف از جمله زغال‌اخته (Johnson *et al.*, 2011) و زیتون (Rosati *et al.*, 2009) اثرگذاری و همبستگی میان اندازه گل یا تخمدان بر اندازه نهایی میوه گزارش شده‌است.

در تجزیه ساختار جمعیت براساس صفات مورفولوژیک و با استفاده از مدل بی‌زین و مقادیر معیار Calinski-Harabasz (CHC)، دو زیر جمعیت شناسایی گردید، به طوری که گروه اول شامل ۱۸ ژنوتیپ بود و بقیه ژنوتیپ‌ها در گروه دوم قرار گرفتند (شکل ۳). ارقام واقع در گروه دوم شامل ارقامی بود که دارای بالاترین میانگین عملکرد درخت و حساسیت پایین‌تر پوست میوه به ترکیب‌گی بود.

حبه تشکیل شده، اندازه میوه نیز افزایش می‌یابد. درصد تشکیل میوه در گل‌های درشت بیش از ۹۵ درصد و در گل‌های کوچک کمتر از ۲۰ درصد بود و میانگین وزن میوه به‌طور معنی‌داری با افزایش اندازه گل، افزایش یافت که این امر مؤید همبستگی به‌دست آمده در این پژوهش می‌باشد (Wetzstein *et al.*, 2013). میوه درشت‌انار دارای بیش از ۱۰۰۰ حبه در هر میوه است که هر حبه حاصل بارور شدن مستقل یک تخمک بوده؛ بنابراین تولید میوه‌های درشت‌تر نیازمند بارور شدن هزاران تخمک است. به‌طور کلی، کیفیت گل نقش مهمی در تولید میوه ایفا می‌کند (Wetzstein *et al.*, 2011). از آنجا که وزن میوه یکی از مهم‌ترین معیارهای اقتصادی مهم در تولید صنعتی انار می‌باشد (Maestre *et al.*, 2000)، می‌توان ارقام را در مرحله گل با استفاده از این موضوع انتخاب کرد.



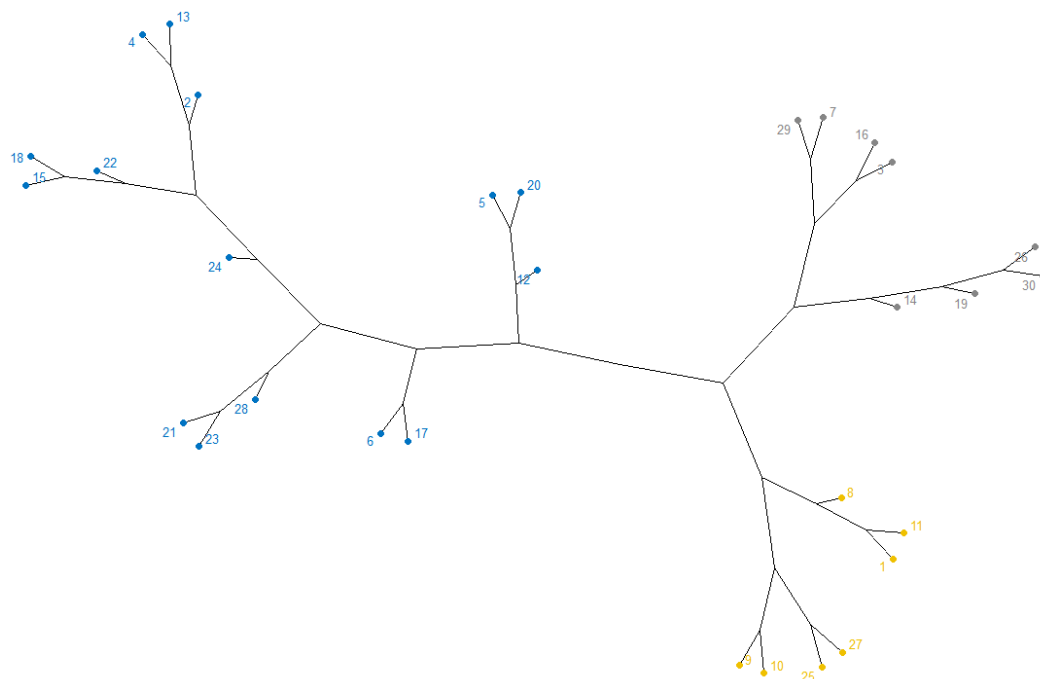
شکل ۳. گروه‌بندی ژنوتیپ‌های انار بر اساس صفات مورفولوژی مبتنی بر مدل Bayesian

Figure 3. Grouping of pomegranate genotypes based on morphological traits based on the Bayesian model

باشد (Ghorbani *et al.*, 2013). در مطالعه تنوع ۴۹ نمونه انار از کشورهای اروپای جنوبی گزارش کردند که نمونه‌ها براساس تجزیه خوشه‌ای در سه گروه تقسیم شدند (Bartual *et al.*, 2022).

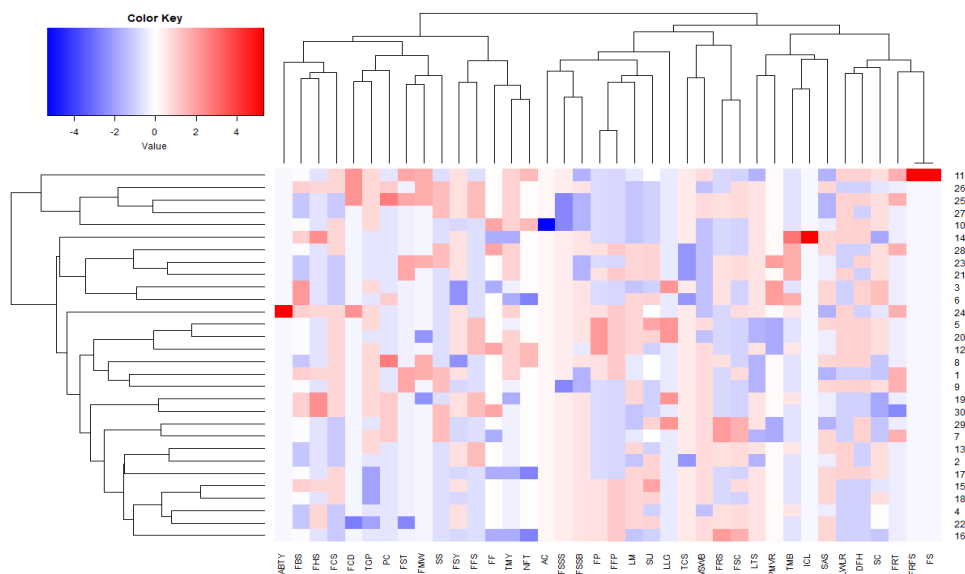
نقشه حرارتی ژنوتیپ‌ها براساس صفات نشان داد که صفات و ژنوتیپ‌ها در دو گروه اصلی قرار گرفتند و هر گروه به دو زیرگروه تقسیم شد (شکل ۵). در گروه اول، ژنوتیپ ۱۱ (Robab-malas-Fars) با کد ۳-۳۲۳ از نظر اندازه میوه و اندازه گل مؤثر دارای اختلاف زیادی با دیگر ژنوتیپ‌ها بود و در یک گروه مجزا قرار گرفت و زیرگروه دوم شامل ژنوتیپ‌های ۱۰، ۲۵، ۲۶ و ۲۷ بود که دارای کمترین حساسیت میوه به آفتاب‌سوختگی و ترکیبگی و بیشترین نسبت طول به عرض برگ بودند. همچنین، ژنوتیپ‌های واقع در این گروه میانگین عملکرد درخت بالایی داشتند. ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۴، ۲۱، ۲۳ و ۲۸ در اولین زیرگروه در گروه دوم قرار گرفتند که از نظر شکل تاج درخت (TCS)، فرم افراشته، سطح پوست شاخه چوبی (WSWB) صاف و میزان خار روی شاخه چوبی بالغ (TMB)، متوسط بودند (شکل ۵).

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها براساس صفات اندازه‌گیری شده، ژنوتیپ‌ها را به سه گروه اصلی تقسیم کرد (شکل ۴). گروه اول شامل ژنوتیپ‌های ۱، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۲۵ و ۲۷ بود که دارای حساسیت پایین پوست میوه به ترکیبگی و آفتاب‌سوختگی بوده و میانگین وزن میوه، تعداد میوه در درخت و متوسط عملکرد درخت بالایی داشتند. گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های ۳، ۷، ۱۴، ۱۶، ۱۹، ۲۶، ۲۹ و ۳۰ بود. در گروه سوم ژنوتیپ‌های ۲، ۴، ۵، ۶، ۱۲، ۱۳، ۱۵، ۱۷، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۲۴ قرار گرفتند که دارای پاجوش فراوان و گل‌هایی با موقعیت جانبی و انتهایی یا فقط انتهایی بودند. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس صفات مختلف می‌تواند روش مفیدی در مشخص شدن رابطه ژنوتیپ‌ها و تعیین فاصله خویشاوندی آن‌ها باشد. با بررسی تنوع ژنتیکی ۴۴ ژنوتیپ انار با توجه به نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای براساس خصوصیات مورفولوژیک، ژنوتیپ‌ها در چهار گروه مختلف قرار گرفتند، اما تقسیم‌بندی مورفولوژیک نمونه‌ها با دسته‌بندی جغرافیایی آن‌ها تطابق چندانی نداشت که می‌تواند نشان دهنده عدم تأثیر شرایط محیطی بر صفات مورفولوژیک مورد بررسی یا انتقال ژنوتیپ‌ها از منطقه‌ای به منطقه دیگر



شکل ۴. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های انار مورد ارزیابی بر اساس صفات مورفولوژیک و پومولوژیک

Figure 4. Cluster analysis of evaluated pomegranate genotypes based on morphological and pomological traits



شکل ۵. نقشه حرارتی گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و صفات اندازه‌گیری شده انار

Figure 5. Heat map of the grouping of pomegranate genotypes and measured traits

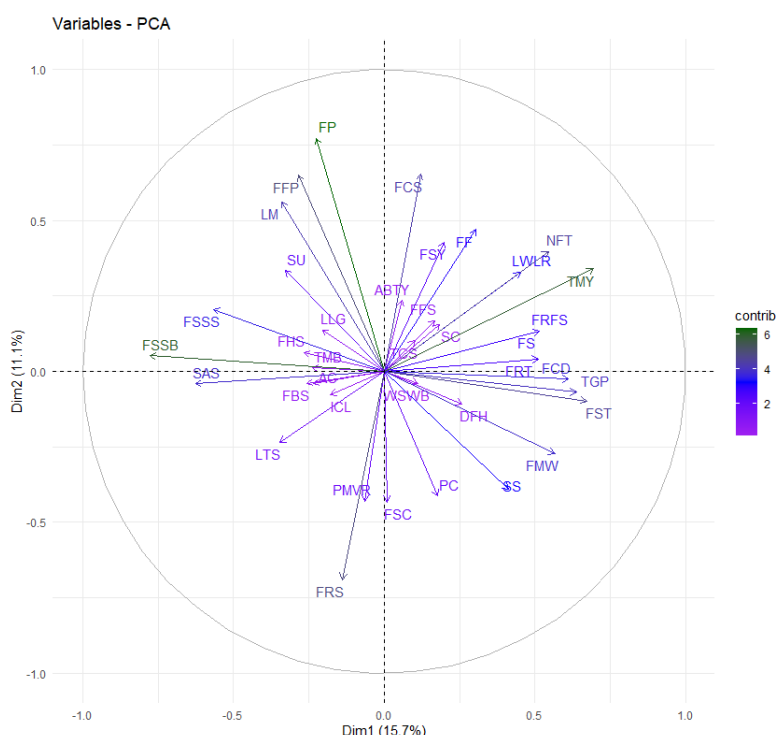
اول به ترتیب وزن میوه، طول و قطر میوه و حبه بوده و در این عامل صفات مربوط به برگ و گل از اهمیت کمتری برخوردارند. ایشان نشان دادند که PC1 اساساً ژنوتیپ‌ها را براساس شکل و اندازه میوه و حبه جدا کرد (Martinez *et al.*, 2016).

در مطالعات دیگری نیز گزارش شده‌است که در PC1، وزن و شکل میوه از مهم‌ترین متغیرهایی هستند که ژنوتیپ‌های انار را از یکدیگر متمایز می‌کنند (Caliskan and Bayazit, 2013; Radunic *et al.*, 2015). نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی ۷۸ توده انار لبنان با استفاده از ۳۸ صفت مورفولوژیک و شیمیایی نشان داد که سه عامل اول، ۴۱/۴۹ درصد از واریانس کل را تبیین کرده و نسبت قند / اسید، وزن و اندازه میوه مهم‌ترین صفات در تمایز توده‌های مورد مطالعه بود (Dandanchi *et al.*, 2017). در پژوهش دیگری، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ۲۵ صفت مورفولوژیک روی ۲۲۱ ژنوتیپ انار ایرانی، صفات را در هفت گروه اصلی طبقه‌بندی کرد که سه مؤلفه اصلی اول، حدود ۴۸/۵۸ درصد از واریانس جمعی را تبیین کردند. از بین صفات مورد استفاده در آن مطالعه، رنگ پوست میوه، شکل میوه، موقعیت گل و درصد گل میوه به‌عنوان بهترین صفات برای تمایز ژنوتیپ‌های انار بیان شد (Razi *et al.*, 2021).

از داده‌های حاصل از ارزیابی ۳۸ صفت اندازه‌گیری شده، برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. نتایج نشان داد که ۵۳ درصد از تنوع کل در بین ۳۰ ژنوتیپ انار توسط پنج جزء اصلی اول توضیح داده شده‌است. در مؤلفه اول که ۱۵/۷ درصد تغییرات را شرح داد، صفاتی نظیر حساسیت پوست میوه به ترکیدگی، میانگین عملکرد میوه و ضخامت پوست میوه از صفات مهم و کلیدی بودند. مؤلفه دوم، ۱۱/۱ درصد از تنوع بین ژنوتیپ‌ها را نشان داد و صفاتی که بیشترین تأثیر را در این مؤلفه داشتند عبارتند از موقعیت گل، شکل میوه، شکل تاج میوه و درصد گل‌های بارور (شکل ۶).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، امکان شناسایی صفاتی را که بیشترین تنوع را در یک گروه از ژنوتیپ‌ها داشتند، فراهم می‌سازد و کاربرد عملی در انتخاب ژنوتیپ‌های والدینی برای اهداف اصلاحی دارد (Ahmadizadeh and Falanji, 2011). با بررسی تنوع مورفولوژیک ۱۰۳ ژنوتیپ انار وحشی گزارش کردند که ۹۵/۴ درصد از واریانس توسط ده مؤلفه اول تبیین شد و وزن میوه و وزن کل حبه، وزن پوست و طول و قطر میوه در تعیین تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بودند (Ashrafi *et al.*, 2023).

در بررسی تنوع ژنتیکی ژرم پلاسما انار کشور اسپانیا گزارش کردند که مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار در PC



شکل ۶. نمودار دو بعدی دو بعدی دو مؤلفه اصلی اول برای ۳۸ صفت مورد مطالعه بر روی ۳۰ ژنوتیپ تجاری انار  
**Figure 6.** Two-dimensional diagram of the first two principal components for the 38 traits studied on 30 commercial pomegranate genotypes

بازار پسندی محصول همچون میانگین وزن میوه، شکل و طعم میوه از تنوع بالایی برخوردار بوده و نتیجتاً وجود این تنوع و نیز ویژگی‌های باغی برتر، علاوه بر امکان معرفی ژنوتیپ‌های امیدبخش جدید، در انجام کارهای اصلاحی در آینده نیز بسیار مفید خواهد بود و با اطمینان زیادی می‌توان این صفات شناسایی شده را جهت مطالعه ویژگی‌های ژنتیکی و پیشبرد برنامه‌های اصلاحی ژرم پلاسم انار پیشنهاد نمود.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران به دلیل حمایت‌های مالی کمال تشکر و قدردانی را داریم.

### REFERENCES

Ahmadizadeh, M., & Felenji, H. (2011). Evaluation diversity among potato cultivars using agromorphological and yield components in fall cultivation of Jiroft area. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 11(5), 655-662.

### نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، تنوع ۳۸ ویژگی مورفولوژیک و پومولوژیک ۳۰ ژنوتیپ امیدبخش انار از کلکسیون انار کشور مورد بررسی قرار گرفت. در بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ‌هایی که دارای حساسیت پایینی به دو عارضه مهم حساسیت به آفتاب‌سوختگی و ترکیدگی مشاهده شد که از این میان می‌توان به ارقام رباب ملس فارس، گرچ شهوار، شهوار قصر دشت و ملس یزدی اشاره کرد که برای کشت در مناطق گرم و خشک و استفاده در برنامه‌های اصلاحی می‌توانند مورد توجه قرار بگیرند. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش و مقایسه صفات مختلف، ارقام از نظر صفات مهم تأثیرگذار در میزان

Akbarpour, V., Hemmati, K., & Sharifani, M. (2009). Physical and chemical properties of pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit in maturation stage. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 6 (4), 411-416.

- Al-Said, F.A., Opara, L.U., & Al-Yahyai, R.A. (2009). Physico-chemical and textural quality attributes of pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in the Sultanate of Oman. *Journal of Food Engineering*, 90, 129-134
- Ashrafi, S. H., Bodaghi, H., & Rezaei, M. (2023). Morphological diversity of indigenous wildpomegranate (*Punica granatum* L. var. *spinosa*). accessions from northeast of Iran. *Food Science & Nutrition*, 11, 1001-1012. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3135>
- Awamleh, H., Hassawi, D., Migdadi, H., & Brake, M. (2009). Molecular characterization of pomegranate (*Punica granatum* L.). landraces grown in Jordan using amplified fragment length polymorphism markers. *Biotechnology*, 83, 316-322.
- Bartual, J., Zuriaga, E., Koka, T., Navarro, M.J., Ortiz, M., & Badenes, M.L. (2022). Pomological and chemical diversity in a pomegranate (*Punica granatum* L.) germplasm collection from Southern European countries. *Acta Horticulturae*, 1349 (0567-7572), 1-7.
- Caliskan, O., & Bayazit, O. (2013). Morpho-pomological and chemical diversity of pomegranate accessions grown in Eastern Mediterranean region of Turkey. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15, 1449-1460.
- Chandra, R., Suroshe, S., Sharma, J., Marathe, R.A., & Meshram, D.T. (2011). Pomegranate growing manual. NRC on Pomegranate, Solapur. pp. 1-58.
- Da Silva, J.A.T.; Rana, T.S.; Narzary, D., & Verma, N. (2013). Meshram, D.T.; Ranade, S.A. Pomegranate biology and biotechnology, A review. *Scientia Horticulturae*, 160, 85-107.
- Dandachi, F., Hamadeh, B., Youssef, H., Chahine, H., & Chalak, L. (2017). Diversity assessment of the Lebanese germplasm of pomegranate (*Punica granatum* L.). by morphological and chemical traits. *Annals of Agricultural Science*, 62, 89-98.
- Eiadhong, W., Nakatsubo, F., Utsunomiya, N., & Subahadrandhu, S. (2000). Studies on some *Mangifera* species. *Acta Horticulturae*, 509, 143-151.
- Ehteshami, S., Sarikhani, H., & Ershadi, A. (2011). Effect of Kaolin and Gibberellic Acid Application on Some Qualitative Characteristics and Reducing the Sunburn in Pomegranate Fruits (*Punica granatum*). cv. 'Rabab Neiriz'. *Plant Production Technology*, 3, 15-24 (in Persian)
- FAO (2022). FAOSTAT, <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- Farsi, M., Kalantar, M., Zeinalabedini, M., & Vazifeshena, M.R. (2023). First assessment of Iranian pomegranate germplasm using targeted metabolites and morphological traits to develop the core collection and modeling of the current and future spatial distribution under climate change conditions. *PLoS ONE*, 18(2), e0265977.
- Ghariesheikhbayat, R. (2006). Anatomical study of fruit cracking in pomegranate cv. Malas-e-torsh. *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 18 (69 in Agronomy & Horticulture), 10-14. (in Persian)
- Ghorbani, T., Cheghamirza, K., & Arji, E. (2013). Evaluation of genetic diversity in pomegranate using morphological traits and molecular markers. *Agricultural Biotechnology Journal*, 5, 111-128. (in Persian)
- Haddioui, A. (2012). La culture du grenadier (*Punica granatum* L.) au Maroc. In, Melgarejo, P., Valero, D. (Eds.), II International Symposium on the Pomegranate, vol. 103. CIHEAM/Universidad Miguel Hernández, Zaragoza, pp. 79-81.
- Hepaksoy, S.; Aksoy, U.; Can, H.Z.; & Ui, M.A. (2000). Determination of relationship between fruit cracking and some physiological responses, leaf characteristics and nutritional status of some pomegranate varieties. *Options Méditerranéennes*, 87-92, Ege University, 35100 Bornova-Izmir, Turkey.
- Holland, D., Hatib, K., & Bar-Ya'akov, I. (2009). Pomegranate, Botany, Horticulture, Breeding. *Horticultural Reviews*, 35, 127-191.
- Johnson, L.K., Malladi, A. and NeSmith, D.S. (2011). Differences in cell number facilitate fruit size variation in rabbit eye blueberry genotypes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 136(1), pp.10-15.
- Maestre, J., Melgarejo, P., Tomas-Barberan, F., & Garcia-Viguera, C. (2000). New food products derived from pomegranate. In, Production, processing and marketing of pomegranate in the mediter-ranean region, *Advances in research and technology*, 243-245. CIHEAM
- Martinez-Nicolas, J.J., Melgarejo, P., Legua, P., Garcia-Sanchez, F., & Hernández, F. (2016). Genetic diversity of pomegranate germplasm collection from Spain determined by fruit, seed, leaf and flower characteristics. *PeerJ*, 4, p.e2214.
- Mir M.M., Sofi, A.A., Singh, D.B., & Khan, F.U. (2007). Evaluation of pomegranate cultivars under temperate conditions of Kashmir Valley. *Indian Journal Horticulture*, 64, 150-154.
- Mohammadi, S.A., & Prasanna, B.M. (2003). Analysis of genetic diversity in crop plants-Salient statistical tools and considerations. *Crop Science*, 43, 1235-1248.

- Radunić, M., Špika, M.J., Ban, S.G., Gadže, J., Díaz-Pérez, J.C., & MacLean, D. (2015). Physical and chemical properties of pomegranate fruit accessions from Croatia. *Food chemistry*, 177, 53-60.
- Razi, S., Soleimani, A., Zeinalabedini, M., Vazifeshenas, M. R., Martínez-Gómez, P., Martínez-García, P. J., Mohsenzade Kermani, A., Raiszadeh, A. R., & Tayari, M. (2021). Development of a Multipurpose Core Collection of New Promising Iranian Pomegranate (*Punica granatum* L.). Genotypes Based on Morphological and Pomological Traits. *Horticulturae*, 7, 350.
- Rosati, A., Zipančić, M., Caporali, S., & Padula, G. (2009). Fruit weight is related to ovary weight in olive (*Olea europaea* L.). *Scientia horticulturae*, 122(3), 399-403.
- Sarkhosh, A., Zamani, Z., Fatahi, R., Hassani, M., Wiedow, C., Buck, E., & Gardiner S. (2011). Genetic diversity of Iranian soft-seed pomegranate genotypes as revealed by fluorescent-AFLP markers. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 17, 305-311.
- Shakeri, M., & Sadat Akhavi, Y. (2003). Pests and Diseases of Pomegranate. Tasbih Publication.
- Singh, A., Burman, U., Santra, P., & Morwal, B.R. (2014). Fruit cracking of pomegranate and its relationship with temperature and plant water status in hot arid region of India. *Journal of Agrometeorology*, 16 (Special Issue-I), 24-29.
- Singh, A., Shukla, A.K., & Meghwal, P.R. (2020). Fruit cracking in pomegranate, extent, cause, and management—A Review. *International Journal of Fruit Science*, 20, S1234-S1253.
- Tapia-Campos, E., Ramírez-Anaya, J.d.P., Cavazos-Garduño, A., Serrano-Niño, J.C., Fragoso-Jiménez, J.C., & Castañeda-Saucedo, M.C. (2021). Morphological Characterization of Southern Jalisco, Mexico, Pomegranate Genotypes Using AFLP Markers. *Agronomy*, 11, 1449.
- Verma, N., & Mohanty, A. (2010). Lal, A. Pomegranate genetic resources and germplasm conservation, A review. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 4, 120-125.
- Volkan O., Akca Y., Ercisli S., & Gozlekci, S. (2015). Genotype selection for physico-chemical fruit traits in pomegranate (*Punica granatum* L.). In Turkey. *Acta Science*, 14(2), 123-132.
- Wani, I., Bhat, M.Y., Banday, F.A., Khan, I.A., Hassan, G.I., Lone, A., et al. (2012). Correlation studies of morphological and economic traits in pomegranate (*Punica granatum* L.). *Plant Arch.*;12, 943-946.
- Wetzstein, H.Y., Yi, W., Porter, J.A., & Ravid, N. (2013). Flower position and size impact ovule number per flower, fruitset, and fruit size in pomegranate. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 159-166.
- Wetzstein, H.Y., N. Ravid, E. Wilkins, & A.P. Martinelli. (2011). A morphological and histological characterization of bisexual and male flower types in pomegranate *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 136, 83-92.
- Yazici, K., & Kaynak, L. (2009). Effects of air temperature, relative humidity and solar radiation on fruit surface temperatures and sunburn damage in pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar). *Acta Horticulturae*, 818, 181-186.
- Zahravi, M., & Vazifeshenas, M.R. (2017). Study of genetic diversity in pomegranate germplasm of Yazd province of Iran. *Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 6, 20-35.
- Zarkti, H., Ouabbou, H., Hilali, A., & Udupa, S.M. (2010). Detection of genetic diversity in Moroccan durum wheat accessions using agromorphological traits and microsatellite markers. *African Journal of Agricultural Research*, 5(14), 1837-1844.
- Zuriaga E., Pintová J., Bartual, J., & Badenes M.L. (2022). Characterization of the Spanish Pomegranate Germplasm Collection Maintained at the Agricultural Experiment Station of Elche to Identify Promising Breeding Materials. *Plants*, 11, 1257.