Plant Prod., 2025, 48, 489 - 506.
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.47738.2196
Received: 06 September 2024
Accepted: 19 April 2025

Plant Productions

Research Article

Assessment of pheno-morphological and pomological traits of 48 native apple cultivars for registration, genetic improvement and food security

Nader Moghaddam[1], Hassan Hajnajari[2], Saeed Piri[3], Eissa Zarifi[4]

1. Ph.D. Student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Abhar Branch, Islamic Azad University, Abhar, Iran
2. Professor, Temperate Cold Fruit Research Center, Horticultural Sciences Research Institute (AREEO), Karaj, Iran
3. Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Abhar Branch, Islamic Azad University, Abhar, Iran
4. Assistant Professor, Department of Genetic Research and National Plant Gene Bank of Iran, Seed and Plant Breeding Research Institute (AREEO), Karaj, Iran

Citation: Moghaddam, N., Hajnajari, H., Piri, S., Zarifi, E. (2025). Assessment of pheno-morphological and pomological traits of 48 native apple cultivars for registration, genetic improvement and food security. *Plant Productions*, 48(3), 489- 506.

Abstract

Introduction

The selection and propagation of local apple seedlings and indigenous genotypes _ maintained by cuttings or grafting (True to Type) _ date back to 1560 BC in China. Gene flow originating from Kyrgyzstan, the main center of apple diversity, passed through Iran along the Silk Road, and contributed to the development of diverse centers of apple variation. As a result of natural selection, native genotypes have accumulated resistance genes providing adaptation to local biotic and abiotic stresses. While many traditional apple cultivars maintained in home orchards may smaller fruit size and lower productivity compared to modern commercial varieties, they exhibit greater resilience against pests, diseases, an fluctuating climatic conditions due to the diversity of microclimates in which they are grown. Collecting and conversing these indigenous varieties, as genetic resources is fundamental to national food security. Evaluating genetic diversity through morphological and pomological phenotyping remains a critical method for varietal identification and conservation. Such research activities are essential to prevent germplasm extinction, facilitate registration with National Office of Cultivars, and support breeding programs. without access to these genetic resources, fruit breeding research would be significantly hampered. The value of rich germplasm collections becomes even more apparent with the emergence of pests and fungal or bacterial diseases triggered by climate change, highlighting the importance of genes conferring resistance. This imperative has led breeders to intensively survey and collect wild apple populations in Kazakhstan, Kyrgyzstan, and neighboring regions of China, especially since the dissolution of the Soviet Union (Tian et al., 2022).

© 2025 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Materials and Methods
A comprehensive assessment of pheno-morphological and pomological traits, fruit physical characteristics, flesh firmness, fruit weight, and biochemical properties _ including russet disorder_ was conducted on 48 native apple cultivars and 2 imported varieties. All accessions, established as 14-year-old spindle-shped trees grafted onto MM111 rootstock, were cultivated at Kamalshahr Horticultural Research Station (Karaj, Iran) during 2020-2021. Both quantitative and qualitative fruit traits were measured using the International Apple Descriptor (UPOV) and in accordance with the national DUS (Distinctness, Uniformity, and Stability) testing guidelines. Data collection included descriptive trait surveys, followed by multivariate analyses such as factor analysis, cluster analysis and biplot visualization to elucidate patterns of genetic diversity.

Results and Discussion
Analysis of variance and mean comparisons tests revealed significant differences among the cultivars and genotypes for all quantitative traits assessed. Distinct differences were identified between traditional native cultivars and the promising genotypes, particularly regarding external fruit traits such as color and morpho-botanical characteristics, most notably fruit weight and flesh firmness. In addition, significant correlations were detected among several traits.
Assessment of qualitative traits revealed a high degree of diversity, as measured by the Shannon index. Cluster analysis further clarified the genetic relationships among accessions. Factor analysis identified four main and independent factors, fruit size, flesh firmness, length-to-diameter ratio, and external traits, which together explained 67% of the total variation observed in the dataset. On this basis, native apple cultivars and genotypes were divided into three distinct clusters. The accuracy of this classification was confirmed by diagnostic analysis, resulting in 100% correct assignment.

Conclusion
These findings provide valuable information for the scientific identification, differentiation and registration of native apple cultivars and promising genotypes, supporting their official recognition by the Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI). The results also contribute to the conservation of native apple germplasm, helping to prevent genetic erosion. The detailed phenotypic profiling and diversity analysis offer essential resources for breeding programs, fascilitating the selection of parents for genetic improvement aimed at sustainability and resilience.

Keywords: Distinction, Genetic diversity, Native cultivars, Pomology, Quantitative and qualitative traits

تولیدات گیاهی، ۱٤۰٤، ٤۸، ٤۸۹ - ٥۰٦
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.47738.2196
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۳۰

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

ارزیابی صفات فنومورفولوژیک و میوه‌شناسی ٤۸ رقم سیب بومی برای ثبت، به‌نژادی و امنیت غذا

نادر مقدم[۱]، حسن حاج نجاری*[۲]، سعید پیری[۳]، عیسی ظریفی[٤]

۱- دانشجوی دکتری، گروه باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ابهر، زنجان، ایران
۲- استاد، پژوهشکدهٔ میوه های معتدله و سردسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- استادیار، گروه باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ابهر، زنجان، ایران
۴- استادیار، تحقیقات ژنتیک و بانک ژن گیاهی ملی ایران، مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

انتخاب دانهال‌های تصادفی[۱] سیب و تکثیر به روش پیوند به ۱٥٦۰ سال قبل از میلاد مسیح در چین باز می‌گردد. جریان ژنی از قرقیزستان زیستگاه اصلی سیب با گذر از ایران در مسیر جاده ابریشم منجر به ایجاد مراکز مختلف تنوع این‌گونه شده است. ژنوتیپ‌های بومی حاصل انتخاب طبیعی و حامل ژن‌های تحمل به تنش‌های زیستی و غیرزیستی رایج در منطقه هستند. شاید ارقام قدیمی بومی سیب که هنوز به‌صورت لکه‌ای کشت و کار می‌شوند در مقایسه با ارقام تجاری جدید اندازهٔ میوه کوچک‌تر و عملکرد پایین‌تری داشته باشند؛ ولی به طور یقین از تحمل بیشتری به آفات، بیماری‌ها و سازگاری با ریز اقلیم‌ها برخوردارند. ارزیابی تنوع ژنتیک از طریق فنوتایپینگ براساس گیاه‌شناسی سیستماتیک روشی بنیادین در شناسایی گونه و تمایز رقم با اهداف ارزیابی، جلوگیری از انقراض و حفظ در کلکسیون‌ها، ثبت در دفتر ملی ارقام و بهره‌گیری در برنامه‌های به‌نژادی است. به این منظور صفات فنومورفولوژیک، میوه‌شناسی، ویژگی‌های فیزیکی میوه، سفتی بافت، وزن و آزمایش‌های بیوشیمیایی میوه، به‌علاوه ناهنجاری زنگار برگرفته از درختان ۱٤ساله ٤۸ رقم سیب بومی بر پایه MM111 مستقر در ایستگاه تحقیقات باغبانی کمال‌شهر کرج- ایران طی ۱۳۹۹-۱٤۰۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند. تمامی صفات کمی و کیفی میوه با استفاده از توصیفگر بین‌المللی سیب (UPOV) منطبق بر دستورالعمل ملی تمایز، یکنواختی و پایداری (D.U.S) سیب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بین ارقام و ژنوتیپ‌های سیب از نظر صفات کمی، تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت. همچنین بین ارقام بومی قدیمی و ژنوتیپ‌های امیدبخش مورد بررسی، از نظر صفات ظاهری و ویژگی‌های مورفولوژیک، به‌ویژه اندازه و وزن میوه، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. علاوه بر این، بین برخی صفات نیز همبستگی معنی‌داری به‌دست آمد. صفات کیفی مورد مطالعه از نظر شاخص شانون، تنوع بالایی را نشان داد. تجزیه خوشه‌ای نشان‌دهندهٔ خویشاوندی ژنتیک ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. در تجزیه به عامل‌ها، چهار عامل اصلی به ترتیب شامل وزن و اندازهٔ میوه، سفتی بافت گوشت، نسبت طول به قطر و ویژگی-های ظاهری میوه، ٦۷ درصد از تفاوت بین داده‌ها را تبیین کردند، به این ترتیب ارقام بومی و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به سه گروه اصلی تقسیم شدند که با استفاده از تجزیه و تحلیل عملکرد تشخیصی این طبقه‌بندی با دقت ۱۰۰ درصد تأیید گردید. رده‌بندی زمان رسیدن براساس توصیف‌گر ۲۰ رقم بسیار دیررس و در قطب مخالف ۹ رقم بسیار زودرس بودند. در رده‌های میانی به ترتیب ۷، ٤، و۸ رقم زودرس، میان‌رس و دیررس بومی قرار گرفتند. ۳۱، ۷ و ۲ رقم به ترتیب رقم

1-Chance seedlings

بدون زنگار لپ، با زنگارکم و خیلی زیاد بودند. نتایج دلالت بر وجود تحمل عالی ارقام بومی به این ناهنجاری است. ارقام اردبیل ۲ ترش‌مزه با پوست ضخیم، پاییزه زرد مشهد و شربتی بسیار شیرین با پوست بسیار نازک حساس به زنگار نشان دادند. بررسی‌های توصیفی صفات، آنالیز واریانس و مقایسات میانگین، همبستگی صفات، تجزیه به عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای و رسم نمودار بای پلات انجام شد. اطلاعات به‌دست آمده گام مهمی برای شناسایی علمی، تمایز ارقام با هدف جلوگیری از انقراض ژرم‌پلاسم بومی سیب و ثبت در دفتر ملی ارقام کاربرد دارد. شناسایی سطح بیان ژن صفت‌های مورد مطالعه بستر لازم برای اهداف مختلف در برنامه‌های به‌نژادی را تسهیل می‌نماید.

کلید واژه‌ها: ارقام بومی، تمایز، تنوع ژنتیکی، صفات کمی و کیفی، میوه‌شناسی

مقدمه

سیب (*Malus×domestica* Borkh.) یکی از مهم‌ترین گونه‌های میوه از نظر اقتصادی و سطح زیرکشت در سراسر جهان است (Martinelli *et al., 2008*). وقوع تنش‌های زیستی ناشی از تغییرات آب‌وهوایی، وجود ارقام همنام و یا چند اسمی، تحقیقات بیشتری را برای شناسایی سیب‌های بومی ضروری ساخته است (Mandić, 2018). در ترکیه، ۲۲ رقم زودرس محلی از نظر صفات فنولوژیک، مورفوپومولوژیک[1] و بیوشیمیایی بررسی شدند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد اختلاف صفات ژنوتیپ‌ها منشأ ژنتیکی دارند (Karatas, 2021). در شمال پاکستان، ۱۲۶ رقم بومی در معرض تهدید به دلیل هجوم ارقام کاشته شده جدید پربارده تجاری همراه با جمع‌آوری ارقام همنام به روش فنوتایپینگ از یکدیگر متمایز شدند (Wiehle *et al.*, 2021). ورود ارقام وارداتی با عملکرد بالا ژرم‌پلاسم سیب بومی را با خطر فرسایش ژنتیکی مواجه ساخت (Tóth, 2004). مقایسهٔ ده‌ها رقم سیب نشان‌دهندهٔ سطوح بالای ترکیبات فعال زیستی؛ مانند کلروژنیک‌اسید، کاتچین، کوئرستین‌گلوکوزید وکلروژنیک اسید در ارقام قدیمی بود (Duralija *et al.*, 2021). وجود این ویژگی‌ها، نگاه را به‌سوی نتاج[2] حاصل از والدهای بومی انتخابی سوق داده است. از بین ۲۴۶ نتاج انتخابی به‌دست‌آمده از ارقام والد مادری بومی شیخ احمد، حیدرزاده، سلطانی شبستر ۱۸ ژنوتیپ‌های امیدبخش گزینش شدند و از بین آن‌ها پنج رقم سیب بسیار زودرس و زودرس به نام‌های تابان، سرخینه، بهاران، نوبران و تابان معرفی شدند. ۱۸ نتاج امیدبخش فوق زودرس تحت آزمایشات سازگاری منطقه‌ای قرار گرفتند (Sadri *et al.*, 2024). در این تحقیق ۴۸ رقم بومی قدیمی و دانهال‌های تصادفی سیب جمع‌آوری‌شده به‌علاوه دو رقم خارجی از نظر ویژگی‌های فنولوژیک، ۳۰ صفت مورفوپومولوژیک و ناهنجاری زنگار مطالعه شدند. اهداف این تحقیق جلوگیری از انقراض ژرم‌پلاسم بومی، تعیین سطح تمایز ارقام از نظر صفات میوه شناسی مندرج در دستورالعمل ملی تمایز، یکنواختی و پایداری سیب (D.U.S) برای ثبت در دفتر ملی ارقام بومی سیب زیر نظر مؤسسهٔ تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال و بهره‌گیری به‌نژادگران برای صفات ویژه آنان در برنامه‌های به‌نژادی آینده خواهد بود.

مواد و روش‌ها

کلکسیون ملی ارقام سیب تجاری بومی و وارداتی متشکل از ۱۵۳ رقم در ایستگاه تحقیقات باغبانی کمالشهر کرج، پژوهشکدهٔ میوه‌های معتدله و سردسیری نگهداری می‌شوند. درختان ۱۴ساله به فرم تربیت دوکی در شش تکرار روی پایهٔ MM111 و با فواصل ۴×۴ متر کشت شدند. تنوع بین رقمی براساس ریخت‌شناسی مندرج در منابع گیاه‌شناسی سیستماتیک رده‌بندی گردید. عملیات مورفوفنوتایپینگ با ثبت داده‌ها از ویژگی‌های فنولوژی زمان رسیدن و صفات ظاهری میوه بر تعداد ۳۰ نمونه سیب برداشت‌شده در مرحلهٔ رسیدگی از ۴۸ رقم بومی و دو رقم وارداتی براساس

1- Morpho-pomologic
2- Progency

توصیفگر بین‌المللی[1] (UPOV) منطبق با دستورالعمل ملی تمایز یکنواختی و پایداری (D.U.S) سیب مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات به دو صورت توصیفی و کمی بر اساس کدهای مندرج در توصیف‌گر گروه‌بندی و آنالیز شدند. وزن میوه توسط ترازوی دیجیتال (مدل AND)، ساخت ژاپن) بادقت اندازه‌گیری ۰/۰۰۱ گرم، پهنا و عمق حفره‌های دمگاه و چشم میوه، طول و قطر میوه توسط کولیس، سفتی بافت توسط دستگاه سفتی‌سنج (مدل EFFEGI ساخت ایتالیا)، اسیدیته قابل تیتر(TA) و مواد جامد محلول(TSS) توسط دستگاه انکسارسنج[2] (مدل Alpha 53 شرکت ATAGO ساخت ژاپن) و pH آب‌میوه با استفاده از اسیدیته سنج دیجیتال (مدل Testo AG) مورد سنجش قرار گرفت. صفات طول میوه، قطر میوه، نسبت طول به قطر، طول دم، ضخامت دم، عمق گودی دم، عرض گودی دم، عمق گودی چشم، عرض گودی چشم، و صفات کیفی شامل اندازه، شکل کلی، برجستگی اطراف چشم (Ribs)، وجود تاج در عمق کاسه، اندازهٔ چشم، مومی شدن پوست، چربی پوست، رنگ زمینه، نسبت رنگ رویی، هاله رنگ رویی، شدت رنگ، تیپ رنگ، عرض رگه‌ها، زنگار دمگاه، زنگار روی لپ، زنگار اطراف چشم، تعداد عدسک، اندازهٔ عدسک، رنگ گوشت، فضای بین برچه‌ای و فنولوژی زمان رسیدن میوه اندازه‌گیری شد. تجزیه‌های آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت. برآورد شاخص ضریب تنوع شانون براساس رابطه $H'=-\sum[(n1/N) \ln (n1/N)]$ و با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد. بررسی‌های توصیفی صفات، تجزیه‌های چند متغیره شامل، تجزیه به عامل‌ها، تجزیه کلاستر و رسم نمودار بای پلات با استفاده از نرم‌افزار XLSTAT انجام شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس بین دو رقم جدید زودرس گل‌بهار و شربتی با منشأ دانهال تصادفی با دیگر زیرگروه‌های مختلف شامل ارقام بومی رایج گلاب کهنز، شفیع‌آبادی کاشته‌شده به صورت لکه‌ای مانند، گلاب صحنه، زنوز مرند، گروه ارقام قدیمی در معرض فرسایش خورسیجان، اخلمد مشهد، گروه پاکوتاه مربایی و گروه دانهال تصادفی امیدبخش مانند IRI4, IRI3, IRI6 تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). تفاوت معنی‌دار غالب صفات مورفو-پومولوژیک، تمایز بین تمامی ۴۸ رقم توزیع شده در دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای را اثبات نمود (شکل ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین صفات کمی اندازه‌گیری شده بیشتر ارقام در دو گروه بسیار دیررس و دیررس توزیع شدند. بالاترین وزن میوه در ژنوتیپ‌های امیدبخش IRI4 و IRI3 با میانگین ۱۶۲ گرم و ۱۶۰/۶ گرم ثبت شد. براساس نتایج مطالعات فنولوژیک دو رقم درشت با بیشترین وزن در زیرگروه بسیار دیررس قرار گرفتند (جدول ۲).

مقایسهٔ درصد میوه‌بندی گل‌های خود تلقیح شده و گرده افشانی‌آزاد ارقام پاکوتاه زینتی و مربایی نشان داد سطح خودسازگاری دارای تفاوت معنی‌دار و IRI6 کاملاً خودسازگار شناسایی گردیدند (Hajnajari and Moradi, 2014). سازوکارهای بسیار پیچیده‌تری در سطح مولکولی در فرآیندهای زیستی رشد و نمو میوه در سطح رقم نیاز به بررسی دارند، زیرا به‌رغم سطح بالای خودسازگاری، دو ژنوتیپ بسیار دیررس IRI4 و IRI3 صفات اندازه و وزن بالاترین میانگین از سطح بیان ژن را به خود اختصاص دادند. مقایسات میانگین صفات نشان داد صفت وزن میوه اولین عامل منعکس‌کنندهٔ تنوع ژنتیک بالا در ژرم پلاسم بومی مورد مطالعه بود، به‌طوری که بین بیشینه و کمینه این مؤلفه ۱۵۴/۵ گرم فاصله وجود داشت. داده‌های برگرفته از ۱۰ نمونه میوه ارقام قاسم‌شاهی و اطلسی حامل بیشینه و کمینه طول میوه به ترتیب با میانگین ۶۴/۷ و ۱۷/۵ میلی‌متر شد. بیشترین قطر میوه با ۷۶ و ۷۵/۲ میلی‌متر به ترتیب در ژنوتیپ انگلیسی شیراز و رقم قاسم‌شاهی ثبت شد.

1- International union for the production of new varieties of plants
2- Refractometer

جدول ۱- آنالیز واریانس صفات مورفولوژیک ۴۸ رقم و ژنوتیپ قدیمی بومی سیب

Table 1. Analysis of variance for morphological traits of 48 native old apple cultivars and genotypes

		Mean of squares													
S.O.V	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Block	9	1382.7**	31.20^{ns}	43.40*	0.002^{ns}	27.00^{ns}	0.75^{ns}	5.49*	7.61*	4.35^{ns}	6.79^{ns}	0.60^{ns}	0.004^{ns}	0.07^{ns}	0.0002*
Genotype	49	157925**	10.7678	138.098	0.058**	35.868	38.25**	14.933	21.305	129.25**	23.987	31.20**	35.204	25.045	2.0641**
Error	450	462.20	19.46	19.71	0.004	18.77	1.02	2.98	3.92	3.14	3.92	1.10	0.06	0.06	0.0001
C.V (%)		21.3	8.7	7.3	7.6	26.7	37.6	17.9	11.3	25.1	10.9	14.5	2.4	1.6	0.3

ns: non significant; *and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively. A: Grade of freedom; B: Fruit weight; C: Fruit length; D: Fruit diameter; E: Fruit Length/diameter ratio; F: Stalk length; G: Stalk thickness; H: Stalk hole depth; I: Stalk hole width; J: .Eye hole depth; K: Eye hole width; L: Flesh firmness; M: Titrable acidity; N: Total soluble solids; O: Acidity

کمینهٔ قطر میوه با ۲۲/۸ میلی‌متر در 'مربایی' و بیشینه نسبت طول به قطر میوه در 'مربایی' (۱/۰۶ میلی‌متر) و 'چینی اشک' (۱/۰۴ میلی متر) و رقم اطلسی (۰/۵۸ میلی‌متر) با کمترین نسبت بود. اربابی (۳۵/۹ میلی‌متر) و ' قندک کاشان' (۳/۳ میلی‌متر) به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین ارزش طول دم میوه بودند. بیشینه ضخامت دم میوه (۳/۷ میلی متر) در رقم جدید زودرس شربتی با ویژگی‌های اندازهٔ درشت، بسیار آبدار، شیرین و بافت سخت و کمینه ۱/۴۳ میلی‌متر در IRI2 بیان شد. افزایش بیان دو صفت ضخامت دم و اندازهٔ بزرگ میوه در دو رقم اخیر همراه بود. بیشترین ضریب تغییرات برابر۳۷/۶ و ۲۶/۷ به ترتیب به دو صفت ضخامت دم و طول دم میوه و بلافاصله به عمق ۱۷/۹و عرض دمگاه ۱۱/۳ اختصاص داشت. طول بلند دم میوه از نظر بسته‌بندی و حمل‌ونقل عامل منفی است. افزایش فضای دمگاه در شرایط بارانی و مه و نیز پس از برداشت در شرایط انبار احتمال شیوع بیماری قارچی را افزایش می‌دهد. بیشترین عمق گودی دم مربوط به رقم ملکهٔ لبنان با میانگین ۱۶/۳۱ میلی‌متر و کم‌ترین آن مربوط به 'مربایی' با میانگین ۲/۴۳ میلی‌متر بود. ژنوتیپ‌های 'مربایی' کم‌ترین عرض گودی دم (۴/۸۵ میلی‌متر) و عمق گودی چشم (۰/۱۶ میلی‌متر) را به‌خود اختصاص داد. بااین‌حال بیشترین عرض گودی دم در رقم همنام اردبیل ۲ یا 'بشقابی بلخی' (۲۶/۸۴ میلی‌متر) و بیشترین عمق گودی چشم در 'اوغانه' (۱۵/۶۹ میلی‌متر) ثبت گردید. از نظر پهنای گودی چشم ارقام عباسی کشیده (۲۶/۴۹ میلی‌متر) و اوغانه (۲۶/۱۵ میلی‌متر) بیشترین و 'مربایی' (۱/۱۵ میلی‌متر) کم‌ترین میزان را داشتند. سخت‌ترین بافت میوه به ارقام پاییزه مشهد (۱۰/۲۴) و مربایی (۱۰/۲۴) اختصاص یافت. در حالی‌که 'گلاب صحنه' (۳/۰۷) کم‌ترین سفتی بافت میوه را داشت. 'مربایی' با بیشترین میزان (TA) برابر ۳۰/۷۰، تفاوت معنی‌داری با 'گلاب نوری' و 'شفیع‌آبادی' نداشت. کم‌ترین میزان سطح بیان ژن این صفت در رقم بسیار پرمحصول اردبیل۱ (۲/۴) بود. بیشینه و کمینه TSS به‌ترتیب در 'محمدآبادی' (۲۸) و 'شمیرانی' (۳/۳)' ثبت گردید. به‌این‌ترتیب' محمدآبادی' رقم مناسبی برای تهیه برگه و پای سیب در خشکبار و قنادی کاربرد خواهد داشت. رقم شمیرانی بسیار درشت با تاج چشمی زیبا به دلیل نرمی بافت و در نتیجه ضعف انبارمانی به‌مرور از صحنه تولید حذف شد (جدول ۲). ارزیابی نمونه‌های میوه نشان داد سطح تحمل ارقام بومی کشور به زنگار عالی و بسیار خوب بود، ۳۳ و ۳۱ رقم به طور کامل براق بدون زنگار به ترتیب در محل چشم و لپ میوه بودند و فقط ۱۳ رقم در محل دمگاه در سطح اندک زنگارین بودند. سطح متوسط زنگار به ترتیب در ۵، ۷ و ۱۳ رقم و انواع حساس به زنگار در ۵ رقم پاییزه زرد مشهد، بشقابی بلخی، مربایی، اردبیل ۲ ، شربتی و نیز رقم خارجی Bel de Boskoop ثبت گردید (جدول ۴). ضخامت پوست دو رقم شربتی و پاییزه زرد مشهد بسیار نازک، اندازهٔ درشت و از نظر مزه هر دو بسیار شیرین بودند. اردبیل ۲ حساس‌ترین رقم به زنگار ترش و دو مزه و رقم پاکوتاه مربایی فاقد ارزش تازه‌خوری بود. رقم مربایی به‌عنوان والد مادری در برنامه‌های به‌نژادی پایه‌های رویشی سیب و تولید اولین سری پایه‌های رویشی جدید در کشور، در ۷ رده پاکوتاه کنندگی در مقایسه با شش پایه تجاری وارداتی مالینگ، مالینگ مرتون، ساپورتر۴

و پولاند۲۲ در مرحلهٔ تجاری‌سازی قرار دارد (Rashidi *et al*., 2020; Hajnajari. 2021). دو رقم والد پاکوتاه مربایی و زینتی در برنامه اصلاح تولید پایه‌های بذری با هدف تولید بذر با خلوص ژنتیک بالا و تولید نهال پایه بذری یکنواخت و پاکوتاه کننده سیب قرار گرفت. بذور اصلاح‌شده در ترکیب با ۵ رقم تجاری گالا، گرانی اسمیت، گرانی اسمیت، گلدن دلیشز، رد دلیشز و گلاب کهنز در باغ آزمایشی یک و نیم هکتاری واقع در ایستگاه مشکین‌دشت پژوهشکدهٔ میوه‌های معتدله و سردسیری کرج مورد بهره‌برداری قرارگرفت (Saghafian *et al*., 2021).

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود براساس شاخص ضریب تنوع شانون تنوع بالایی برای صفات کیفی مورد بررسی در بین ارقام و ژنوتیپ‌های بومی سیب کشور مورد مطالعه وجود دارد.

جدول ۲- مقایسات میانگین صفات میوه شناسی و بیوشیمیایی ۴۸ رقم قدیمی و ژنوتیپ بومی سیب

Table 2. Mean comparisons for pomological and biochemical traits related to 48 native old apple cultivars and genotypes

Cultivar	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Golab Sahneh	48.5^{ml}	40.8^{m}	51.61^{l}	0.78^{ghi}	16.7^{h-i}	1.86^{p-q}	6.75^{g}	9.52^{v}	3.71^{t-q}	9.8^{v}	3.0^{x}	2.80^{f}	10.00^{x}	4.80^{a}
Golbahar	94.1^{jih}	51.8^{lkj}	62.0^{k-h}	0.83^{g-d}	19.8^{edf}	2.02^{p-q}	7.64^{sr}	12.64^{o-l}	4389^{o-r}	16.95^{n-o}	5.91^{q-u}	2.80^{f}	13.00^{v}	4.40^{e}
Bel de Boskoop	144.9^{b-c}	56.7^{f-g}	72.6^{b-c}	0.77^{g-i}	14.1^{l-n}	4.61^{b}	14.28^{f-c}	26.78^{a}	11.2^{fde}	23.67^{b-c}	6.50^{q-n}	19.0^{b}	22.50^{d}	3.10^{s}
Golab nouri	55.5^{ml}	43.2^{m}	52.8^{l}	0.84^{g-d}	12.7^{l-n}	2.58^{g-h}	6.71^{s-t}	10.37^{v}	1.57^{v-w}	11.83^{u}	6.73^{q-m}	4.50^{a}	10.00^{x}	4.10^{h}
Siah Kompouti	128.6^{edc}	52.1^{i-j}	69.4^{edf}	0.77^{ghi}	15.7^{hi}	2.75^{g-h}	14.1^{g-e}	23.92^{c-d}	9.19^{ij}	23.23^{f-c}	5.09^{v}	6.50^{t}	15.50^{p}	3.40^{p}
Sharbati	131.4^{edc}	50.8^{lkj}	73.5^{b-c}	0.70^{j}	10.8^{o-n}	3.70^{c}	6.50st	20.19^{chi}	5.40^{o-k}	21.39^{fhg}	7.62^{j-m}	19.1^{c}	15.00^{q}	3.40^{p}
Golab Kohanz	94.0^{jih}	45.5^{f-g}	66.6^{gfh}	0.80^{g-f}	26.5^{cb}	2.72^{g-h}	7.48^{s}	16.13^{o-l}	4.66^{o-s}	17.81^{n-j}	3.37^{xv}	3.70^{c}	13.50^{t}	4.50^{d}
Zonuz Marand	86.9^{jih}	5.3^{f-g}	58.3^{kj}	0.94^{b}	10.9^{o-n}	2.37^{p-q}	11.38^{l-m}	21.^{gfe}	12.25^{cb}	19.57^{ihj}	9.37^{e-c}	3.20^{e}	22.00^{e}	4.40^{e}
Akhlamad Mashhad	130.2^{edc}	58.2^{f-g}	67.0^{gf}	0.86^{c-d}	9.5^{op}	2.59^{g-h}	13.81^{g-e}	21.99^{fed}	11.98^{cd}	22.7f-g	9.59^{b-c}	.3.75^{c}	13.75^{s}	4.05^{i}
Ghasemshahi	150.9^{bac}	64.7^{a}	75.2^{ba}	0.87^{c-d}	14.1^{l-n}	2.70^{g-h}	16.09^{ba}	19.41^{jhi}	12.66^{cb}	20.75^{ihg}	7.26^{j-m}	5.00^{y}	12.00^{w}	3.75^{m}
Wasat ras	101.0^{gih}	34.4^{n}	47.0^{mn}	0.74^{hi}	12.0^{l-n}	2.52^{p-q}	9.35^{p-q}	12.99^{o-p}	4.44^{o-q}	14.02st	6.67^{q-m}	17.00^{d}	4.10^{a}	4.30^{f}
Foroughi Bastami	104.5^{gih}	55.0^{f-g}	64.5^{gih}	0.86^{c-d}	9.4^{op}	2.07^{p-q}	9.64^{o-p}	16.98^{onl}	8.62^{ihj}	18.4^{m-j}	7.$^{86j-h}$	3.50^{d}	12.00^{w}	3.60^{n}
Khorsijan	100.9^{gih}	55.2^{f-g}	61.9^{gih}	0.89^{cb}	21.8^{d}	1.7^{a}	14.52^{b-c}	19.51^{gih}	12.1^{cb}	23.57^{bc}	8.39^{e-h}	6.10^{u}	13.00^{v}	4.00^{j}
Mohammad Abadi	95.1^{jih}	49.5^{l}	61.6^{kji}	0.80^{g-f}	11.5^{l-n}	3.56^{dc}	7.26^{s}	15.76^{o-l}	4.56^{o-r}	16.84^{n-o}	7.65^{j-h}	17.9^{i}	28.00^{a}	3.70^{m}
Bojnourdi	46.7^{kj}	43.8^{m}	58.2^{kj}	0.77^{kji}	12.8^{ghi}	2.47^{p-q}	12.30^{g-h}	22.69^{ced}	8.23^{ij}	22.24^{feg}	8.85^{e-f}	15.7^{f}	20.00^{g}	3.20^{r}
Dirras Mashhad	151.3^{bac}	61.7^{ba}	70.9^{e-c}	0.86^{c-d}	19.5^{edf}	3.33^{dce}	6.47st	18.87^{kji}	5.47^{o-k}	19.61^{ihj}	7.07^{j-m}	7.20^{r}	17.00^{m}	3.40^{p}
Paeyzeh Mashhad	62.4^{bac}	42.3^{ba}	51.6^{e-c}	0.83^{c-d}	13.8^{edf}	1.93^{p-q}	7.62^{sr}	12.23^{u}	5.34o-q	16.47^{n-o}	10.24^{a}	4.85^{zy}	18.75^{i}	4.00^{j}
Ghermez Rezaieh	134.4^{e-c}	57.9^{f-g}	70.2^{e-c}	0.84^{g-d}	15.6^{h-i}	2.23p-q	13.82p-q	21.21g-e	12.30^{cb}	24.69^{b-c}	8.10^{j-h}	4.00^{b}	18.00^{m}	4.00^{j}
Ardabil 1	86.7^{jih}	50.9^{lkj}	62.7^{g-h}	0.81^{g-d}	13.3^{l-n}	2.69^{g-h}	7.17^{s}	14.24^{trs}	5.68^{o-k}	15.08^{srq}	5.79^{t-u}	2.40^{h}	17.00^{m}	4.60^{c}
Ardabil 2	81.3^{k-h}	42.5^{m}	61.2^{kji}	0.69^{j}	14.8^{h-i}	2.50^{p-q}	9.28^{o-r}	14.41^{psq}	3.28^{t-r}	16.81^{n-o}	5.62^{t-u}	11.4^{k}	18.00^{k}	3.60^{n}
Oghaneh	14.2^{b-c}	59.4^{b-c}	70.8^{e-c}	0.83^{e-c}	9.5^{g-d}	2.06^{op}	14.08^{p-q}	24.86^{g-e}	15.69^{b}	26.15^{a}	5.50^{t-u}	5.60^{w}	17.00^{m}	3.80^{j}
Shafiabadi	90.9^{jih}	53.6^{i-j}	6.3.8^{gih}	0.84^{g-d}	13.5^{l-n}	1.76^{srq}	13.32^{g-e}	16.51^{o-l}	8.36^{ihj}	17.89^{n-j}	8.16^{j-h}	4.50^{a}	15.00^{q}	4.50^{d}
Abbasi keshideh	92.8^{jih}	53.8^{i-g}	52.8^{g-h}	0.87^{c-d}	13.8^{l-n}	2.56^{p-h}	13.01^{g-e}	23.94^{cbd}	13.86^{b}	26.49^{p-h}	9.60^{g-h}	5.80^{cbd}	16.50^{b}	4.10^{a}

A: Fruit weight; B: Fruit length; C: Fruit diameter; D: Fruit Length/diameter ratio; E: Stalk length; F: Stalk thickness; G: Stalk hole depth; H: Stalk hole width; I: Eye hole depth; J: Eye hole width; K: Flesh firmness; L: Titrable acidity; M: Total soluble solids; N: Acidity.

ادامه جدول ۲-

Table 2. continued

Cultivar	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
IRI 3	160.6^{a}	59.2^{b-c}	73.0^{b-c}	0.81^{g-d}	18.9^{h-f}	3.24^{d-e}	11.00^{o-k}	23.79^{cbd}	9.65^{i-h}	24.66^{d-e}	6.12^{o-m}	8.00^{cbd}	16.00^{i-e}	3.30^{bdc}
Heidarzade	96.2^{jih}	51.7^{lkj}	63.9^{gih}	0.82^{g-d}	40.4^{opn}	2.45^{p-q}	10.27^{o-m}	13.50^{t-s}	6.37^{lkm}	15.52^{p-q}	6.23^{o-m}	5.40^{t-s}	12.00^{lkm}	4.10^{s-p}
Shastomi	24.2^{on}	29.8^{o}	38.7^{o}	0.78^{ghi}	10.8^{o-n}	2.16^{p-q}	4.70^{uv}	15.01^{o-r}	5.75^{o-k}	14.60^{p-q}	8.65^{uv}	10.0^{o-q}	19.00^{o-m}	3.60^{sr}
Mashhad Nouri	100.3^{gih}	55.4^{f-g}	64.1^{gih}	0.88^{cbd}	46.2^{h-i}	1.92^{p-q}	8.08^{uv}	15.02^{o-r}	4.72^{ok}	16.26	6.58	3.40	15.00o	4.50^{n-o}
Chini Ashk	93.4^{jih}	59.4^{b-c}	57.4^{k}	1.04^{a}	19.1^{e-f}	2.86^{g-h}	4.04^{uvw}	15.12^{or}	4.36^{o-q}	16.34^{g-h}	5.91^{uvw}	5.70^{o-q}	16.00^{o-p}	4.20^{n-o}
Shemirani	90.1^{jih}	51.1^{lkj}	61.4^{kji}	0.83^{g-d}	11.9^{l-n}	2.18^{p-q}	10.94^{o-k}	18.51^{kj}	10.17^{g-e}	21.95^{p-q}	8.05^{o-m}	17.0^{kji}	3.30^{g-e}	4.20^{feg}
Lebanese queen	130.2^{bc}	60.7^{edf}	69.4^{c-d}	0.87^{l-m}	10.9^{p-q}	2.01^{a}	16.31^{cfe}	22.12^{i-h}	9.92^{i-h}	19.00^{p-q}	9.95^{a}	4.80^{c-d}	15.00^{i-e}	3.70^{i-j}
Paeyzeh Zard Mashhad	99.9^{g-h}	51.2^{lkj}	62.8^{g-h}	0.82^{g-d}	14.5^{h-i}	1.97^{p-q}	9.98^{o-p}	14.89^{o-s}	8.39^{ihj}	19.17^{p-q}	9.40^{o-m}	4.90^{o-q}	21.00^{ihj}	4.10^{ikj}
IRI 4	162.0^{a}	59.2^{b-c}	69.5^{edf}	0.86^{c-d}	28.9^{b}	2.21^{p-q}	15.06^{b-c}	24.04^{cb}	11.36^{cde}	25.12^{p-q}	5.39^{b-c}	4.10^{cb}	13.25^{cde}	3.70^{bac}
IRI 6	39.0^{mn}	35.6^{n}	44.5^{n}	0.80^{g-f}	13.1^{l-n}	1.93^{p-q}	3.96^{uvw}	15.60^{o-l}	2.13^{vu}	12.53^{p-q}	6.36^{uvw}	6.70^{o-q}	19.00^{vu}	3.60^{ut}
Boshghabi Balkhi	143.2^{e-c}	53.3^{i-j}	74.7^{bac}	0.72^{ji}	19.8^{edf}	2.24^{p-q}	15.49^{bac}	26.84^{a}	10.30^{g-e}	25.7^{p-q}	5.22^{bac}	11.0^{a}	16.00^{g-e}	3.70^{ba}
Shafiei	93.6^{jih}	50.2^{lk}	62.1^{k-h}	0.82^{g-d}	20.5^{ed}	1.79^{p-q}	10.42^{o-m}	21.97^{fe}	9.51^{igh}	22.03	9.47	2.50f^{ed}	14.50^{j-h}	3.70^{feg}
Alimouri	21.8^{on}	29.7^{o}	39.4^{o}	0.78^{ghi}	18.9^{h-i}	1.67^{sr}	2.63^{w}	9.88^{a}	1.96^{vu}	11.73^{sr}	6.94^{w}	3.10^{v}	12.00^{vu}	4.70^{u}
Rezavani	120.7^{fg}	55.0^{edf}	69.5^{g-f}	0.80^{h-i}	15.3^{v-h}	2.67^{o-r}	9.25^{k-m}	17.04^{lk}	6.47^{v}	17.44^{g-h}	6.55^{o-r}	14.0^{k-m}	4.40^{lk}	4.10^{n-o}
Mahalli kharv	146.2^{b-c}	61.4^{ba}	71.9^{e-c}	0.86^{c-d}	11.5^{l-n}	2.75^{g-h}	11.67^{l-h}	19.17^{jhi}	9.82^{i-h}	23.03^{g-h}	8.05^{ij}	6.00^{jhi}	13.00^{i-e}	3.70^{fde}
Soltani Shabestar	139.7^{b-c}	62.2^{e-c}	71.1^{ba}	0.89^{cb}	21.8^{d}	2.19^{p-q}	11.13^{l-m}	15.68^{o-l}	6.50^{lk}	12.62^{p-q}	5.80^{l-m}	16.0^{o-q}	4.50^{lk}	4.50^{ut}
Ghandak Kashan	22.4^{on}	35.7^{n}	39.0^{o}	0.94^{b}	3.3^{q}	2.56^{p-h}	2.66^{w}	12.40^{tu}	2.98^{tvu}	12.45^{p-h}	4.06^{w}	2.60^{tu}	15.00^{tvu}	4.70^{ut}
Mashhad	45.3^{on}	41.2^{n}	50.5^{o}	0.83^{b}	19.2^{q}	3.05^{p-h}	5.33^{w}	14.48^{tu}	2.54^{tvu}	11.98^{g-h}	6.10^{ut}	4.10^{p-q}	16.00^{tvu}	4.40^{u}
Dorag Mehrgan	144.6^{b-c}	50.0^{lk}	61.1^{kji}	0.82^{g-d}	21.7^{d}	3.38^{dce}	3.30^{vw}	15.63^{o-q}	3.57^{tu}	17.93^{nj}	5.75^{tu}	4.40^{a}	15.00^{q}	4.10^{h}
Atlasi	50.1^{ml}	17.5^{q}	29.6^{p}	0.58^{k}	7.0^{q-p}	2.14^{p-q}	6.82st	17.17^{klm}	4.12^{o-p}	17.73^{n-j}	9.79^{bac}	19.3^{c}	24.00^{c}	3.40^{p}
IRI 1	123.8^{edf}	58.6^{f-c}	67.3^{egf}	0.86^{c-d}	29.5^{b}	1.86^{p-q}	12.50^{g-j}	15.24^{o-q}	6.28^{l-m}	15.59^{s-o}	6.50^{q-n}	6.50^{t}	20.00^{g}	3.70^{m}
IRI 2	77.6^{kji}	50.1^{lk}	57.4^{k}	0.89^{cb}	19.8^{edf}	1.43st	8.28^{q-r}	15.80^{o-q}	5.47^{o-p}	17.64^{n-o}	9.08^{e-c}	7.75^{q}	18.50^{j}	3.50^{o}
'Englisi Shiraz'	154.5^{ba}	59.8^{bdc}	76.0^{a}	0.79^{g-i}	16.1^{h-i}	3.16^{g-e}	6.97st	15.14^{o-q}	4.44^{o-p}	16.07^{n-o}	5.88^{q-u}	15.00^{g}	9.00^{y}	3.60^{o}
Golden Karaj	92.4^{jih}	53.0^{i-j}	61.1^{kji}	0.87^{c-d}	19.7^{edf}	2.01^{p-q}	9.63^{o-m}	19.94^{ghi}	6.68^{kj}	16.52^{n-o}	7.39^{i-m}	4.10^{b}	17.50^{l}	3.80^{l}
'Morabbaei'	7.5o	24.4^{p}	22.8^{q}	1.06^{a}	20.5^{d}	0.87^{t}	2.43^{w}	4.85^{w}	0.16^{w}	1.15^{w}	10.23^{a}	30.7^{a}	25.00^{b}	3.10^{s}
Arbabi	101.9^{gh}	52.7^{i-j}	62.9^{g-h}	0.84^{g-d}	35.9^{a}	2.13^{p-q}	10.27^{o-m}	20.63^{gfh}	9.87^{i-e}	22.74^{feg}	9.98b^{a}	9.70^{n}	18.50^{j}	3.40^{p}
Birjandi	121.7^{egf}	61.4b^{a}	70.5^{e-c}	0.87^{c-d}	22.8^{d}	1.91^{p-q}	12.85^{g-j}	17.61^{kjl}	8.70^{lgh}	19.32^{ihj}	6.53^{q-m}	9.00^{o}	18.00^{k}	3.70^{m}
Bel du Pontoise	137.9^{e-c}	58.2^{f-g}	71.2^{e-c}	0.80^{g-f}	14.4^{l-i}	2.52^{p-q}	12.34^{g-j}	22.03^{kjl}	3.08^{t-u}	17.36^{n-o}	8.56^{e-h}	11.6^{j}	18.00^{k}	3.10^{s}

A: Fruit weight; B: Fruit length; C: Fruit diameter; D: Fruit Length/diameter ratio; E: Stalk length; F: Stalk thickness; G: Stalk hole depth; H: Stalk hole width; I: Eye hole depth; J: Eye hole width; K: Flesh firmness; L: Titrable acidity; M: Total soluble solids; N: Acidity.

جدول ۳- تنوع بالای ژنتیک صفات کمی ارقام قدیمی و ژنوتیپ بومی سیب بر اساس اندیکس ضریب شانون

Table 3. High genetic diversity of the qualitative traits of the native apple cultivars/genotypes on the basis of Shannon diversity index

A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1.19	0.98	1.01	0.81	1.01	0.74	1.02	1.16	1.39	1.18	1.08	1.69	1.03	0.99	0.83	0.73	1.07	0.85	1.3	0.71	1.46

A: Fruit size; B: Overall fruit shape; C: Eye ribs prominence; E: Crown depth; F: Eye size; G: Peel wax; H: Peel oil; I: Background color; J: Color ratio; K: Color flush; L: Color intensity; M: Type of over-color; N: Width of strips; O: Stalk hole russet; P: Cheek russet; Q: Around eye russet; R: Number of lenticels; S: Lenticel size; T: Flesh color; U: Inter-capillary space; V: Ripening time

نتایج تنوع ژنتیک صفات مورفولوژیک کیفی مربوط به میوهٔ ژرم پلاسم بومی سیب در جدول (۴) نشان داده شده است. ایجاد تغییر در بیان یک صفت منفرد و یا تعداد بسیار اندکی از ویژگی‌های نتاج تولیدشده نسبت به رقم مادری طی برنامه به‌نژادی، در صورت یکنواختی و پایدار بودن آن صفات طی تکثیرهای غیرجنسی متوالی تا نسل سوم از نهال‌های تکثیر شده نشان‌دهندهٔ ایجاد یک کلون یا موتانت جهش یافته مانند کلون Grand Gala با افزایش ۱۵ درصد و ۳۸ درصد در قطر و وزن نسبت به رقم مادری گالا است. این نتایج نشان‌دهندهٔ اهمیت بالای ارزیابی صفات از طریق مطالعات فنوتیپی است. براساس جدول ۴، ارقام شصتمی، علیموری، قندک کاشان و ژنوتیپ امیدبخش IRI6 و مربایی کوچک‌ترین اندازه و سبک‌ترین وزن کمتر از ۴۰ گرم را داشتند. در میوه‌های میان‌وزن ارقام قدیمی گلاب صحنه، گلاب نوری، پائیزه مشهد، مشهد و اطلسی با میانگین وزن میوه ۴۰ تا ۷۰ گرم ثبت شد. سطح زیر کشت رقم جدید گل‌بهار با توجه به ورودی بازار تازه‌خوری افزایش نشان می‌دهد. ارقام قدیمی گلاب کهنز، زنوز مرند، اخلمد مشهد، وسطرس، فروغی بسطامی، خورسیجان، محمدآبادی، بجنوردی، اردبیل۱، اردبیل۲، شفیع‌آبادی، عباسی‌کشیده، حیدرزاده، مشهد نوری، چینی اشک، شمیرانی، پائیزه زرد مشهد، شفیعی، گلدن کرج همراه با ژنوتیپ امیدبخش IRI2 در گروه میوه‌های بزرگ با وزن ۷۰ تا ۱۲۰ گرم طبقه‌بندی شدند. سه ژنوتیپ امیدبخش IRI1، IRI3، IRI4 و انگلیسی شیراز همراه با ارقام قدیمی ملکه لبنان، قاسم‌شاهی، رضوانی، محلی خرو، اوغانه، قرمز رضائیه، دیررس مشهد، سیاه کمپوتی، بیرجندی، دورگ مهرگان، شفیع آبادی، شربتی و سلطانی شبستر با میانگین وزن ۱۲۰–۱۷۰ گرم در گروه میوه‌های با وزن بسیار بزرگ قرار داشتند. کمینهٔ قطر میوه به‌ترتیب در رقم پاکوتاه مربایی ۲۲/۸، ارقام اطلسی ۲۹/۶، شصتمی ۳۸/۷، قندک کاشان ۳۹، علیموری ۳۹/۴ و ژنوتیپ IRI6 ۴۴/۵ به ثبت رسید. بیشترین قطر میوه به‌ترتیب نزولی در 'انگلیسی شیراز' ۷۶، 'قاسم شاهی' ۷۵.۲، 'شربتی' ۷۳/۵، 'IRI3' با ۷۳ ثبت شد وزن میوه مربایی ۷.۵، علیموری ۲۱/۸، قندک کاشان ۲۲/۴ و IRI6 با ۳۹ گرم در حد کمینه قرار داشتند. بیشینه این صفت به ترتیب در ارقام قاسم‌شاهی با ۱۵۴/۲گرم و شربتی با ۱۳۱/۴ گرم نشان دهندهٔ رابطهٔ مستقیم بین وزن و قطر میوه است. تنوع بالای شکل میوه، کدگذاری شده براساس توصیف‌گر سیب، به صورت زنگوله‌ای (۱)، مخروطی (۲)، تخم مرغی (۳)، استوانه ای (۴)، بیضوی (۵)، کروی (۶) و بشقابی (۷) مشاهده شد. شکل کروی بیشترین و شکل بیضوی کمترین فراوانی را داشت.

۴۸ رقم و ژنوتیپ بومی از نظر زمان رسیدن میوه به پنج گروه تقسیم شدند بیشتر ارقام در دو گروه بسیار دیررس توزیع شدند (جدول ۵).

تجزیه به عامل‌ها

در تجزیه به عامل‌ها، چهار عامل اصلی و مستقل با ضریب ویژه بالای یک در مجموع ۶۷ درصد از واریانس کل را توجیه کردند (جدول ۶، شکل ۱). عامل اول که ۳۸/۲۱ درصد از تغییرات بین داده‌ها را توجیه نمود، شامل صفات وزن میوه، طول میوه، قطر میوه و طول دم میوه بود. عامل دوم شامل صفت فیزیکی سفتی بافت گوشت میوه و TSS با ضرایب مثبت و صفت pH آب میوه با ضریب منفی بود. نسبت طول به قطر میوه به تنهایی در عامل سوم قرار گرفت و ۷/۷۷ درصد از تغییرات بین داده‌ها را توجیه نمود. عامل چهارم نیز شامل صفات ضخامت دم، عمق گودی دم، عرض گودی دم، عمق گودی چشم و عرض گودی چشم بود و ۷/۱۴ درصد از تغییرات بین داده‌ها را در بر گرفت (شکل ۱).

جدول ٤- صفات کیفی مربوط به رنگ و زنگار میوه ارقام و ژنوتیپ قدیمی ایران

Table 4. Qualitative traits related to fruit color and russet of the old Iranian apple cultivars and genotypes

Genotype	Type of over-color	Color intensity	Color flush	Color ratio	Background color	Flesh color	Eye russet	Cheek russet	Stalk hole russet
Golab Sahneh	Solid with pale tapes	Medium	Pink red	Low	Yellowish green	Greenish	Non/small	Non/small	Non/small
Golbahar	Solid with pale tape	Medium	Pink red	Medium	Yellowish green	Cream	Non/small	Non/small	Non/small
Bel de Boskoop	Only tapes	Light	Pink red	Medium	Yellow	Greenish	Large	Large	Medium
Golab Nouri	Solid with clear tapes	Light	Pink red	Low	Yellowish green	Greenish	Non/small	Non/small	Non/small
Siah kompouti	Solid with clear tapes	Dark	Red	High	Yellowish green	Yellowish	Non/small	Non/small	Large
Sharbati	Only tapes	Dark	Purple red	high	Green	Greenish	Large	Medium	Large
Golab Kohanz	Solid with pale tapes	Light	Pink red	Low	Whitish yellow	Cream	Medium	Medium	Non/small
Zonuz Marand	Tape spot and guttate	Medium	Orange red	Medium	Yellowish green	Greenish	Large	Large	Medium
Akhlamad Mashhad	Solid with clear tapes	Medium	Red	Low	Green	Greenish	Non/small	Non/small	Non/small
Ghasem Shahi	Tape spot and guttate	Medium	Pink red	Low	Whitish yellow	Greenish	Non/small	Non/small	Medium
Wasatras	Solid with pale tape	Medium	Pink red	Medium	Whitish yellow	Greenish	Medium	Medium	Medium
Foroghi Bastami	Solid with pale tape	Dark	Purple red	Very high	Yellowish green	Yellowish	Non/small	Non/small	Non/small
Khorsijan	Tape spot and guttate	Medium	Red	Medium	Yellowish green	Yellowish	Non/small	Non/small	Non/small
Mohammad Abadi	Solid with pale tapes	Light	Pink red	Medium	Yellowish green	Greenish	Non/small	Non/small	Non/small
Bojnordi	Tape spot and guttate	Dark	Red	High	Yellowish green	Cream	Non/small	Non/small	Medium
Dirras Mashhad	Solid with pale tapes	Medium	Pink red	Low	Yellow	Yellowish	Non/small	Non/small	Non/small
Paeyzeh Mashhad	Tape spot and guttates	Light	Orange red	Low	Yellowish green	Cream	Large		Medium
Ghermez Rezaieh	Solid with clear tape	Medium	Red	Low	Yellowish green	White	Large	Large	Medium
Ardabil 1	Pale solid with clear tapes	Light	Pink red	Medium	Yellowish green	Yellowish	Non/small	Medium	Non/small
Ardabil 2	Pale solid with clear tapes	Medium	Pink red	High	Yellowish green	Yellowish	Large	Non/small	Large
Oghaneh	Solid with clear tapes	Medium	Pink red	Low	Whitish green	Cream	Non/small	Medium	Medium
Shafiabadi	Tape spot and guttate	Medium	Pink red	High	Whitish yellow	Yellowish	Medium	Non/small	Non/small
Abbasi keshideh	Solid with clear tapes	Medium	Red	Medium	Yellowish green	White	Non/small	Non/small	Non/small
IRI 3	Solid with pale tape	Light	Orange red	Medium	Green	Yellowish	Non/small	Non/small	Medium
Heidarzadeh	Solid with clear tapes	Dark	Red	high	Yellowish green	Yellowish	Non/small	Non/small	Non/small
Shastomi	Pale solid with clear tapes	Medium	Orange red	Medium	Yellowish green	Yellowish	Non/small	Non/small	Non/small
Mashhad Nouri	Pale solid with clear tape	Dark	Pink red	Very low	Whitish yellow	Cream	Non/small	Non/small	Medium

ادامهٔ جدول ٤-

Table 4. Continued

Genotype	Type of over-color	Color intensity	Color flush	Color ratio	Background color	Flesh color	Eye russet	Cheek russet	Stalk hole russet
Chini Ashk	Solid with pale tapes	Light	Pink red	High	Yellow	White	Medium	Medium	Non/small
Shemirani	Solid with clear tapes	Medium	Orange red	High	Yellowish green	Cream	Non/small	Non/small	Non/small
Queen of Lebanon	Solid with clear tapes	Dark	Purple red	Very high	Yellowish green	Yellowish	Non/small	Non/small	Non/small
Paeyzeh Zard Mashhad	Tape spot and guttate	Light	Orange red	Low	Green	Yellowish	Large	Large	Large
IRI 4	Solid with pale tape	Light	Orange red	Medium	Yellow	Cream	Non/small	Non/small	Medium
IRI 6	Solid with clear tapes	Dark	Purple red	High	Yellowish green	white	Non/small	Non/small	Medium
Boshghabi Balkhi	Pale solid with clear tapes	Dark	Red	Medium	Green	White	Large	Non/small	Large
Shafiei	Solid with clear tape	Medium	Orange red	Medium	Yellowish green	White	Non/small	Non/small	Large
Alimouri	Solid with pale tape	Light	Pink red	Very low	Yellowish green	White	Non/small	Medium	Medium
Rezvani	Solid with pale tapes	Medium	Pink red	Medium	Yellowish green	Cream	Non/small	Medium	Non/small
Mahalli Kharv	Solid with pales tape	Medium	Red	Medium	Green	Yellowish	Non/small	Non/small	Non/small
Soltani Shabestar	Solid with pale tapes	Light	Pink red	Medium	Yellowish green	Yellowish	Non/small	Non/small	Medium
Ghandak Kashan	Solid spot	Light	Pink red	Very low	Yellowish green	Cream	Non/small	Non/small	Non/small
Mashhad	Solid with pale tape	Light	Pink red	Low	Yellowish green	Cream	Non/small	Non/small	Non/small
Dorag Mehrgan	Solid with pale tapes	Light	Pink red	Low	Yellowish green	Cream	Non/small	Non/small	Medium
Atlasi	Tape spot and guttate	Dark	Orange red	High	Green	Cream	Non/small	Non/small	Non/small
IRI 1	Tape spot and guttate	Light	Pink red	Very low	yellow	Yellowish	Non/small	Non/small	Non/small
IRI 2	Solid with pale tape	Light	Pink red	Medium	Yellowish green	Cream	Non/small	Medium	medium
Englisi Shiraz	Pale solid with clear tapes	Medium	Pink red	Medium	Yellowish green	Greenish	Non/small	Non/small	Medium
Golden Karaj	Tape spot and guttate	Light	Pink red	Low	Whitish yellow	Cream	Non/small	Non/small	Non/small
Morabbaei	Tape spot and guttate	Dark	Red	Very high	Yellow	Cream	Non/small	Non/small	Large
Arbabi	Tape spot and guttate	Light	Pink red	Medium	Yellowish green	Cream	Non/small	Non/small	Medium
Birjandi	Tape spot and guttate	Medium	Orange red	Medium	Yellowish green	Yellowish	Large	Large	Medium
Bel du Pontoise	Tape spot and guttate	light	Pink red	Low	Yellowish green	cream	Non/small	Non/small	medium

جدول ۵- گروه بندی ارقام قدیمی و ژنوتیپ های بومی برای صفت زمان رسیدن بر اساس دستورالعمل تمایز، یکنواختی و پایداری سیب

Table 5. Ranking of the old apple cultivars and genotypes for ripening time phenology based on National Guide of Apple for Disinctness, Uniformity and Stabiulity (D.U.S)

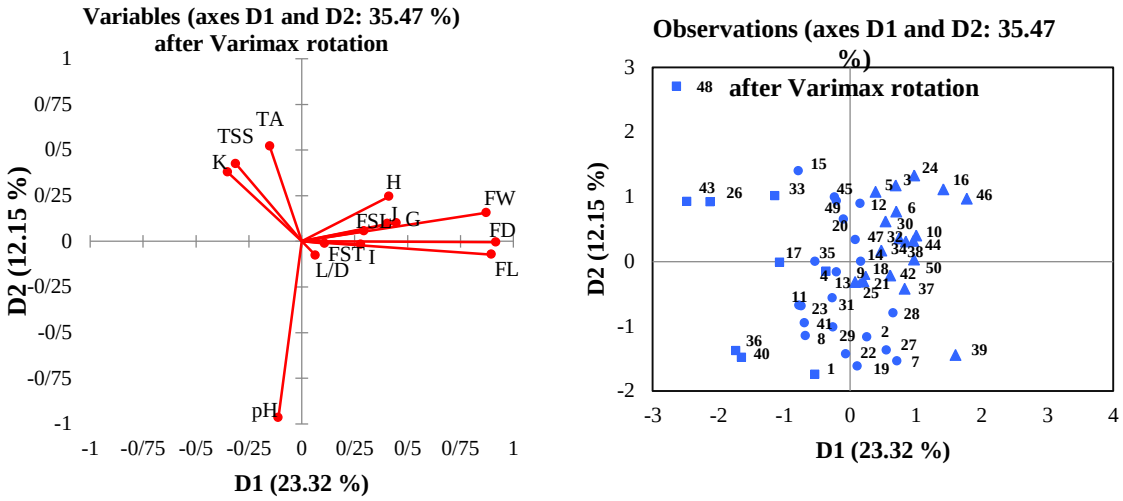
Ripening time phenology	Old native apple cultivars/genotypes
Very early (9 CVs)	Golab Sahneh; Golbahar; Golab Nouri; Golab Kohanz; Ardebil1; Shafiabadi; Heydarzadeh (Gharayarpagh); Ghandak Kashan Englisi Shiraz
Early (7 CVs)	Sharbati, Wasatras, MohammadAbadi; Mashhad nouri; Chini Ashk; Rezvani; Soltani Shabestar
Mid-ripening (4 CVs)	Alimouri; Mashhad; Morabbaei; Birjandi
Late (8 CVs)	Paeyzeh Mashhad; Ardebil2(Boshghabi Balkhi); Paeyzeh Zard Mashhad; IRI6; Dorag Mehrgan, Atlasi; Golden karaj; Arbabi;
Very Late (20 CVs)	Siah Kompouti; Zonuz Marand; Akhlamad Mashhad; Ghasem shahi; Froughi Bastami; Khorsijan; Bojnordi; Dirras Mashhad; Ghermez Rezaieh; Oghane; Abbasi keshideh; IRI3; Shastomi; Shemirani; Queen of Lebanon; IRI 4; Shafiei; Mahalli Kharv; IRI1; IRI2

جدول ٦- آنالیز عاملی صفات کمی ارقام و ژنوتیپ های بومی سیب ایران

Table 6. Factor analysis of quantitative traits of the different native Iranian old apple cultivars and genotypes

Fruit trait	-F1	F2	F3	F4
Fruit weight	0.86	0.16	-0.09	0.35
Fruit length	0.88	-0.07	0.30	0.35
Fruit diameter	0.90	-0.01	-0.04	0.37
Length to diameter ratio	0.06	-0.08	0.91	-0.08
Stalk length	0.29	0.06	0.19	-0.09
Stalk thickness	0.11	-0.01	0.03	0.20
Stalk hole depth	0.4	0.10	-0.01	0.71
Stalk hole width	0.41	0.25	-0.16	0.77
Eye hole depth	0.27	-0.02	0.12	0.92
Eye hole width	0.40	0.10	-0.18	0.83
Flesh firmness	-0.35	0.39	0.21	0.33
Titrable acidity	-0.15	0.53	-0.14	-0.18
Total soluble solids	-0.31	0.43	0.14	0.10
pH	-0.11	-0.98	0.07	-0.14
Eigen value	5.35	1.94	1.09	1.00
Variability variance (%)	38.21	13.88	7.77	7.14
Cumulative variance (%)	38.21	52.09	59.86	67.00

Values in bold correspond for each variable to the factor which the squared cosine is the largest



شکل ۱- تجزیه به عامل های صفات کمی ارقام قدیمی و ژنوتیپ های سیب (راست) بر اساس دو عامل اول (چپ)

Figure 1. By plot analysis of quantitative traits old apple cultivars and genotypes (right) studied on the base first two factors (left).

تجزیه کلاستر

دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر، ۴۸ رقم و ژنوتیپ بومی سیب را بر اساس صفات مورد مطالعه در سه گروه قرار داد (شکل ۲). گروه اول شامل هفت رقم قندک کاشان، گلاب صحنه، گلاب نوری، مشهد، پاییزه مشهد، شصتمی، علیموری، اطلسی، و دو ژنوتیپ خودسازگار IRI6 و مربایی است که به احتمال زیاد در ژاپن به Marubbakaido تغییر نام یافته است. اجزای گروه اول به جز TA، TSS، سفتی گوشت در ارقام مربایی، پائیزه مشهد و pH عمدتاً مقادیر پایین‌تری از صفات مورد مطالعه نسبت به سایر گروه‌ها ثبت گردید (جدول ۲). نام چهار رقم این گروه مانند مربایی با پسوند مشهد و شصتمی نام یک روستا در خراسان رضوی است که بیانگر خویشاوندی ژنتیک آنان است. منشأ دو رقم دیگر گروه استان‌های غربی است. گروه دوم شامل ۲۱ رقم و ژنوتیپ، به سه زیر گروه تفکیک شد. اولین زیرگروه دربرگیرنده گلبهار، گلاب کهنز، شفیعی، شفیع‌آبادی، شمیرانی، محمدآبادی و ژنوتیپ‌های گلدن کرج، به استثنای یک ژنوتیپ، همه ارقام با منشأ استان-های البرز و تهران در کلاس‌های خیلی زودرس و زودرس قرار دارند که از نظر صفات میوه‌شناسی در ردهٔ میانه دندروگرام قرار گرفتند. گروه سوم شامل ۱۷ رقم و ژنوتیپ بود. اولین زیرگروه شامل ارقام بیرجندی، سیاه کمپوتی، اخلمد مشهد، قاسم‌شاهی، دیررس مشهد، رضوانی، محلی خرو متعلق به استان خراسان رضوی است. در حالی‌که ارقام زیرگروه دوم شامل قرمز رضائیه، اوغانه، سلطانی شبستر همگی از استان‌های غربی ایران بودند. 'شربتی' و 'دورگ مهرگان' از استان‌های البرز و اصفهان خویشاوند هستند. رقم ملکه لبنان و ژنوتیپ انگلیسی شیراز، IRI3، IRI4 و IRI1 با منشأ ناشناخته باقی ماندند. زمان جمع‌آوری این سه ژنوتیپ به بیش از پنج دهه قبل باز می‌گردد و در آخرین نقشه کاشت کلکسیون ارقام با عنوان ناشناخته ۱ تا ۸ درج شده بودند که سندی از محل پیدایش آن‌ها وجود ندارد. هم‌گروهی سه ژنوتیپ ناشناخته با رقم ملکه لبنان با منشأ حوزه مدیترانه و نیز ژنوتیپ انگلیسی شیراز به عنوان یک رقم وارداتی از اروپا این احتمال را ایجاد می‌کند که هر هفت رقم دارای خویشاوندی مشابه اروپایی باشند. در مجموع تمامی ارقام و ژنوتیپ‌های طبقه‌بندی‌شده در گروه سوم دندروگرام دارای بالاترین سطح از بیان ژن‌های مسئول صفات پومولوژیک مورد مطالعه به جز صفات بیوشیمیایی هستند (جدول ۲)، که این ویژگی، گروه

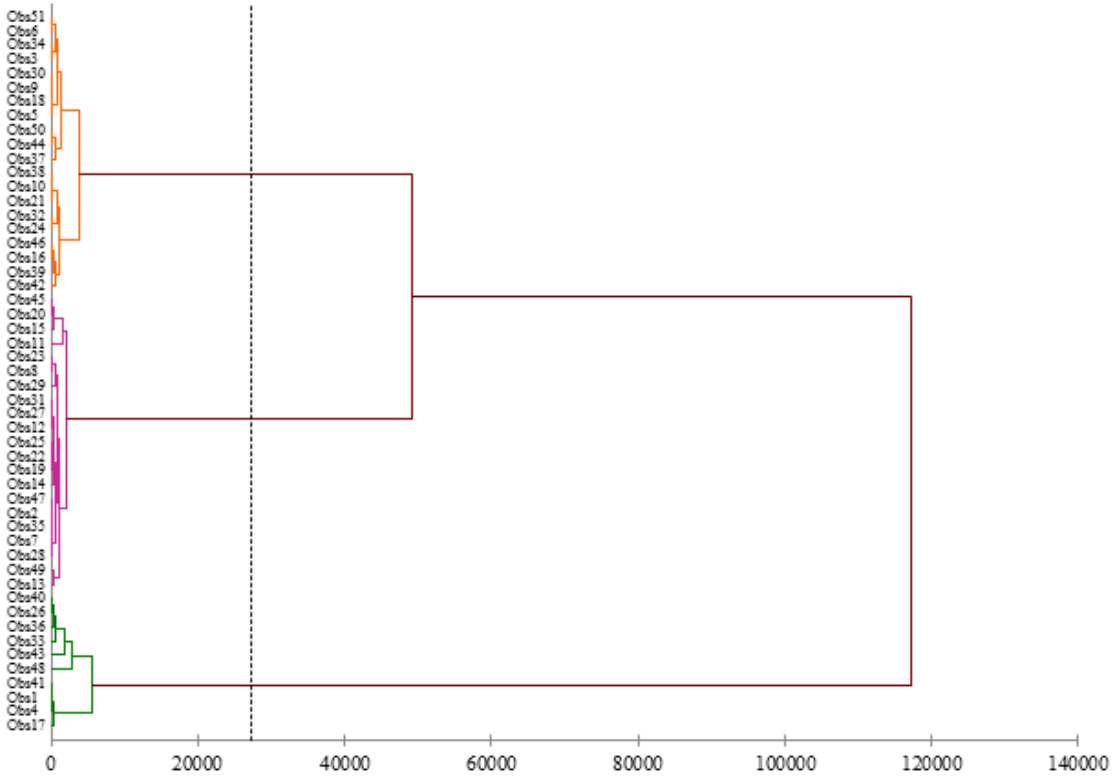
سوم را در تجزیه خوشه‌ای با اجزای دو گروه دیگر متمایز می‌کند. دندروگرام، سیب‌های بومی را بر اساس زیستگاه اصلی یا منشأ از طریق جاده ابریشم تقسیم بندی کرده است. تجزیه عملکرد تشخیصی نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به‌درستی و با دقت ۱۰۰ درصد در گروه‌های حاصل از آنالیز خوشه‌ای جایگزین شدند (جدول۷). از نظر صفت زمان رسیدن، به جز ارقام شصتمی خیلی دیررس، اطلسی و پاییزه مشهد، چهار رقم دیگر خیلی زودرس تا زودرس طبقه‌بندی شدند (جدول ۶). ارقام گلاب صحنه و گلاب نوری با میوهٔ کوچک همراه با رقم‌های مربایی و قندک کاشان با میوه‌های ریز با ارقام از خاستگاه منطقه خراسان در یک گروه خویشاوندی قرار گرفتند. ارتباط تنگاتنگ فنوتیپ- ژنوتیپ در محیط نیمه‌خشک و گرم منطقه خراسان، احتمال دارد جهت سلکسیون به طرف ارقام زودرس با نیاز آبی کمتر هدایت شده باشد. گروه دوم با منشأ شمال‌غرب ایران به عنوان دیگر مرکز تنوع ایجاد شده سیب، خاستگاه ارقامی چون اردبیل۱، اردبیل۲، حیدرزاده، سلطانی شبستر، زنوز مرند عمدتاً از آذربایجان‌شرقی، آذربایجان‌غربی و اردبیل هستند. به همین شکل زیرگروهی از ارقام منطقه خراسان مانند اخلمد مشهد، خرو، مشهد نوری، پاییزه زرد مشهد برخاسته از ریزاقلیم‌های خنک، مرتفع و پرآب هستند و بنابراین همگی ارقام متوسط تا دیررس با اندازهٔ میوه متوسط و از نظر سایر صفات در حد میانگین می‌باشند. جالب این که ارقام طبقه‌بندی شده در گروه دوم مانند زنوز مرند، اردبیل۱، اردبیل۲ و حیدرزاده (قره یارپاغ) بیشتر بومی اردبیل و تبریز مرکز استان آذربایجان‌شرقی هستند در حالی که منشأ 'پاییزه زرد مشهد' و 'مشهد نوری' مربوط به منطقه خراسان است. مهاجرت ژنی، پیدایش مراکز تنوع در ارتباط با فنولوژی زمان رسیدن و صفت پومولوژیک اندازهٔ متوسط میوه قابل تایید است. به طور مشابه، ارقام متعلق به گروه سوم نیز به دلیل برخوداری از یک سری صفات مشترک در یک زیر گروه منتسب به خویشاوندی ژنتیک می‌شوند.

دلایل جالب توجه تجمیع ژنوتیپ‌های امیدبخش IRI1، IRI3 ، IRI4 و انگلیسی شیراز و ارقام خارجی Bel du Pontoise و Bel de Boskoop در یک زیرگروه بود.

هم‌گروه شدن ارقام بومی قرمز رضائیه و سلطانی شبستر، با ژنوتیپ‌های امیدبخش و دو رقم وارداتی Bel du Pontoise و Bel de Boskoop را می‌توان به دلیل صفات مشترک پرمحصول بودن و اندازهٔ درشت میوه در همه آنان نسبت داد. نتایج فنوتایپینگ حاضر بر ۴۸ رقم بومی با نتایج ملکولی، به‌دلیل تعداد محدودتر ارقام مورد بررسی، در آزمایشات ملکولی مطابقت ندارد (BooteKhak *et al*., 2018).

ارقام بومی سیب کشور از تنوع ژنتیک بالای صفات فنو- مرفو پومولوژیک زمان رسیدن، اندازه، شکل، رنگ و ویژگی های بیوشیمیایی میوه سود می‌برند. پیدایش آشیانه‌های بوم‌شناسی متأثر از فشار انتخاب بر جمعیت گیاهی است (Trappes, 2021). ظهور دانهال‌های تصادفی نتیجه برهمکنش ریزاقلیم- رقم و تنوع زیستی است. ارقام قدیمی، شاید کم‌باردهی، میوه‌های نه چندان درشت و زیبا باشند ولی از سطح تحمل بالا در برابر تنش‌های زیستی وغیر زیستی سود می‌برند. مطالعات تشریحی برگ ارقام متحمل به خشکی نشان داد رقم مربایی از شبکهٔ آوندی بسیار منظم، منسجم و ریز، پارانشیم فشرده بدون فضاهای خالی بین‌سلولی ولی رقم حساس گلدن دلیشز با سلول‌های بافت پارانشیمی بزرگ و فضاهای بین سلولی خالی زیاد و شبکهٔ آوندی نامنظم هستند(Hajnajari *et al*., 2019). تفاوت‌های تشریحی مشابه به‌ویژه از نظر سطح کلروفیل بین دو رقم سیب - هانی کریسپ و یانفو۳ ثبت گردید (Bai *et al*., 2019). ضخامت برگ، سلول‌های نردبانی و اسفنجی هشت پایه رویشی متحمل به خشکی سیب افزایش داشتند (Sun *et al*., 2022).

همچنین صفات کیفی مورد مطالعه ارقام سیب قدیمی بومی دارای تنوع بالایی از نظر شاخص تنوع شانون بودند (جدول ۳)، و مشاهدات این پژوهش بر ارقام قدیمی بومی و ژنوتیپ‌های امیدبخش سیب از نظر ویژگی‌های ظاهری بانتایج سایر مطالعات همخوانی دارد(Gharaghani *et al.*, 2009) و از نظر بررسی‌های فنوتیپی با مطالعات دیگری مطابقت داشت (Fazeli *et al.*, 2016; Damyar *et al.*,2013). در این تحقیق ارقام گلاب صحنه، گل‌بهار، گلاب نوری، اخلمد مشهد، قاسم‌شاهی، فروغی بسطامی، اردبیل۱، شصتمی، عباسی کشیده، شمیرانی، ملکه لبنان، رضوانی و خورسیجان به‌عنوان ارقام با تحمل بالا به زنگار شناسایی شدند (جدول ۴). زمان رسیدن میوه ارقام مورد مطالعه در این مطالعه، بر اساس شاخص تنوع شانون (جدول ۳) بسیار متغیر بود. اگرچه بیشتر ارقام مورد بررسی (۲۰ رقم) معادل ۴۱/۱۷۶ درصد، در گروه میوه‌های بسیار دیررس قرار داشتند، اما ۱۹/۶ درصد ارقام (۸ رقم) در رده دیررس، و ۷/۸ درصد (۴ رقم) میان‌رس، ۱۳/۷ درصد (۷ رقم) زودرس و ۱۷/۶ درصد (۹ رقم) خیلی زودرس بودند (جدول ۵). از نظر بازارپسندی، میوه‌های زودرس‌تر از ارزش غذایی بالاتری برخوردار خواهند بود(Mokhtarian *et al.*, 2016). در مطالعه‌ای بر ۱۶ رقم و ژنوتیپ قدیمی، طول میوه را بین ۴۵ تا ۶۷/۶۴ میلی متر (متوسط ۵۷/۳۰ میلی متر) و قطر میوه را بین ۸۰/۶۲ تا ۸۰/۴۷ میلی‌متر (متوسط ۶۵/۲۳ میلی‌متر) ارزیابی کردند (Kalkisim *et al.*, 2016).



شکل ۲- دندروگرام تجزیه خوشه ای ارقام و ژنوتیپ‌های قدیمی بومی سیب

Figure 2. Cluster analysis dendrogram of the study apple cultivars and genotypes

جدول ۷- تحلیل تابع تشخیصی گروهی واردز به دست آمده از تجزیه خوشه ای
Table 7. Diagnostic function analysis of the groups obtained from Cluster analysis

		Ward method	Predicted Group Membership			Total
			1	2	3	
original	Count	1	10	0	0	10
		2	0	21	0	21
		3	0	0	20	20
	%	1	100	0	0	100
		2	0	100	0	100
		3	0	0	100	100

100.0% of original grouped cases correctly classified.

بررسی صفات رویشی ارقام بومی سیب والد مربایی، آرایشی و زینتی به دلیل قدرت رشد ضعیف و مقاومت به زردبرگی به عنوان والدهای انتخابی در برنامه به‌نژادی پایه رویشی طوقه ۲۲ ساله مورد بهره‌برداری قرار گرفتند (Hajnajari, 2021). سری پایه‌های رویشی متحمل به پوسیدگی طوقه در هفت ردهٔ پاکوتاه‌کنندگی (۳۰ رقم پایه) در دست معرفی می‌باشند. ارقام بجنوردی و مربایی کمترین pH آب میوه و ارقام گلاب صحنه، قندک کاشان و علیموری با ۴/۷۵ – ۳/۰۶ دارای حد بیشینه pH بودند. دیگران در مطالعه pH آب میوه رقم Mahsusa ۳/۴ و رقم Amasya ۴/۳ بود(Kalkisim *et al*., 2016) و در مطالعه Edizer و Bekar (2007) ، pH آب میوه در رقم Arabian girl ۲/۳۹ و در رقم Artichok Jerusalem ۲/۳۹ بود (Edizer and Bekar, 2007) .

در مطالعهٔ پومولوژی ۱۳ رقم سیب، چهار عامل شناسایی شده ۸۰/۶ درصد از کل واریانس را تشکیل دادند (Kumar and Chandel, 2017)، ولی در مطالعه حاضر، چهار عامل اصلی در مجموع ۶۷ درصد از تغییرات بین داده‌ها را توجیه نمودند (جدول ۷). عامل اول صفات مرتبط با اندازهٔ میوه و عامل‌های دوم تا چهارم به‌ترتیب، عامل ویژگی‌های بیوشیمیایی آب‌میوه، نسبت طول به قطر میوه و ویژگی‌های دم و چشم میوه شناسایی شدند. با توجه به این- که بیشترین بار عاملی در این مطالعه به عامل اول (۳۸/۲۱ درصد) اختصاص یافت، می‌توان از صفاتی که در این عامل قرار گرفته‌اند برای انتخاب بهترین ارقام و ژنوتیپ‌ها استفاده نمود. صفات بیوشیمیایی میوه (عامل دوم) در رابطه معکوس با عامل اول در معرفی ارقام با کیفیت میوه دارای طعم، ماندگاری و بازارپسندی بهره برد. در این تحقیق ژرم‌پلاسم مورد مطالعه صفات توصیفی میوه بر اساس توصیف گر سیب و برخی صفات وزن و ویژگی‌های بیوشیمیایی بررسی و گروه‌بندی شدند. نتایج تحقیقات مشابه بر ۱۲ رقم سیب بومی با استفاده از توصیفگر سیب برمبنای اصول تمایز، یکنواختی و پایداری (D.U.S) نشان داد، تعداد ۹ رقم در زیرگروه‌های خیلی زودرس تا متوسط‌رس توزیع شدند. تنها ژنوتیپ مشترک با تحقیق حاضر رقم مربایی بود(Mokhtarian *et al*., 2016). به دلیل تنوع بالای ژنتیک ارقام در این تحقیق، فنولوژی زمان رسیدن ارقام به ترتیب ۲۰ رقم در رده‌های بسیار زود تا متوسط‌رس، و ۲۸ رقم از دیررس تا بسیار دیررس از یکدیگر تفکیک و متمایز شدند (جدول ۵).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد تنوع قابل ملاحظه‌ای بین ۴۸ رقم و ژنوتیپ بومی و دو رقم خارجی از نظر صفات مورد مطالعه فنومورفولوژیک و میوه‌شناسی وجود داشت. علاوه بر این بررسی حاضر به غیر از تجزیه خوشه‌ای، آنالیزتجزیه به عامل‌ها، صفات کیفی از نظر سطح تنوع توسط شاخص

شانون بررسی شدند. اطلاعات حاصل از تنوع ژنتیکی در پژوهش حاضر، می‌تواند در راستای حفظ و نگهداری ذخایر ژنتیکی بومی برای اهدافی همچون تعیین تمایز ارقام، شناسایی ارقام همنام، ثبت ارقام بومی در دفتر ملی ارقام و نیز بهره‌برداری در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرد. حفاظت از ژرم‌پلاسم بومی سیب که حاصل انتخاب طبیعی است، می‌تواند در مواجهه با تنش‌های شدید ناشی از تغییرات اقلیمی، تضمین‌کنندهٔ امنیت غذایی جامعه باشد و همچنین در تولید پایه‌ها و ارقام جدید با زمان رسیدگی، شکل، اندازه، طعم و مزه‌های متفاوت نقش مؤثری داشته باشد.

سپاس‌گزاری

نویسندگان از مدیریت محترم وقت پژوهشکدهٔ میوه های معتدله و سردسیری آقای دکتر حمیدعبداللهی برای تأمین هزینه‌های مالی، محققین محصول سیب برای جمع آوری و مدیریت ژرم پلاسم سیب طی ۶ دهه گذشته، مسئول آزمایشگاه میوه شناسی آقای مهندس سید مهیارطاووسی، رئیس ایستگاه تحقیقات کمال‌شهر کرج آقای مهندس حمید حسنی و کارکنان ایستگاه که ما را در انجام تحقیقات باغبانی این پایان‌نامه یاری نموده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارد.

References

Bai, T., Li, Z., Song, C., Song, S., Jiao, J., Liu, Y., Dong, Z., & Zheng, X. (2019). Contrasting drought tolerance in two apple cultivars associated with difference in leaf morphology and anatomy. *American Journal of Plant Sciences*, 10(05), 709-722. https://doi.10.4236/ajps.2019.105051

Bootekhak, A., Talebi, M., Tabatabaei, B., & Hajnajari, H. (2018). Assessment of genetic diversity among some Iranian native apple genotypes and commercial cultivars using SSR and SRAP molecular markers. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*. 19(2), 213-226. http://journal-irshs.ir/article-1-146-en.html [In Persian].

Damyar, S., Hassani, D., & Parvaneh, T. (2013). Evaluation of some characteristics of native Red-Fleshed Apple genotypes of Iran. *Seed and Plant Journal*, 29(3), 483-501. https://doi.org/10.22092/spij.2017.111171 [In Persian].

Duralija, B., Putnik, P., Brdar, D., Bebek Markovinović, A., Zavadlav, S., Pateiro, M., Domínguez, R., Lorenzo, J. M., & Bursać Kovačević, D. (2021). The perspective of croatian old apple cultivars in extensive farming for the production of functional foods. *Journal of Foods*. 10(4), 708. https://doi.org/10.3390/foods10040708

Edizer, Y., & Bekar, T. (2007). Tokat merkez ilçede yetiştirilen bazı yerel elma (*Malus communis* L.) ceşitlerinin fenolojik ve pomolojik ozelliklerinin belirlenmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 24(1), 1-8. https://dergipark.org.tr/tr/pub/gopzfd/issue/7338/96010

Fazeli, Sh., Sheidai, M., Farahani, F., & Noormohammadi, Z. (2016). Looking for genetic diversity in Iranian apple cultivars (Malus× domestica Borkh). *Journal of Sciences. Islamic Republic of Iran.* 27(3), 205-2015. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:56153608 [In Persian].

Gharaghani, A., Zamani, Z., Talaie, A., Oraguzie, N., Fatahi, R., Hajnajari, H., Wiedow, C., & Gardiner, SE. (2009). Genetic identity and relationships of Iranian apple (*Malus*× *domestica* Borkh.) cultivars and landraces, wild Malus species and representative old apple cultivars based on simple sequence repeat (SSR) marker analysis. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 56(6), 829-842. https://doi.org/10.1007/s10722-008-9404-0

Hajnajari, H., & Moradi, M. (2014). Determination of self-compatibility levels, physiological disorders, pomology of apples and introduction of 'IRI6' as promising self-compatible cultivar. *Iranian Journal of Horticultural Science*. 45(2), 163-174. [In Persian].

Hajnajari, H., Akbari, H., & Abdossi, V. (2019). Genesis of ultra-specialized histology with stable traits in mesophyll of drought tolerant apple cultivars. *Scientia Horticulturae*. 249, 168-176. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.046

Hajnajari, H., (2021). Thirty-three half-sib apple clonal rootstocks tolerant to crown rot produced in a 14 years patho-breeding program. *Acta Horticulturae*, 1315(5), 227-236. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1315.35

Kalkisim, O., Ozdes, D., Okcu, Z., Karabulut, B., & Senturk, H.B. (2016). Determination of pomological and morphological characteristics and chemical compositions of local apple varieties grown in Gumushane, Turkey. *Erwerbs-Obstbau*. 58(1), 41-48. https://doi.org/10.1007/s10341-015-0256-4

Karatas, N., (2021). Morphological, sensory and biochemical characteristics of summer apple genotypes. *Brazilian Journal of Biology*. 82, 309. https://doi.org/10.1590/1519-6984.234780

Kumar, P., & Chandel, R.S. (2017). Generative developments and pomological traits of apple (*Malus* × *domestica* Borkh.) scion cultivars canopy on dwarf clonal rootstocks in dry temperate ecosystem of north-west Himalayas. *Scientia horticulturae*, 215, 28-37. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.12.012

Mandić, A., Žulj Mihaljević, M., Leko, M., Primorac, J., & Beljo, J. (2018). Synonyms and homonyms in Herzegovinian and Dalmatian grapevine cultivars. *International Society for Horticultural Science*. 1248, 15-20. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1248.3

Martinelli, F., Busconi, M., Camangi, F., Stefani, A., Fogher, C., & Sebastiani, L. (2008). Ancient Pomaceae (*Malus domestica* Borkh. and *Pyrus communis* L.) cultivars in Appenino Toscano (Tuscany, Italy): molecular (SSR) and morphological characterization. *International Journal of Cytology, Cytosystematics and Cytogenetics*, 61, 320-331. https://doi:10.1080/00087114.2008.10589643

Mokhtarian, A., Asgharzadeh, A., Ganji Moghaddam, E., Khavari, K.S., & Hamidi, H. (2016). Investigation of genetic diversity of Razavi khorasan province local apple (*Malus communis* L.) genotypes using morphological and pomological characters. *Plant Productions*. 39(1), 65-78. https://doi.org/10.22055/ppd.2016.12042 [In Persian].

Rashidi, F., Hajnajari, H., Mirabdolbaghi, M., Ghorbani, E., & Pirkhezri, M. (2020). The effects of apple clonal crown rot tolerant rootstocks series on the growth control of scion cultivars. *Iranian Jornal of Horticultural Science and Technology*. 22, 117-134. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16807154.1400.22.1.15.6 [In Persian].

Sadri, H., Hajnajari, H., Zeinalabedini, M., Kazemi, N., & Asgarpour, R. (2024). Production of a diverse range of early ripening apple progenies through scalar screening for pheno-morpho, and yield traits. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 56 (4), 1459-1472. https://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.4.12

Saghafian, L.A., Hajnajari, H., Khosrowshahli, M., & Mousavi, A. (2021). Influence of improved seedling rootstocks on dwarfism, uniformity, and fruit set of apple cultivars in a 15-year scheme, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 50(4), 287-302. https://doi: 10.1080/01140671.2021.1927764

Sun, P., Tahir, M.M., Lu, X., Liu, Z., Zhang, X., Zuo, X., Shao, Y., Xiao, X., An, N., Wang, C., & Zhang, D. (2022). Comparison of leaf morphological, anatomical, and photosynthetic responses to drought stress among eight apple rootstocks. *Fruit Research*, 2(1), 1-13. https://doi.10.48130/FruRes-2022-0020

Tian, Z., Song, H., Wang, Y., Li, J., Maimaiti, M., Liu, Z., Zhang, H., & Zhang, J. (2022). Wild apples are not that wild: Conservation status and potential threats of *Malus sieversii* in the mountains of Central Asia biodiversity hotspot. *Diversity*, 14(6), 489. https://doi.org/10.3390/d14060489

Trappes, R. (2021). Defining the niche for niche construction: evolutionary and ecological niches. *Biology and Philosophy*, 36, 31. https://doi.org/10.1007/s10539-021-09805-2

Tóth, M., Kása, K., Szani, Z., & Balikó, E. (2004). Traditional old apple cultivars as new gene sources for apple breeding. *Acta Horticulturae*. 663, 609-612. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.663.107

Wiehle, M., Nawaz, M.A., Dahlem, R., Alam, I., Khan, A.A., Gailing, O., Mueller, M., & Buerkert, A., (2021). Pheno-genetic studies of apple varieties in northern Pakistan: A hidden pool of diversity. *Scientia Horticulturae*, 281, 109950. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109950