نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۵۶۶-۵۵۵
شاپا: ۴۷۳۰-۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No. 4, Winter 2019, p. 555-566
ISSN: 2008 - 4730

ارزیابی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری برخی خصوصیات میوه ژنوتیپ‌های انار

بهروز مرادی عاشور[۱]- محمد ربیعی[۲*]- بهروز شیران[۳]- سعداله هوشمند[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۰۲

چکیده

انار (*Punica granatum* L.) یک محصول مهم باغی و بومی ایران است که مصرف میوه و یا فرآورده‌های مختلف آن رایج است. با توجه به اینکه ایران دارای غنی‌ترین ذخیره ژنتیکی انار می‌باشد، اطلاع از میزان تنوع صفات مختلف و وراثت‌پذیری آنها در بین ژنوتیپ‌های موجود و شناسایی ژنوتیپ‌های پر محصول جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی از اهمیت خاصی برخوردار است. در این تحقیق برخی خصوصیات میوه ۱۵۶ ژنوتیپ موجود در کلکسیون انار ساوه، با استفاده از ۱۶صفت مورفولوژیکی و شیمیایی میوه در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر ژنوتیپ در کلیه صفات بسیار معنی‌دار بود. از ۹ صفت مورفولوژیکی، صفات تعداد دانه در ۱۰۰ گرم آریل و ضخامت پوست میوه تنوع بیشتری نسبت به سایر صفات دارند و از بین صفات بیوشیمیایی صفات شاخص رسیدگی، میزان آنتوسیانین و رنگ قابل جذب آبمیوه دارای بیشترین تنوع بودند که امکان استفاده از تنوع موجود در مراحل بعدی اصلاح انار را مهیا می‌کند. ارتباط معنی‌دار آماری نیز بین وزن میوه با صفات طول و عرض تاج، طول و عرض میوه، تعداد دانه در ۱۰۰ گرم آریل، وزن آریل و نیز ضخامت پوست میوه وجود داشت که در اصلاح همزمان این صفات حائز اهمیت است. مقدار زیاد قابلیت توارث عمومی محاسبه شده برای وزن آریل، وزن میوه، تعداد دانه در ۱۰۰ گرم آریل، و ضخامت پوست میوه دلالت بر کم بودن اثرات محیطی بر این صفات بوده و این صفات در فرآیندهای انتخاب نتاج در نسل‌های متوالی قابل استفاده هستند. براساس نتایج این تحقیق، با توجه به نرم و ریز بودن دانه ژنوتیپ شیرین هسته ریز شهداد، این ژنوتیپ می‌تواند در برنامه‌های بعدی هیبریداسیون در جهت انتقال صفت نرم‌دانگی به ژنوتیپ‌های تجاری به عنوان والد مورد استفاده قرار گیرد. ژنوتیپ دومزه باغ ملک ایذه نیز، از نظر شکل میوه، رنگ میوه و طعم نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بود.

واژه‌های کلیدی: انار، تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی، همبستگی

مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* L.، یکی از قدیمی‌ترین گونه‌های گیاهی شناخته شده و متعلق به خانواده Punicaceae بوده که این خانواده دارای یک جنس منفرد به نام *Punica* و دو گونه به نام‌های *P. protopunic* و *P. granatum* L. می‌باشد (۶). انار با تعداد کروموزوم‌های 2n=2x=۱۶ و مقدار دگرگشنی ۵۵ درصد، بومی ایران و رشته کوه‌های هیمالیا در شمال هندوستان است که از دوران باستان در نواحی مدیترانه‌ای آسیا، آفریقا و اروپا کشت می‌شده است (۲۶). ایران مرکز تنوع انار و به احتمال زیاد مرکز پیدایش آن نیز می‌باشد (۳۱) و دارای غنی‌ترین ذخایر ژنتیکی انار در جهان می‌باشد که به طور عمده در مناطق کویری از جمله استان‌های یزد، مرکزی، اصفهان، خراسان رضوی، مازندران، آذربایجان، سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی، در منطقه غرب در استان کرمانشاه، ایلام و کردستان مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (۳۳). سطح زیر کشت انار در ایران در سال ۱۳۹۴ هفتاد هزار هکتار بود که تقریبا در تمام استان‌های کشور جز استان همدان کشت می‌شود و ۵ استان فارس، مرکزی، خراسان، یزد و اصفهان به ترتیب بیشترین تولید انار را دارا هستند (۱). 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 به نژادگر به نحو مطلوبی به خصوصیات ذخایر ژنتیکی آگاهی کامل حاصل نماید. در واقع تنوع ژنتیکی بنیان اصلاح‌نباتات است و از اجزای مهم پایداری نظام‌های بیولوژیکی می‌باشد و بررسی آن از اهمیت خاصی برخوردار است (۲۵). دانش تنوع ژنتیکی همراه با مدیریت صحیح ژرم‌پلاسم را می‌توان در انتخاب ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های به‌نژادی گیاهان مختلف و حفاظت منابع ژنتیکی استفاده کرد (۳۶). در واقع لازمه تعیین وضعیت ذخایر ژنتیکی و تشخیص

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانش آموخته دکتری، استادیار و استادان گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: (Email: rabiei@sku.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i4.67158

شرایط گیاهان مبنی بر رو به انقراض بودن یا نبودن آنها، بررسی تنوع ژنتیکی گیاهان در نواحی مختلف می‌باشد.

یکی از روش‌های بررسی تنوع ژنتیکی استفاده از خصوصیات ظاهری و مورفولوژیکی گیاه می‌باشد. انتخاب براساس صفات مورفولوژیک که به سادگی قابل اندازه‌گیری بوده و دارای توارث‌پذیری بالایی هستند برای غربال جوامع گیاهی و بهبود عملکرد مناسب می‌باشد. به همین دلیل برآورد وراثت‌پذیری برای شروع یک برنامه اصلاحی کارآمد ضروری می‌باشد (۱۲). تجزیه ضرایب همبستگی بین صفات مختلف با عملکرد دانه به تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی این صفات وارزش آنها به عنوان معیارهای انتخاب برای عملکرد کمک می‌کند (۲۹). از طرفی فرشادفر (۱۲) عنوان نمود مقدار تنوع موجود در گونه‌های گیاهی مبنای انتخاب مؤثر ارقام را فراهم می‌آورد و تغییرات ژنوتیپی مربوط به تفاوت ژنوتیپی میان افراد در داخل جمعیت بوده که هدف عمده اصلاح نباتات می‌باشد.

بررسی تنوع ژنتیکی در ژنوتیپ‌های مختلف انار توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است. ولکان و همکاران (۳۴) با بررسی ۱۷ رقم انار از منطقه بتلیس تنوع قابل توجهی در وزن میوه، طول میوه و عرض میوه که برای پرورش انار مهم هستند را گزارش نمودند. همچنین میر و همکاران (۲۳) 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. مارس و ماراکچی (۲۱) نیز با انجام برخی مطالعات بر اساس مقایسات مورفولوژیک به منظور مشخص نمودن پلی‌مورفیسم درون ذخایر بومی انار، تنوع فنوتیپی قابل توجهی را در میان ژنوتیپ‌ها گزارش نمودند. آموروس و همکاران (۵) بر روی پنج کلون از انار مطالعه مورفولوژیکی از نظر میوه و دانه انجام دادند. آنها صفاتی مانند وزن‌میوه، قطرمیوه، قطرتاج، طول‌میوه، طول‌تاج و ... را مورد ارزیابی قرار دادند. مطالعات آنها نشان داد که یکی از کلون ها به نام AD04 با ۰۲/ ۵۲۴ گرم بزرگترین میانگین میوه را دارد که با سطح اطمینان ۹۵٪ تفاوت قابل ملاحظه‌ای با سایر کلون‌ها دارد. در نهایت آنها گزارش کردند اگر چه بزرگترین و سنگین ترین میوه‌ها مربوط به دو کلون ADO4 و PTO9 می باشد ولی کمترین عملکرد مربوط به این دو کلون است. کلون ADO4 و BA1 دارای کمترین شاخص رسیدگی می‌باشند. کلون ME15 دارای کوچکترین اندازه میوه اما بزرگترین میزان عملکرد می‌باشد که این مساله به این دلیل است که این کلون دارای بیشترین میزان شاخص رسیدگی است.

مطالعات بسیاری نیز بر روی خصوصیات کیفی و بیوشیمیایی انار انجام شده است. نتایج تجزیه واریانس بر روی صفات کمی و کیفی ۲۱ ژنوتیپ انار نشان‌دهنده اثر معنی‌دار ژنوتیپ در اکثر صفات مورد بررسی به جز درصد پوست، pH و میزان مواد جامد محلول بود. در مورد میزان تنوع در کل ژنوتیپ‌ها از بین صفات کیفی، بلندی‌تاج دارای بالاترین ضریب تنوع بودند و اندازه دانه، درشتی میوه دارای کم‌ترین ضریب تنوع بودند. در بین صفات کمی نیز بیشترین ضریب تنوع برای وزن‌میوه و میزان اسیدیته بدست آمد و کم‌ترین ضریب تنوع مربوط به صفات pH، قطر دانه و طول میوه بودند (۳۲). بهاروند نیز (۷) با بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی ۹ رقم انار در زنجان گزارش نمود که رقم دوستی حاوی بیشترین میزانTSS (۱۷ درصد بریکس) بود. بیشینه و کمینه pH به ترتیب متعلق به ارقام میخوش با میزان ۴/۳ و ترش محلی با میزان ۲/۹۴، بیشترین وزن ۱۰۰ دانه و وزن آبمیوه ۱۰۰ دانه مربوط به رقم ملس به ترتیب به میزان ۴۲/۵۵ و ۹۹/۳۶ گرم بود. مجموعا ارقام دوستی، ملس و شهوار دارای میزان SST بالاتر، وزن ۱۰۰ دانه و آبمیوه بیشتری بودند و در نهایت نسبت به سایر ارقام مورد بررسی کیفیت بالاتری داشتند. کالیسکن و بیازیت (۱۱) نیز با جمع‌آوری و بررسی خصوصیات مورفولوژی و شیمیایی ۷۶ رقم انار از ترکیه گزارش نمودند که تنوع قابل توجهی برای این ویژگی‌ها وجود دارد و بیشترین تنوع مربوط به pH و رنگ میوه بود. فاتن و همکاران (۱۳) در بررسی تنوع ژنتیکی انار در تونس گزارش کردند که در میان ژرم‌پلاسم انارهای این منطقه تفاوت ژنتیکی و فنوتیپی معنی‌داری از نظر صفاتی چون اندازه‌ی میوه، رنگ و ویژگی‌های آب‌میوه وجود دارد. مراداوغلو و همکاران (۲۸) با مطالعه بر روی ۴۶ ژنوتیپ انار از ترکیه برخی صفات مطلوب مرتبط با میوه مانند وزن‌میوه، ارتفاع‌میوه، قطرمیوه، وزن‌میوه، طول و عرض تاج، محتوی مواد جامد میوه، اسیدیته و pH میوه، ارتفاع میوه و سختی‌دانه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که برخی از ژنوتیپ‌های بررسی شده از لحاظ خصوصیات میوه و همچنین صفات مربوط به درخت مانند عادت گلدهی، یکنواخت بودند.

همبستگی بین صفات مختلف کمی، کیفی و بیوشیمیایی انار نیز به عنوان معیاری برای درک بهتر ارتباط بین صفات و استفاده از آن در برنامه‌های اصلاحی محاسبه شده است. بساکی و همکاران (۹) گزارش نمودند که طول و عرض برگ همبستگی بالایی با یکدیگر و نیز با برخی خصوصیات گل مثل قطر گل و عرض گل داشتند. همچنین در میان صفات مورد مطالعه، طول گلبرگ بالاترین همبستگی را با ویژگی‌های دیگر از قبیل تعداد گلبرگ، تعداد کاسبرگ، طول گل، قطرگل، عرض گلبرگ داشت. ایمتیاز و همکاران (۱۷) نیز با بررسی ۳۳ رقم انار نشان دادند که بین صفات ارتفاع بوته، تعداد میوه هر درخت، عملکرد هر درخت و عملکرد بهره‌وری همبستگی مثبت بالایی وجود دارد.

با توجه به گستره کشت و کار انار در مناطق مختلف کشور، بررسی تنوع موجود در ذخایر ژنتیکی انار می‌تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد. از طرفی بررسی تنوع ژنتیکی انار در مطالعات دیگر در تعداد معدودی از ژنوتیپ‌ها انجام شده است. لذا هدف تحقیق حاضر مطالعه‌ی تنوع ژنتیکی انار از مناطق مختلف کشور که در کلکسیون

انار ساوه جمع‌آوری شده‌اند، به کمک خصوصیات کمی و کیفی میوه آن می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق، کمک شایانی در برنامه‌های اصلاحی ژنوتیپ‌های موجود در کشور خواهد نمود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با استفاده از ۳۶۰ ژنوتیپ موجود در کلکسیون انار ساوه که به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار کشت شده بودند انجام گردید. ابتدا از بین ژنوتیپ‌های موجود، تمامی ژنوتیپ‌ها با اسامی مشابه ولی کدهای متفاوت حذف گردیدند. سپس ژنوتیپ‌هایی که به دلیل شرایط نامساعد محیطی فاقد میوه بودند حذف شده و در نهایت ۱۵۶ ژنوتیپ باقیمانده جهت بررسی صفات فیزیکی و شیمیایی مرتبط با میوه، براساس توصیف‌نامه انار و دستورالعمل ملی انار (۳۰) مورد استفاده قرار گرفتند. از هر ژنوتیپ پنج نمونه گرفته شده و صفات قطر میوه، قطر تاج، طول میوه و طول تاج (میلی‌متر)، وزن میوه و وزن آریل (گرم)، تعداد دانه در ۱۰۰ گرم آریل درون میوه، وزن پوست میوه (گرم) و ضخامت پوست میوه (میلی‌متر) اندازه‌گیری شدند. همچنین صفات بیوشیمیایی شامل EC آب‌میوه، pH آب‌میوه، آنتوسیانین کل، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، درصد مواد جامد محلول (TSS) با استفاده از عصاره ۵ عدد میوه که به طور تصادفی از هر ژنوتیپ انتخاب شدند و با در نظر گرفتن یک تکرار برای هر ژنوتیپ بصورت ذیل مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

مقدار pH و EC میوه، با استفاده از pH متر و EC متر برای ۵۰ میلی‌لیتر آب‌میوه صاف شده اندازه‌گیری شد. مواد جامد محلول (TSS) نیز با استفاده از رفرکتومتر دستی بر حسب بریکس اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره آب انار صاف شده با آب مقطر به حجم ۸۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس مقدار ۰/۳ میلی‌لیتر فنل فتالئین به آن افزوده و با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تیتر گردید. به دلیل اینکه فنل فتالئین در محیط بازی ارغوانی می‌شود و رنگ آب انار قرمز است ممکن است در تشخیص نقطه پایانی ایجاد خطا کند. بدین منظور تغییر pH محلول به ۸/۳ مبنا قرار گرفت. بدین منظور سود ۰/۱ نرمال به تدریج به محلول اضافه شده تا pH دقیقا در ۸/۳ ثابت گردد. با توجه به اینکه هر میلی‌لیتر سود ۰/۱ نرمال معادل ۰/۰۰۷ گرم اسید سیتریک است، در نهایت مقدار اسیدیته کل بر حسب اسید سیتریک از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$\text{اسیدیته کل} = \frac{\text{وزن نمونه آب}}{\text{سود ۰/۱ نرمال مصرفی} \times ۰/۰۰۷ \times ۱۰۰} \quad (۱)$$

برای تعیین رسیدگی میوه، شاخص‌طعم (MI) به صورت تقسیم مقدار مواد جامد محلول (TSS) بر مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) برای میانگین ۵ عدد میوه در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفت. نوع و غلظت آنتوسیانین‌های موجود در آب انار با استفاده از میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۰ نانومتر که در آن میزان آنتوسیانین سیانیدین بیشترین مقدار جذب را دارد اندازه‌گیری شد (۳۱، ۱۵،۲۴ و ۱۸).

همچنین بر اساس وزن مولکولی سیانیدن و مقدار رقت مقدار تقریبی آنتوسیانین به صورت زیر (رابطه ۲) محاسبه گردید (۱۰ و ۲۲).

$$C_{(mg/l)}=(A/€)\times M\times D\times 1000 \quad (۲)$$

که در این فرمول C میزان آنتوسیانین بر حسب میلی‌گرم در لیتر، A مقدار جذب توسط اسپکتروفتومتر (قرائت شده)، € ضریب جذب مولی (۲۹۶۰۰)، M برابر با وزن مولکولی سیانیدین منوگلوکوزاید (۴۴۰)، D فاکتور رقت (که مقدار آن برابر است با ۳) و ۱۰۰۰ جهت برآورد مقدار حاصله در یک لیتر می‌باشند.

در نهایت تجزیه و تحلیل‌های آماری در صفات اندازه‌گیری شده با محاسبه میانگین، واریانس، حداقل، حداکثر و ضریب تغییرات برای بررسی میزان تنوع صفات با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. واریانس محیطی، واریانس ژنتیکی و واریانس فنوتیپی بصورت زیر (رابطه ۳) محاسبه گردید.

$$\sigma^2_e=MS_e \quad \sigma^2_g=(MS_g-MS_e)/r \quad \sigma^2_{Ph=}\sigma^2_g+\sigma^2_e \quad (۳)$$

که σ^2_e واریانس خطا و MS_e میانگین مربعات خطا، σ^2_g واریانس ژنتیکی و MS_g میانگین مربعات ژنتیکی و r تعداد تکرار همچنین σ^2_{Ph} واریانس فنوتیپی می‌باشد.

ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی بین صفات نیز محاسبه شدند. به منظور محاسبه همبستگی ژنتیکی، ابتدا ماتریس‌های واریانس- کوواریانس ارقام و خطای آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار SAS بدست آمدند و سپس با توجه به فرمول زیر (رابطه۴) همبستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی بین صفات محاسبه شدند.

$$r_{g(xy)}=\frac{\sigma_{g(xy)}}{\sqrt{\sigma^2 g_{(x)}\times\sigma^2 g_{(y)}}} \quad \text{و} \quad r_{ph(xy)}=\frac{\sigma_{Ph(xy)}}{\sqrt{\sigma^2 ph_{(x)}\times\sigma^2 ph_{(y)}}} \quad (۴)$$

توارث‌پذیری عمومی صفات نیز از نسبت واریانس ژنتیکی به واریانس فنوتیپی و ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی به ترتیب از نسبت جذر واریانس فنوتیپی و ژنتیکی به میانگین صفات برآورد شدند.

نتایج و بحث

با توجه به عدم معنی‌داری اثر بلوک‌ها در این تحقیق تجزیه و تحلیل واریانس بصورت طرح کاملا تصادفی در جدول ۱ ارائه گردید. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در مورد صفات قطر میوه، قطر تاج، طول میوه، طول تاج، وزن میوه، وزن آریل، تعداد دانه در ۱۰۰ گرم آریل درون میوه، وزن‌پوست میوه، ضخامت پوست میوه در بین ارقام مورد بررسی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۱). میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر و ضریب تغییرات صفات در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج بیانگر این است که برای همه صفات مورد مطالعه تنوع زیادی در بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد. تفاوت بین مقدار حداقل و حداکثر (دامنه) هریک از صفات عدد بزرگی را نشان می‌دهد که حاکی از اختلاف زیاد بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مختلف می‌باشد. در بین ۹ صفت کمی، صفات تعداد دانه در ۱۰۰ گرم آریل و ضخامت پوست میوه تنوع بیشتری نسبت به سایر صفات دارند. میزان ضریب تنوع در این صفات به ترتیب ۶۸/۴۳ و ۵۱/۱۶ درصد بود که مؤید این مطلب است. همچنین صفات طول و عرض میوه کمترین میزان تنوع را در بین صفات کمی میوه داشتند. در بین ۷ صفت بیوشیمیایی، صفات شاخص رسیدگی (طعم)، میزان آنتوسیانین و رنگ قابل جذب آبمیوه به ترتیب با ضریب تغییرات ۴۳/۰۲، ۳۸/۱۳ و ۳۸/۱۳ درصد دارای بیشترین تنوع بودند (جدول ۲). همچنین صفات pH و EC میوه کمترین میزان ضریب تغییرات را در بین صفات کیفی میوه داشتند (جدول ۲). به طور کلی دامنه تغییرات در صفات تعداد دانه در ۱۰۰ گرم آریل، ضخامت پوست میوه، شاخص‌رسیدگی (طعم)، میزان آنتوسیانین و رنگ قابل جذب آبمیوه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی زیاد بوده، لذا این صفات می‌توانند مورد توجه به‌نژادگران قرار گیرند. در پژوهشی که روی پانزده رقم انار جمع‌آوری شده از باغ کلکسیون مرکز تحقیقات یزد انجام شد، متوسط غلظت ویتامین‌ث، TA، TSS و pH به‌ترتیب ۰/۴۷–۰/۰۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم، ۲/۰۵–۰/۴۲ درصد، ۱۸/۳–۱۲/۱ درجه بریکس و ۴/۰۸–۳/۰۵ گزارش شد (۸). سپهوند و همکاران (۳۲) نیز با مطالعه بر روی صفات کمی و کیفی ۲۱ ژنوتیپ انار نشان دادند که اثر رقم در اکثر صفات مورد بررسی به جز درصد پوست، pH، میزان مواد جامد محلول، شکل تاج‌میوه و شکل‌میوه معنی‌دار هستند. در مورد میزان تنوع در کل ژنوتیپ‌ها از بین صفات کیفی، وجود پاشنه در سطح تحتانی میوه، شکل پهنک‌برگ و بلندی‌تاج دارای بالاترین ضریب‌تنوع بودند و اندازه دانه، درشتی میوه و زمان رسیدن میوه دارای کمترین ضریب تنوع بود. در بین صفات مورد نظر نیز بیشترین ضریب تنوع برای ویتامین‌ث، وزن میوه و میزان اسیدیته بدست آمد و کمترین ضریب تنوع مربوط به صفات pH، قطر دانه و طول میوه بودند.

با توجه به جدول ۲ کمترین وزن میوه به مقدار ۱۰۲/۳۳ گرم مربوط به ژنوتیپ میخوش پوست‌نازک و بیشترین وزن میوه با ۹۷۲/۶۷ گرم به ژنوتیپ اتابکی خفر جهرم تعلق داشت. بیشترین ضخامت‌پوست میوه به مقدار ۱۱/۲۶ میلی‌متر مربوط به ژنوتیپ ترش‌پوست قرمز شهداد و کمترین ضخامت‌پوست میوه مربوط به ژنوتیپ نرک رفسنجان به مقدار ۰/۷۱ میلی‌متر بود. بنابراین می‌توان برای افزایش ماندگاری پس از برداشت میوه از ژنوتیپ اتابکی جهرم در اصلاح ارقام پوست نازک که انبارمانی کمتری دارند استفاده نمود. بیشترین طول و عرض‌میوه به ترتیب به مقدار ۸۵/۵ و ۸۵/۶ میلی‌متر مربوط به ژنوتیپ طایی پوست سفید چترود ترش می‌باشد. کمترین طول و عرض‌میوه به مقدار ۳۶/۶ و ۴۰/۱۴ میلی‌متر مربوط به ژنوتیپ‌های شاهی چترود دانه قرمز و تخم موشی تفت می‌باشد.

بیشترین مقدار آنتوسیانین به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های بی‌هسته اردستان و شیرین هسته‌ریز شهداد به ترتیب به میزان ۵۱/۹۹ و ۴۴/۳۳ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدار آنتوسیانین به میزان ۴/۰۵ میلی‌گرم در لیتر به ژنوتیپ ترش درجه ۱ سفیدپوست راور تعلق داشت. مقادیر آنتوسیانین به دست آمده از این آزمایش کمتر از مقادیر گزارش شده توسط موسوی نژاد و همکاران بود (۲۷). اختلافات مقادیر آنتوسیانین در ارقام مورد مطالعه می‌تواند مربوط به اختلاف در زمان برداشت و اختلاف در زمان انجام آزمایش باشد. این عوامل به طور معنی‌داری روی مقدار آنتوسیانین اثر دارد (۲۴). ثبات آنتوسیانین‌ها با دما، نور، pH و اکسیژن تغییر می‌کند و به تخریب توسط آنزیم‌های اکسیدکننده حساس است (۴).

کمترین میزان هدایت الکتریکی مربوط به ارقام نرک ترش بافق و کیانی سیرجان (به‌ترتیب ۲/۰۵ و ۲/۲۲ موس بر سانتی‌متر) و بیشترین میزان هدایت الکتریکی مربوط به ارقام دورگ بجستون ملس و پوست سفید خشک بافق (به ترتیب ۵/۹۲ و ۵/۵۷ موس بر سانتی‌متر) بود.

بیشترین مقدار pH به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های بریت معمولی کازرون و ترش پوست‌سفید شهداد به ترتیب به میزان ۴/۴۷ و ۴/۴ و کمترین مقدار pH به میزان ۳/۲ به ژنوتیپ ملس عقدایی تربت حیدریه و وحشی تمین خاش تعلق داشت. pH طعم اسیدی آب انار را مشخص می‌کند و هر چه پایین‌تر باشد مقدار اسید عمده‌ی آب انار (سیتریک اسید) بیشتر می‌گردد (۳). گارسیا و همکاران (۱۶) گزارش نمودند که افزایش مواد جامد محلول و کاهش pH آب میوه، تأثیر به‌سزایی در ماندگاری میوه پس از برداشت خواهد داشت.

جدول ۱- میانگین، حداقل، حداکثر، خطای معیار و ضریب تغییرات صفات مورد اندازه گیری در ۱۵۶ ژنوتیپ انار

Table 1- Mean, minimum, maximum, standard error and coefficient of variation of fruit traits for 156 pomegranate genotypes

صفات Traits	میانگین Mean	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	اشتباه معیار Standard Error	ضریب تغییرات Coefficient of variation
طول تاج Calyx length (mm)	19.31	10.73	30.17	0.18	18.19
عرض تاج Calyx width (mm)	16.34	10.86	22.96	0.13	15.25
تعداد دانه در ۱۰۰ گرم آریل Number of seed / 100 g Aril	92.09	10.67	325.33	2.77	68.43
ضخامت پوست میوه Peel thickness (mm)	2.33	0.71	11.26	0.05	51.16
وزن میوه Fruit weight(g)	325.49	102.33	972.67	6.1	41.01
طول میوه Fruit length(mm)	59.42	36.6	85.5	0.42	13.75
عرض میوه Fruit diameter (mm)	61.02	40.14	85.6	0.4	12.64
وزن پوست Peel weight(g)	17.42	11.47	42.45	0.14	21.49
وزن آریل Aril weight(g)	304.96	90.86	930.22	8.32	34.26
مواد جامد محلول Total soluble solids (%)	14.29	10	23	0.19	17.32
اسیدیته قابل تیتراسیون Titrable acidity (%)	1.33	0.42	2.8	0.03	28.6
شاخص‌رسیدگی Maturity index	11.84	4.2	33.33	0.4	43.02
اسیدیته pH	3.71	3.2	4.47	0.02	7.34
هدایت الکتریکی Electrical conductivity (mho/cm)	3.63	2.05	5.92	0.04	16.02
آنتوسیانین Antocyanin (mg/L)	25.94	4.05	51.99	0.79	38.13
رنگ قابل جذب آبمیوه Absorbable color of juice	0.58	0.09	1.16	0.01	38.13

در این پژوهش، بالاترین میزان شاخص طعم مربوط به ژنوتیپ‌های شیرین معمولی بیرجند، شاهی دانه قرمز چترود و ملس نار آلوت بانه به میزان ۳۳/۳۳ و کم‌ترین میزان شاخص طعم مربوط به ژنوتیپ‌های ترش زودرس اردستان و ترش پوست‌سفید ساوه (به ترتیب ۴/۲ و ۵/۴۹) بود. مقدار این شاخص تا حدودی به رقم و شرایط آب و هوایی نیز بستگی دارد (۲۰ و ۳). ملگارجو و همکاران (۲۲) طبقه‌بندی ارقام مختلف را با توجه به شاخص‌طعم انجام دادند؛ شاخص طعم در ارقام ترش ۵ تا ۷، در ارقام ملس ۱۷ تا ۲۴ و در ارقام

شیرین ۳۱ تا ۹۸. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، از ۱۵۶ رقم مورد مطالعه ۳۰ رقم ترش و ۵ رقم شیرین و مابقی ملس می‌باشند. کمترین اسیدیته قابل تیتراسیون به مقدار ۰/۴۲ به ژنوتیپ های ملس نار آلوت بانه، شاهی دانه قرمز چترود، دورگ بجستون ملس، شیرین معمولی بیرجند و نرک ترش بافق و بیشترین آن (۲/۸) به ژنوتیپ‌های ترش پوست قرمز شهداد و ردکی دانه قرمز بافق تعلق داشت. کاهش در اسیدیته و افزایش قند باعث تغییر رنگ و آنتوسیانین‌ها می‌شود و رنگدانه‌های آنتوسیانینی تحت تأثیر تحول ساختاری قابل برگشت با تغییرات اسیدیته هستند (۲۰).

بیشترین مواد جامد محلول به مقدار ۲۳ واحد (درجه بریکس) مربوط به ژنوتیپ شیرین هسته‌ریز شهداد بود و کمترین آن (۱۰) مربوط به ژنوتیپ‌های انباری ترش کاشان، پوست سفید خشک بافق، طایی پوست سفید چترود ترش، ترش پوست سفید ساوه، ترش دورگ رفسنجان، شاهی ترش چترود (۲)، بافتی دورگ راور ملس، ترش پوست نازک ابرکوه، ترش پوست‌نازک رفسنجان، خورشی ترش حاجی آباد، ترش میناب، ترش پوست‌نازک بیرجند، ترش زودرس اردستان، شهوار میوه‌درشت زنجان و ترش دانه‌قرمز راور بود. بنابراین می‌توان از ژنوتیپ شیرین هسته‌ریز شهداد به عنوان والد ژنوتیپ‌های ترش جهت شیرین کردن آنها استفاده نمود که مطلوب مردم کشورهای اروپایی بوده و جهت صادرات این گونه ارقام، مهم می‌باشد. بنابراین میزان موادجامدمحلول در این آزمایش بین ۱۰ تا ۲۳ درجه بریکس بود در حالی‌که میزان مواد جامد محلول در سه رقم انار در آفریقای جنوبی بین ۱۴/۰۷ تا ۱۵/۱ درصد (۱۴) گزارش شده است که از میزان موادجامد محلول ارقام انار در آزمایش حاضر کمتر می‌باشد، در حالی‌که اکبرپور و همکاران (۲) میزان مواد جامد محلول در برخی ارقام انار ایرانی را بین ۱۵/۱۷ تا ۲۲/۰۳ (درجه بریکس) گزارش دادند. زارعی و عزیزی (۳۵) گزارش دادند بین ارقام مختلف انار از نظر میزان مواد جامد محلول تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

برآورد اجزای واریانس، ضرایب تنوع و قابلیت‌توارث

نتایج برآورد اجزای واریانس، ضریب تنوع و قابلیت توارث صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۳ آمده است. به طوری‌که ملاحظه می‌شود ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی برای صفات تعداد دانه در آریل، ضخامت پوست میوه، وزن میوه و وزن آریل، بالا و به ترتیب ۶۶/۳۳ و ۴۲/۶۶،۴۳/۱۰ و ۴۰/۸۶، ۶۹/۴۱ و ۴۰/۶۳، ۴۳/۴۳ و ۴۳/۰۴ می‌باشد که نشان‌دهنده وجود تنوع بالا در بین نمونه‌های مورد مطالعه برای این صفات می‌باشد. همچنین صفات طول‌تاج، عرض تاج، طول و عرض میوه و وزن پوست میوه از تنوع پایینی برخوردار بودند (جدول ۳). قابلیت توارث عمومی برای تعداد دانه در ۱۰۰ گرم آریل ۹۳/۳ و برای وزن میوه و وزن آریل به ترتیب۹۸/۲۳ و ۹۸/۲۲ بود که بیانگر وجود وراثت‌پذیری خوبی برای این صفات می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که بازده ناشی از انتخاب برای این صفات در برنامه‌های اصلاحی بالا خواهد بود. میر و همکاران (۲۳) وراثت‌پذیری بالایی برای صفات ارتفاع بوته، وزن میوه، درصد تشکیل میوه، اسیدیته، عملکرد میوه، وزن پوست گزارش کردند. همچنین وراثت‌پذیری مناسبی را برای صفات قطر میوه، ضخامت پوست و وزن پوست گزارش نمودند.

طبق نتایج حاصل از تجزیه همبستگی ساده بین صفات (جدول ۴) بین عرض و طول میوه رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد (۰/۷۸). همچنین ارتباط معنی‌دار آماری نیز بین وزن میوه با صفات طول و عرض تاج، طول و عرض میوه، تعداد دانه در ۱۰۰ گرم آریل، وزن آریل و نیز ضخامت پوست میوه وجود دارد. با توجه به معنی‌دار بودن ضرایب همبستگی ژنتیکی این صفت با صفات فوق‌الذکر و نیز با توجه به وراثت‌پذیری بالای این صفت می‌توان عمل گزینش را برای هر کدام از صفات به منظور افزایش صفت دیگر انجام داد. به عبارت دیگر با مشاهده عرض تاج بزرگتر می‌توان پی برد که این میوه وزن بیشتری خواهد داشت. با توجه به پایین بودن وراثت‌پذیری طول و عرض تاج، بنابراین این صفت بسیار تحت تأثیر محیط می‌باشد و سهم ژنتیک در بروز این صفت و تنوع آن بسیار پایین است. اما با توجه به وراثت‌پذیری بالای تعداد دانه در ۱۰۰ گرم آریل و ضخامت پوست میوه می‌توان نتیجه گرفت که این صفت کمتر تحت تأثیر محیط بوده و با انتخاب ژنوتیپ‌های با اندازه ضخامت بیشتر پوست و تعداد دانه در ۱۰۰ گرم آریل بیشتر و نیز با وزن‌آریل بیشتر با انبارمانی بیشتر (ضخیم‌تر) جهت نگهداری به مدت طولانی اقدام نمود. این نتایج با تحقیق کریمی و همکاران (۱۹) مطابقت کامل داشت.

نکته قابل توجه اینکه با توجه به جدول ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی صفات کمی و ظاهری میوه از قبیل طول و عرض تاج، وزن میوه، تعداد دانه در ۱۰۰ گرم آریل، طول و عرض میوه و وزن‌آریل با صفات کیفی اندازه‌گیری شده همچون آنتوسیانین، اسیدیته قابل تیتراسیون، پهاش، هدایت الکتریکی و مواد جامد محلول ارتباط معنی دار آماری وجود نداشت (جدول ۴). بنابراین بدون در نظر گرفتن صفات کمی، صفات کیفی خاص هر ژنوتیپ بوده که می‌توان بدون توجه به ظاهر میوه اقدام به انتخاب ژنوتیپ‌های با صفات کیفی بالا جهت استفاده‌های مختلف دارویی (کنترل دیابت و آنتی باکتریال و قدرت باروری و...) و صنعتی (رنگ آمیزی و...) نمود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، دامنه وسیعی از تغییرات در بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات اندازه‌گیری شده مشاهده گردید که نشان‌دهنده پتانسیل

ژنتیکی بالا در بین ژنوتیپ‌ها می‌باشد. براساس نتایج این تحقیق، ژنوتیپ شیرین هسته ریز شهداد با پوست سبز، از نظر سختی هسته کاملا ریز دانه بود به طوری‌که در میوه‌های این درخت در هنگام خوردن دانه به هیچ عنوان سختی دانه در زیر دندان احساس نمی‌شد. بنابراین این صفت با توجه به نرم‌دانه و ریز بودن آن می‌تواند (با توجه به بازارپسندی و مطلوبیت برای مردم اروپا) در برنامه‌های بعدی هیبریداسیون در جهت انتقال صفت نرم‌دانگی به ژنوتیپ‌های تجاری به عنوان والد مورد استفاده قرار گیرد و نیز ژنوتیپ دومزه باغ ملک ایذه، از نظر شکل میوه، رنگ میوه و طعم نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها کاملاً بارز و مطلوب بود. ژنوتیپ‌های برتر و نیز صفات مرتبط می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های اصلاحی مد نظر قرار گیرند. بنابراین به‌نژادگران با در دست داشتن اطلاعات صحیح و دقیق از تنوع ژنتیکی گیاه مورد نظر می‌توانند با کارایی بیشتری نسبت به بهره‌برداری از منابع ژنتیکی اقدام کرده و مستقیما به جمع‌آوری ذخایر توارثی مورد نیاز مبادرت ورزند.

جدول ۳- برآورد اجزای واریانس، ضرایب تغییرات فنوتیپی، ژنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی خصوصیات کمی میوه ژنوتیپ‌های انار
Table 3- Estimation of variance components, phenotypical, genotypical coefficient of variation and broadsense heritabilty for fruit quantitative traits in pomegranate

صفات Traits	وراثت‌پذیری عمومی Broad sense heritability(%)	ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)		برآورد اجزای واریانس Estimation of components of variance		
		ژنوتیپی Genotypic	فنوتیپی Phenotypic	فنوتیپی Phenotypic	محیطی Environment	ژنتیکی Genetic
طول‌تاج میوه Calyx length (mm)	60.45	15.96	20.53	15.4	6.09	9.31
عرض‌تاج میوه Calyx width (mm)	67.21	14.11	17.21	7.87	2.58	5.29
تعداددانه در۱۰۰گرم آریل Number of seed / 100 g aril	93.3	66.1	66.33	3610.78	25.27	3585.51
ضخامت‌پوست میوه Peel thickness (mm)	93	40.86	42.37	1	0.07	0.93
وزن‌میوه Fruit weight (g)	98.23	40.63	41	17509.4	309.7	17199.7
طول‌میوه Fruit length (mm)	71.94	13.07	15.41	84.12	23.6	60.52
عرض‌میوه Fruit diameter (mm)	66.77	11.54	14.12	74.16	24.64	49.46
وزن‌پوست میوه Peel weight (mm)	70.72	14.35	17.06	9.19	2.69	6.5
وزن‌آریل میوه Aril weight (g)	98.22	43.04	43.43	17546.67	311.67	17235

جدول ٤- ضرایب همبستگی فنوتیپی (بالای قطر) و ژنتیکی(زیر قطر) بین صفات مختلف در ژنوتیپ های مختلف انار

Table 4- Phenotypical (above of diagonal), genetical (below of diagonal) correlation coefficient in pomegranate genotypes

صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1-طول‌تاج میوه Calyx length (mm)	1	0.18	0.07	0.13	0.19	0.3	0.27	-0.06	0.2	0	-0.01	-0.02	0	-0.02	0.13	0.13
2- عرض‌تاج میوه Calyx width (mm)	0.17	1	0.19	0.31	0.23	0.29	0.35	-0.09	0.23	0.06	0.04	0	0.01	-0.09	-0.07	-0.07
3- تعداددانه در۱۰۰گرم آریل Number of seed / 100 g aril	0.05	0.18	1	0.29	0.44	0.23	0.31	-0.02	0.44	0	0	0.11	0.15	-0.08	-0.13	-0.13
4-ضخامت‌پوست میوه Peel thickness (mm)	0.11	0.29	0.26	1	0.27	0.09	0.16	-0.09	0.28	0.13	0.08	0.11	0.08	0.11	-0.01	-0.01
5-وزن‌میوه Fruit weight (g)	0.18	0.21	0.41	0.27	1	0.52	0.6	-0.12	0.9	0.04	0.13	-0.11	0.17	-0.02	-0.05	-0.05
6-طول‌میوه Fruit length (mm)	0.27	0.26	0.21	0.07	0.5	1	0.78	-0.01	0.53	-0.08	0.15	-0.23	0.02	0.1	0.07	0.07
7- عرض‌میوه Fruit diameter (mm)	0.24	0.31	0.3	0.16	0.58	0.76	1	-0.15	0.61	0.05	0.1	-0.09	0.06	-0.01	-0.01	-0.01
8-وزن‌پوست میوه Peel weight (mm)	-0.05	-0.07	-0.02	-0.07	-0.1	-0.01	-0.14	1	-0.15	-0.07	0.07	-0.12	0.0	-0.09	0.05	0.05
9- وزن‌آریل میوه Aril weight (g)	0.19	0.21	0.42	0.26	0.78	0.51	0.59	-0.13	1	0.06	0.14	0.27	0.1	-0.08	0.08	0.08
10- مواد جامد محلول Total soluble solids	-0.0	0.04	0.0	0.12	0.03	-0.07	0.04	-0.05	0.05	1	-0.11	-0.77	-0.18	-0.13	0.09	0.09
11- اسیدیته قابل تیتراسیون Titrable acidity	-0.01	0.02	0.0	0.06	0.11	0.13	0.08	0.06	0.12	0.1	1	-0.14	0.23	-0.09	-0.06	-0.06
12- شاخص‌رسیدگی Maturity index	-0.01	0.0	0.09	0.09	-0.08	-0.22	-0.07	-0.1	0.25	-0.74	-0.12	1	-0.14	-0.2	-0.11	-0.11
13- اسیدیته pH	0.0	0.01	0.12	0.06	0.15	0.02	0.04	0.0	0.08	-0.16	0.21	-0.13	1	0.12	0.03	0.03
14-هدایت الکتریکی Electrical conductivity (mho/cm)	-0.02	-0.07	-0.06	0.08	-0.02	0.07	-0.01	-0.06	-0.07	-0.11	-0.08	-0.18	0.11	1	0.11	0.14
15- آنتوسیانین Antocyanin (mg/L)	0.12	-0.06	-0.11	-0.01	-0.04	0.06	-0.01	0.04	0.06	0.08	-0.05	-0.1	0.02	0.1	1	0.98
16-رنگ قابل جذب آبمیوه Absorbable color of juice	0.1	-0.05	-0.12	-0.01	-0.04	0.05	-0.01	0.03	0.06	0.07	-0.04	-0.1	0.02	0.13	0.96	1

منابع

1- Ahmadi K., Gholizadeh H., Bahadorzadeh H., Hatami F., Hoseinpour R., Kazemifard R., and Abdshah H. 2016. Agricultural statistics. Ministry of Agriculture-Jahad, Iran. (In Persian)

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

3- Al-Maiman S.A., and Ahmad D. 2002. Changes in physical and chemical properties during pomegra*nate (Punica granatum* L.) fruit maturation, Food Chemistry, 76: 437-441.

4- Alighourchi H., Barzegar M., and Soleiman A. 2007. Anthocyanins characterization of 15 Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties and their variation after cold storage and pasteurization. European Food Research and Technology, 227(3): 881-887.
5- Amoros A., P. Melgarejo J., Hernandez F., and Martinez J. 1997. Characterization of the fruit of five pomegranate (*Punica granatum* L.) clones cultivated in homogeneous soils. Universidal Miguel Hernandez, Spain.
6- Awamleh H., Hassawi D., Migdadi H., and Brake M. 2009. Molecular characterization of pomegranate (*Punica granatum* L.) landraces grown in Jordan using amplified fragment length polymorphism markers. Biotechnology, 83: 316- 322.
7- Bahaarvand N. 2012. Study of biochemical and morphological traits of Pomegranate cultivars in Zanjan Province. 7th Horticultural Sciences Congress, Isfahan university of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian)
8- Barzegar M., Fadavi A., and Azizi T.M. H. 2004. Evaluation of physico-chemical composition of cultivated pomegranates in Yazd. Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology, 1(2): 9-14. (In Persian)
9- Basaki T., Khayam Nekouei M., Choukanand R., and Mardi M. 2016. Evaluation of Iranian pomegranate collection using simple sequence repeat and morphological traits. Crop Breeding Journal, 67-78.
10- Borochov-Neori H., Lazarovitch N., Judeinstein S., Patil B.S., and Holland D. 2011. Climate and salinity effects on health promoting and color properties in the pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit arils, p. 43-61. In: S. Bhimanagouda et al. (ed.) Tropical and Subtropical Fruits: Flavors, Color, and Health Benefits. American Chemistry Sociaty.
11- Caliskan O., and Bayazit S. 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.
12- Farshadfar E. 1997. Methodology of plant breeding. Razi university of Kermanshah. Iran. (In Persian)
13- Faten Z., and. Mars M. 2011. Diversity among Tunisian pomegranate (*Punica granatum*) cultivars as assessed by pomological and chemical traits. International journal of Fruit Science, 11(2): 151-166.
14- Fawole O.A., Opara U.L., and Theron K.I. 2011. Chemical and phytochemical properties and antioxidant activities of three pomegranate cultivars grown in South Africa. Food Bioprocess Technology, 5(7): 1-7.
15- Fawole O.A., and Opara U.L. 2013 Changes in physical properties, chemical and elemental composition and antioxidant capacity of pomegranate (cv. Ruby) fruit at five maturity stages. Scientia Horticulturae, 150: 37-46.
16- Garcia-Tejero I., Jimenez-Bocanegra J.A., Martinez G., Romero R., Duran Zuazoand V.H., and Muriel-Fernandez J. 2010. Positive impact of regulated deficit irrigation on yield and fruit quality in a commercial citrus orchard *(Citrus sinensis* L.) Osbeck, cv. Salustiano. Agricultural Water Management, 97(5): 614-622.
17- Imtiyaz A.W, Bhat M.Y., Banday F.A., Khan I.A., Hassan G.I., Abid A.L., and Bhat T.A. 2012. Correlation studies of morphological and economic traits in pomegranate (*Punica granatum* L.). Plant Architect, 12: 943–946.
18- Jaiswal V., Der Marderosianand A., and Porter J.R. 2009. Anthocyanins and polyphenol oxidase from dried arils of pomegranate (*Punica granatum* L.). Food Chemistry, 118: 11-16.
19- Karimi H.R., and Mirdehghan S.H. 2013. Correlation between the morphological characters of pomegranate (*Punica granatum*) traits and their implications for breeding. Turkish Journal of Botany, 37(2): 355-362.
20- 20-Kulkarni A.P., and Aradhya S.M. 2005. Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. Food Chemistry, 93: 319–324.
21- Mars M., and Marrakchi M. 1999. Diversity of pomegranate (*Punica granatum* L.) germplasm in Tunisia. Genetic Resources and Crop Evolution, 46: 461–467.
22- Melgarejo P., Martinez-Nicolas J.J., and Martinez-Tome J. 2000. Evolution of pomegranate juice anthocyanins during the ripening of fruit of three clones: ME16, VA1 and BA1. Options Mediterraneennes: Serie A. Seminaires Mediterraneens, 42: 123-127.
23- Mir M.M., Sofi A.A., Singh D.B., and Khan F.U. 2007. Evaluation of pomegranate cultivars under temperate conditions of Kashmir Valley. Indian Journal Horticulture, 64: 150–154.
24- Mirdehghan S.H., and Rahemi M. 2007. Seasonal changes of mineral nutrients and phenolics in pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. Scientia Horticulture, 111: 120–127.
25- Mohammadi S.A., and Prasanna B.M. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants- Salient statistical tools and considerations. Crop Science, 43: 1235-1248.
26- Morton J. 1987. Fruits of warm climates. Miami FL, USA.
27- Mousavinejad G, Emam-Djomeh Z., Rezaei K., and Haddad Khodaparast M.H. 2009. Identification and quantification of phenolic compounds and their effects on antioxidant activity in pomegranate juices of eight Iranian cultivars. Food Chemistry, 115: 1274–1278.
28- Muradoglu F., Fikret Balta M., and Ozrenk K. 2006. Pomegranate (*Punica granatum* L.) genetic resources from Hakkari, Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2: 520-525.
29- Pour-Siahbidi M.M., Hoseinzadeh J., PourAboghadareh A.R., Bazdar A., and Naseri Rad H. 2013. Character association and path analysis of soybean (*Glycine max* L.) genotypes under water deficit stress. International Journal of Biosciences, 3(10): 126-132.

30- Sadeghian Motahar Y., and Jamali H. 2009. National Instruction of uniformity, distinctive and stability in pomegranate. Seed and Plant Certification of Registration Institute. (In Persian)
31- Sarkhosh A., Zmani Z., Fatahi R., and Ebadi A. 2006. RAPD Markers reveal polymorphism among some Iranian Pomegranate (*Punica granatum* L.) genotypes. Science Direct Scientia Herticultural, 111: 24-29.
32- Sepahvand M. 2012. Evaluating of genetic variation some of pomegranate genotypes in province Lorestan. MSc Thesis Lorestan University. (In Persian)
33- Shahrbabaki-Behzadi H. 2012. Variation and dispersion of pomegranate cultivars in Iran. Publication of Agricultural Education. (In Persian)
34- Volkan O., Akca Y., Ercisli S., and SGozlekci. 2015. Genotype selection for physico-chemical fruit traits in pomegranate (*Punica granatum* L.) In Turkey. Acta Science, 14(2): 123-132.
35- Zaarei A., and Azizi M. 2011. Evaluating of some of physical and chemical of six fruit cultivars in Iran. Journal of Horticultural Sciences, 24(2): 33-48. (In Persian)
36- Zarkti H., Ouabbou H., Hilali A., and Udupa S.M. 2010. Detection of genetic diversity in moroccan durum wheat accessions using agro-morphological traits and microsatellite markers. African Journal of Agricultural Research, 5(14): 1837-1844.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No. 4, Winter 2019, p. 555-566
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۵۶۶-۵۵۵
شاپا: ۴۷۳۰-۲۰۰۸

Evaluation of Genetic Variation and Heritability of Some Fruit Traits in Pomegranate Genotypes

B. Moradi Ashour[1]- M. Rabiei [2*]- B. Shiran[3]- S. Hooshmand[4]

Received: 03-10-2017
Accepted: 24-10-2018

Introduction: Pomegranate (*Punica granatum* L., Punicaceae family), a native Iranian horticultural plant, is used as fresh fruit and also for other products and has special economic position in the world. It is estimated that pomegranate fruit production in Iran was about 900000 tons in 2016 which provinces of Fars, Markazi, Khorasan, Yazd and Isfahan had the highest production respectively. Iran is the center of diversity and most probably center of origin of Pomegranate, so during the years, many attempts have been done to collect different genotypes. The National Research Station of Pomegranate of Saveh has three set collections including 760 genotypes collected from all around of Iran. Assessment of genetic variation among these genotypes to use in breeding programs should be considered as first priority. Researchers use different methods to measure genetic diversity of plants including DNA markers, isozymes and morphological traits. Using morphological characteristics that are easily measured and have high heritability is a convenient tool to assess the amount of genetic diversity of plants.

Material and Methods: In order to determine genetic variation and heritability on morpho-pomological traits, pomegranate genotypes were selected from different habitats of Iran that are already planted in the collection of National Research Station of Pomegranate of Saveh in 2016. Genotypes that had similar descriptor or genotypes that had not sufficient fruit to get involved in the experiment, were excluded. Selected genotypes (156 genotypes) were evaluated based on a completely randomized design with three replications using nine morphological traits including length of calyx, width of calyx, number of seed in 100-gram aril, thickness of peel, weight of fruit, length of fruit, width of fruit, weight of peel, weight of aril. Biochemical characteristics of fruit including total soluble solids, titrable acidity, maturity index, pH, EC, anthocyanincontain and absorbable color of juice were measured for each genotype without replication (five fruit were selected randomly for each genotype). Statistical analyses including analysis of variance, correlation coefficient, and broad sense heritability, phenotypic and genotypic coefficient of variation were estimated using SAS 9.0 software.

Results and Discussion: Analysis of variance showed that the effect of genotypes in each trait is highly significant (p-value=0.01), indicating a wide variation among these genotypes. Considering range for each trait reveals remarkable differences between genotypes especially for number of seed in 100-gram aril and anthocyanin content. Results showed that among 9 morphological traits, aril seed (g 100 aril^{-1}) and peel thickness, also among 7 chemical traits, anthocyanin content, absorbable color of juice and maturity index had the highest variation. The most positive and significant correlation coefficients was observed between fruits weight with length and diameter of fruit, length and diameter of calyx, aril weight, seed number (g 100 aril^{-1}) and peel thickness. Correlation between qualitative and quantitative traits were not significant. The highest phenotypic and genotypic coefficient of variation was observed on fruit weight, peel thickness, seed number (g 100 aril^{-1}) and aril weight. A high broad sense heritability was observed for aril weight (g 100 aril^{-1}), fruit weight and peel thickness.

Conclusion: Based on the results of this study, there was a high genetic variation among genotypes for most traits. As it was expected, Iranian collection of pomegranate is a rich source for this plant and highly supporter for other breeding researches. High correlation coefficient of fruit weight with other morphological traits is useful for early selection of high performance genotypes. For instant, genotypes with high diameter of calyx most probably will produce high yield. There was not statistically significant correlation between morphological and biochemical characteristics. That is to say genotypes with low yield should not be excluded in further research programs because of their beneficial biochemical traits; they can be involved in crosses with high yield genotypes to improve their

1, 2, 3 and 4- Ph.D. Graduated, Assistant Professor and Professors, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: rabiei@sku.ac.ir)

biochemical characteristics. Pomnograte genotypes with good quality traits are also useful for industrial, pharmaceutical and nutraceutical purposes. Results of our experiment indicate that due high broad sense heritability of aril weight, fruit weight, peel thickness and aril weight, environmental effect on these traits is less than genetic effect. Therefore, selection based on these traits could successfully be used to improve genetic base of pomegranate genotypes in the next generations. Also based on the results of this research Hasteriz- Shahdad and Domaze- Izeh genotypes were the best for soft seed, color and flavor fruit.

Keywords: Broad sense heritability, Correlation, Genetic variation, Pomegranate