

برآورد وراثت پذیری، همبستگی صفات عملکردی و ارزیابی میوه‌شناختی نتاج سیب

حمید کوهنشین لیلی^۱، حسن حاج نجاری^{۲*} و داود بخشی^۳

۱ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲. دانشیار، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی (کرج)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۱۲)

چکیده

به منظور بررسی برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های ۵۶۰ نتاج بارور تنی و ناتنی سیب در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴، پژوهشی روی درختان ۷-۶ ساله مستقر در باغ دورگ (هیبرید) واقع در ایستگاه تحقیقات مشکین‌آباد کرج صورت پذیرفت. این نتاج دورگ زودرس و متوسط رس در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ از بین ۷۰۰۰ دانهال به دست آمده از ۴۴ ترکیب تلاقی (۱۳۸۳-۱۳۸۴)، بر پایه نشانگرهای ریخت‌شناختی (مرفولوژیک) گزینش شده بود. بررسی سطوح همبستگی صفات پدیدشناختی (فنتولوژیک)، رشدی، زایشی و عملکردی در این پژوهش نشان داد، بین صفت زمان رسیدن و صفات تغییر رنگ میوه و میزان ریزش میوه همبستگی مستقیم به ترتیب در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ وجود داشت. ضریب همبستگی ساده پیرسون بین ارتفاع درخت و توان رشد همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۱ نشان داد، این نشان‌دهنده دقت در داده‌برداری صفت ارتفاع درخت به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های توان رشد است. صفت عملکرد در درخت با دو صفت طول دوره گلدهی و نیز ارتفاع درخت به‌عنوان مؤلفه توان رشد همبستگی منفی نشان داد و به همین ترتیب بین توان رشد و تراکم گلدهی رابطه معکوس وجود داشت. عملکرد در درخت ارتباط معنی‌داری با درصد ریزش میوه نشان داد، ولی با ارتفاع درخت به‌عنوان مؤلفه توان رشد نداشت. نتایج بررسی میزان وراثت‌پذیری برخی از صفات مهم نشان داد، بالاترین میزان وراثت‌پذیری عمومی مربوط به صفت عملکرد با ۶۴/۱۰ درصد و کمترین میزان وراثت‌پذیری عمومی با ۵/۷۵ درصد مربوط به صفت طول دوره گلدهی بود، همچنین وراثت‌پذیری زمان رسیدن میوه (زودرسی) ۴۱/۱۵ درصد ارزیابی شد. صفات کمی و کیفی میوه برخی نتاج بررسی شد و در نهایت دسته‌بندی و تجزیه خوشه‌ای ۳۱ نژادگان (ژنوتیپ) دورگ سیب بر پایه صفات مورد بررسی در سه گروه قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: باغ دورگ، به‌نژادی، تراکم گلدهی، ناتنی، وراثت‌پذیری.

Evaluation of heritability, functional traits correlation and pomological traits in apple hybrid genotypes

Hamid Koohneshin Leyli¹, Hassan Haj Najjari^{2*} and Davood Bakhshi³

1, 3. Former M. Sc. Student and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Guilan University, Rasht, Iran

2. Associate Professor, Temperate and Cold Fruit Research Center, Horticultural Science Research Institute (Karaj), Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

(Received: Feb. 13, 2017 - Accepted: Dec. 3, 2017)

ABSTRACT

The experiment was carried out on 560 half sib and full sib hybrids of apple during 2014-2015. This study was conducted on 6 and 7 year-old plants in Seed and Plant Improvement Research Institute, Iran. The program related to composed of 7000 seedlings made by 44 cross combinations (2004-2005) based on morphological marker technique in 2006-2007. The plants were grown in the hybrid orchard obtained through a large screening program to select early and mid-early hybrids. In this study, some important quantitative and qualitative pomological traits were evaluated and genotypes were classified into three groups using cluster analysis based on measured traits. In estimation of correlation between phenological traits, there were no significance relationships between yield per tree and growth vigor, period of flowering, flowering density, ripening time and height of tree, but yield had significance and positive correlation with percent of fruit abscission. Flowering density had no significant effect on some phenological traits. In estimation of heritability of some important traits, the highest and lowest general heritability were from yield and period of flowering (64.10% and 5.75%, respectively). General heritability of early ripening was 41.15 percent.

Keywords: Breeding, Flowering density, Half-Sib, Heritability, Hybrid orchard.

* Corresponding author E-mail: h.hajnajari@areeo.ac.ir; hassanhajnajari@yahoo.com

مقدمه

گونه سیب *Malus × domestica* Borkh. یک ژنگان (ژنوم) پیچیده از جنس *Malus* دارد. پژوهشگران در تکامل سیب اهلی گونه‌های چندی را دخیل می‌دانند، اما پذیرفته‌ترین نظریه که به‌طور عمده بر پایه مدارک چندی ناشی از بررسی‌های ریخت‌شناختی (مرفولوژیک) و مولکولی است گونه *M. sieversii* از آسیای میانه را محتمل‌ترین نامزد برای جد مادری سیب اهلی می‌داند (Gharghani et al., 2009). سیب یکی از محصولات مهم کشور انعطاف‌پذیری ژنتیک بالا و توان سازگاری زیاد دارد. رعایت مسائل مختلف مؤثر بر کیفیت میوه مانند عامل‌های آب هوایی، تغذیه درختان مادری، کنترل آفات و بیماری‌ها، تعیین زمان مناسب برداشت و مدیریت پس از برداشت در حفظ کیفیت سیب و کاهش ضایعات، بسیار مؤثر خواهد بود (Damyar et al., 2007). کیفیت، طعم و عمر انباری میوه‌ها متأثر از ساختار ژنتیکی آن‌هاست و در رقم‌ها و گونه‌های همسان نیز متفاوت است. رقم‌ها می‌توانند مدیریت پس از برداشت را تحت تأثیر قرار دهند (Mortazavi, 2001). میزان و سرعت رسیدگی در رقم‌های مختلف متفاوت است. رقم‌های زودرس میزان اتیلن بالاتری نسبت به رقم‌های دیررس تولید می‌کنند و کمترین عمر انباری را دارند (Ahmadi Afzadi, 2012). رقم‌های با میزان تولید اتیلن کمتر، عمر انباری بالاتری دارند (Djovinov, 2004). بیشتر رقم‌های زودرس و مهم سیب اندازه میوه کوچک و توان انبارمانی ضعیف دارند، تولید رقم‌های میان‌رس با اندازه درشت با سفتی بافت بالا در بازار تازه‌خوری یک ضرورت تلقی می‌شود تا افزون بر توان رویارویی با ضربه‌های مکانیکی در طول برداشت، حمل‌ونقل و جابه‌جایی‌های پس از برداشت درعین‌حال توان انبارمانی خوبی نیز داشته باشند (Hajnajari et al., 2011). انجام برنامه‌های اصلاحی در درختان سیب با دوره نونهالی طولانی ۱۳-۵ سال به‌ویژه برای صفت زمان رسیدن با کنترل ژنتیکی چندژنی به زمان و هزینه زیادی نیاز دارد (Hajnajari et al., 2012). این مشکلات ضرورت به‌کارگیری فن و روش‌هایی که استفاده از آن‌ها موجب کاهش دوره بلند اصلاحی در

روش‌های کلاسیک به‌نژادی می‌شود را پرهیزناپذیر می‌سازد. یکی از این روش‌ها، بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناختی رقم‌های سیب در دوره نونهالی و بررسی همبستگی بین صفات در این مرحله رشدی و مقایسه آن با دوره بلوغ است (Hajnajari et al., 2012; Chashnidel & Hajnajari, 2012). پژوهش‌های چندی در راستای گزینش و اصلاح رقم‌های پرمصرف سیب در سال‌های اخیر صورت پذیرفته است: پژوهشگران با انجام آزمایش‌های سازگاری رقم‌های به‌منظور یافتن بهترین رقم‌های تجاری سیب در منطقه شاهرود، صفاتی مانند اندازه، قطر، طول، وزن، حجم، سفتی و رنگ میوه را در ۱۲ رقم بررسی کردند. نتایج نشان داد، بهترین رقم‌ها از نظر عملکرد "گلدن دلشیز" و "گلدن اسموتی"، به لحاظ اندازه میوه، "رد دلشیز" و "اول گل" ولی "رد اسپار" و "رد دلشیز" از نظر شیرینی برتری داشتند. تنوع رقم‌های موجود سیب این فرصت را به اصلاح‌کنندگان می‌دهد که برای بهره‌گیری از ظرفیت‌های آن‌ها در مناطق مختلف تولید سیب کشور دست به انتخاب بهترین رقم‌ها در هر اقلیم زده و به گسترش کشت آن‌ها بپردازند تا بیشترین بازده عملکردی را از شرایط موجود داشته باشند (Mortazavi, 2001). شناسایی، گردآوری و ارزیابی ذخائر توارثی (ژرم پلاسما) بومی از باغ‌های قدیمی می‌تواند روش اصلاحی مناسبی برای کشف نژادگان (ژنوتیپ)‌های جدید در مقایسه با رقم‌های شاهد تجاری باشد (Hajnajari, 2010). اکنون سیب‌های گوشت قرمز در جهان بنا بر ویژگی‌های پاداکنندگی (آنتی‌اکسیدانی) مورد توجه قرار گرفته‌اند (Damyar et al., 2013)، با شناسایی و افزونش آن‌ها با احداث یک باغ آزمایشی در ایستگاه تحقیقات باغبانی کمال شهر کرج، ویژگی‌های شش نژادگان سیب گوشتی قرمز بومی به همراه سه نژادگان شناسایی‌شده از اطراف شهرستان شاهرود از نظر صفات ریخت‌شناختی، میوه‌شناختی (پومولوژیک)، ویژگی‌های فیزیوشیمیایی میوه و چشایی را بررسی کردند. بنابر نتایج به‌دست‌آمده نژادگان SH-10 با میانگین ۸۹/۰۶ گرم وزن، ۵/۳۳ سانتی‌متر طول و ۶/۱۸ سانتی‌متر قطر میوه بیشترین و نژادگان B3 با

میوه‌شناختی و عملکرد در درخت همه دورگ‌های بالغ بارور ۸ ساله تنی و ناتنی به‌دست‌آمده از تلاقی رقم‌های بومی ایران و رقم‌های تجاری خارجی مستقر در باغ دورگ واقع در ایستگاه تحقیقات باغبانی مشکین‌دشت کرج با هدف شناسایی نژادگان‌های امیدبخش بررسی و اندازه‌گیری شد. مواد دورگی موجود به‌دست‌آمده از غربال‌های دوسالانه (۱۳۸۶ و ۱۳۸۷) بر ۷۰۰۰ نتاج زودرس و متوسط‌رس به‌دست‌آمده از ۴۴ ترکیب تلاقی (۱۳۸۴-۱۳۸۳)، و بر پایه نشانگرهای ریخت‌شناختی هستند. ارزیابی‌های دوسالانه این تحقیق نیز بر پایه دستورکار ملی آزمون‌های تمایز، یکنواختی و پایداری سیب (D.U.S)، انجام گرفت. داده‌برداری از صفات رویشی و زایشی و عملکردی بر نژادگان‌های دورگ، دربرگیرنده نتاج ناتنی به‌دست‌آمده از گرده‌افشانی آزاد والد‌های مادری زودرس برتر و نیز نتاج تنی به‌دست‌آمده از تلاقی رقم‌های والد زودرس با کیفیت مطلوب با رقم‌های والد دیررس و متوسط‌رس با عملکرد بالا و میوه درشت انجام گرفت. صفات اندازه‌گیری‌شده در این پژوهش شامل صفات پدیدشناختی (آغاز گلدهی، پایان گلدهی، دوره گلدهی، زمان رسیدن میوه، میزان تغییر رنگ میوه) و صفات عملکردی (تراکم گلدهی، میزان ریزش میوه، عملکرد در درخت) به‌اضافه صفت رویشی (ارتفاع درخت به‌عنوان مؤلفه توان رشد) و ۳۰ صفت میوه‌شناختی (وزن میوه، طول میوه، قطر میوه، نسبت طول به قطر میوه، طول دم، ضخامت دم و عرض گودی دم، و برخی صفات کیفی بر پایه دستورکار آزمون تمایز میوه مانند اندازه میوه، شکل میوه، اندازه چشم، طول کاسبرگ، مومی شدن پوست میوه، رنگ زمینه و رنگ گوشت میوه، ناحیه زنگار لبه میوه و شمار عدسک) بود. این پژوهش در قالب یک طرح کامل تصادفی در ده تکرار برای صفات میوه‌شناختی و در قالب یک تکرار برای هر یک صفات پدیدشناختی و ریخت‌شناختی (هر نژادگان به‌عنوان یک تیمار تلقی شد) انجام شد. گروه‌بندی بر پایه شمار کلاس‌های مندرج برای هر یک از صفات پدیدشناختی و ریخت‌شناختی مندرج در دستورکار سیب و نیز گردآوری داده‌ها توسط تجزیه خوشه‌ای (کلاستر)

۱۹/۴۹ گرم وزن، ۳/۱۲ سانتی‌متر طول و ۲/۶۰ سانتی‌متر قطر میوه کمترین میزان این صفات را به خود اختصاص دادند. بین نژادگان‌های مورد بررسی دو نژادگان *B-R* و *GH-R* به‌عنوان سیب‌های تابستانه قابلیت بالای تازه خوری و تولید آب‌میوه دارند. در یک برنامه به‌نژادی سیب در کشور آفریقای جنوبی، ۲۱۰ نتاج دورگ (هیبریدی) با ارزیابی‌های صفات رویشی و میوه‌شناختی قرار گرفتند که ۷۵ دورگ رشد ستونی، ۱۵ دورگ رشد نیمه ستونی و دیگر نتاج‌ها از رشد استاندارد از نوع گسترده نشان دادند. درنهایت ۹ نژادگان به‌عنوان بهترین درختان انتخاب شدند که آزمایش‌های میوه‌شناختی روی آن‌ها صورت گرفت. اندازه میوه‌ها از متوسط تا درشت و رنگ میوه از سبز، زرد تا قرمز متغیر بود. مژه اغلب میوه‌ها خوب بود و از نظر زمان رسیدن از دیررس تا خیلی دیررس تفرق وجود داشت (Labuschange *et al.*, 2011). هدف از انجام این پژوهش تولید و دستیابی به رقم‌هایی از سیب است که در عین زودرسی و یا میان‌رسی بدون صفات نامطلوب مانند توان رشد زیاد، تراکم گلدهی کم، میزان ریزش‌های بالا، درصد میوه بندی و عملکرد ضعیف، اندازه کوچک، سفتی بافت کم‌گوشت میوه باشند. همچنین با بررسی وجود و یا نبود همبستگی بین صفات مهم نژادگان‌های مورد بررسی در این پژوهش می‌توان صفات مرتبط با ویژگی‌های نامطلوب در نژادگان‌های زودرس و میان‌رس را شناسایی کرده و با تأثیرگذاری بر آن‌ها به‌طور غیرمستقیم صفات نامطلوب شایع در نژادگان‌های زودرس و میان‌رس را اصلاح کرد. با بررسی میزان وراثت‌پذیری برخی از صفات در این پژوهش نیز می‌توان سهم مؤثر از هر یک از عامل‌های ژنتیک و محیطی را بر مهم‌ترین صفات نژادگان‌های مورد ارزیابی رصد کرد. این موضوع می‌تواند عامل بسیار تأثیرگذار و کمک‌رسان در تحقیقات اصلاحی تحت عامل‌گزینش باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش در دو سال (۱۳۹۳-۱۳۹۴)، برخی ویژگی‌های رویشی ۵۶۰ نتاج بارده و غیربارده سیب، افزون بر صفات پدیدشناختی (فنولوژیک)،

$$VG = \frac{MSg - MSe}{r}$$

$$VE = MSe$$

$$VP = VG + VE$$

برای محاسبه وراثت‌پذیری عمومی از رابطه زیر استفاده شد:

$$h^2_{b,s} = VG/VP \times 100 \quad (1)$$

در رابطه‌های بالا $h^2_{b,s}$ وراثت‌پذیری عمومی، VG واریانس ژنتیکی و VP واریانس پدیدگانی، VE واریانس محیطی، MSg میانگین مربعات تیمار و MSe میانگین مربعات خطا است.

دسته‌بندی وراثت‌پذیری صفات بنا بر دسته‌بندی Farshadfar (1998) به سه گروه تقسیم می‌شود:

۱. وراثت‌پذیری بالا (h^2 بیشتر از ۰.۵۰)

۲. وراثت‌پذیری متوسط (h^2 بین ۰.۲۰ تا ۰.۵۰)

۳. وراثت‌پذیری پایین (h^2 کمتر از ۰.۲۰)

نتایج و بحث

تجزیه خوشه‌ای نژادگان‌ها بر پایه صفات کمی و کیفی میوه

نمودار درختواره‌ای یا دندروگرام (شکل ۱) به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای داده‌ها بر پایه صفات کمی و کیفی میوه، در فاصله ۱۰ اقلیدوسی کل نژادگان‌ها را در سه گروه دسته‌بندی کرد. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده بیشترین شمار نژادگان‌ها در گروه سوم قرار گرفتند. داشتن وزن میوه بالا (۶۹ تا ۹۸ گرم)، مومی شدن پوست در حد متوسط، نداشتن زنگار لپ، رنگ زمینه سبز و سبز مایل به زرد منتج به قرار گرفتن ۱۴ نژادگان در گروه سوم شد. در گروه دوم ۱۱ نژادگان شناسایی شدند. از جمله صفات مشترک این گروه داشتن وزن میوه بین ۵۳ تا ۶۱ گرم و قطر میوه ۴۹ تا ۵۳ سانتی‌متر است کمترین شمار در گروه اول با شش نژادگان جای گرفتند. صفاتی مانند وزن میوه بین ۱۱ تا ۴۳ گرم، داشتن طول و قطر میوه پایین‌تر نسبت به دیگر نژادگان‌ها موجب قرار گرفتن این نژادگان‌ها در یک گروه شد. نحوه توزیع نژادگان‌ها در سه گروه مختلف به‌صورت زیر بود:

ساده صورت گرفت. غربالگری اولیه بر پایه کلاس زودرسی و عملکرد بر همه نتایج بارور انجام شد. تا این مرحله و بنابر نتایج به‌دست‌آمده، ۶۳ نژادگان از بین ۵۶۰ نژادگان گزینش شدند. در مورد همه صفات پدیدشناختی، میوه‌شناختی گروه‌بندی‌های لازم افزون بر شاخص‌های مندرج در دستورکار D.U.S، حد کمینه تظاهر صفت و نیز حد بیشینه بیان ژن‌ها در هر صفت با بهره‌گیری از تنوع بالای ژنتیکی موجود در حوضچه ژنتیکی کلکسیون رقم‌ها در نظر گرفته شد. مؤلفه‌های توان رشد شامل ارتفاع، سطح سایه‌گستر، قطر تنه در سه مقطع مختلف پایه، محل پیوند و تنه، رشد سال جاری، شمار میانگره و طول میانگره است. به دلیل شمار بیش‌ازحد نژادگان‌های دورگ در مقطع زمانی به‌نژادی نیاز به اندازه‌گیری همه این صفات نبود، بنابراین با مآخذ قرار دادن توان رشد که همه مؤلفه‌های مختلف را در برمی‌گیرد و نیز اندازه‌گیری ارتفاع درختان با شناسایی دو حد کمینه و بیشینه حجم تاج‌پوشش (کانوپی) به‌صورت مشاهده‌ای ارزیابی و در چند گروه تفکیک شدند. داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش پس از آزمون یکنواختی واریانس‌ها و نرمال بودن داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS9.I تجزیه و تحلیل شدند. برای گروه‌بندی نژادگان‌های با عملکرد بالا از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد استفاده شد. گروه‌بندی صفات دارای پایداری ژنتیک بر پایه داده‌های به‌دست‌آمده در قالب آزمون ملی D.U.S برای ثبت ویژگی‌های رقم‌های امیدبخش استفاده شد (Hajnajari *et al.*, 2008). نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیقات همبستگی صفات عملکرد در درخت، عادت رشد، توان رشد و دیگر صفات مورد بررسی زمینه را برای گزینش رقم‌های دورگ امیدبخش با قابلیت تجاری‌سازی از راه آزمایش‌های مقایسه‌ای دورگ‌های موجود از نظر خوش‌خوراکی، آزمون گروهی (پانل تست) می‌توان فراهم ساخت.

میزان وراثت‌پذیری برخی از صفات

به‌منظور تجزیه ژنتیکی صفات، اجزاء واریانس ژنتیکی، واریانس محیطی، واریانس پدیدگانی (فنونتیپی) و وراثت‌پذیری عمومی ۵ صفت مهم با تجزیه واریانس محاسبه شد (جدول ۲).

گروه اول

از مجموع شمارش نتاج ناتنی (گرده‌افشانی آزاد) در این زیرگروه، سه دورگ از نتاج رقم شیخ احمد بودند. صفات و ویژگی‌های کلیدی والد شیخ احمد عبارت است از: زودرس- متوسط رس، تراکم گلدهی عالی (۱۰۰ درصد)، عملکرد در درخت عالی، توان رشد درخت ضعیف، عادت رشد مجنون، به‌کلی خودسازگار، شکل میوه استوانه‌ای.

24 ← (op × گلوکناپفل)

396 ← (op × شیخ احمد)

23 ← (op × گلبهار)

399 ← (op × شیخ احمد)

381 ← (op × شیخ احمد)

285 ← (op × استارکان رز)

گروه دوم

در مجموع شمار بازده دورگ دربرگیرنده یک دورگ تنی (تلاقی کنترل شده) و ده دورگ ناتنی (گرده‌افشانی آزاد)، در این زیرگروه قرار دارند که از میان ده دورگ از نتاج ناتنی ۹ دورگ از والد مادری رقم شیخ احمد مشتق شده‌اند.

تلاقی رقم شیخ احمد با گروه افشانی آزاد ← ۹ دورگ

610 ← (op × شیخ احمد)

425 ← (op × شیخ احمد)

527 ← (op × شیخ احمد)

546 ← (op × شیخ احمد)

221 ← (ارلی ردوان × حیدر زاده)

401 ← (op × شیخ احمد)

518 ← (op × شیخ احمد)

557 ← (op × شیخ احمد)

651 ← (op × شیخ احمد)

555 ← (op × شیخ احمد)

گروه سوم

در مجموع شمار هفده دورگ دربرگیرنده هشت دورگ تنی (تلاقی کنترل شده) و ۹ دورگ ناتنی (گرده‌افشانی آزاد)، در این زیرگروه قرار دارند که از میان هشت دورگ از نتاج ناتنی پنج دورگ به والد مادری رقم شیخ احمد تعلق دارند.

شمار نتاج تلاقی رقم شیخ احمد با گروه افشانی آزاد

← ۵ دورگ

247 ← (تاپ رد دلشز × گلدن کرج)

337 ← (op × شیخ احمد)

216 ← (op × جاناتان)

430 ← (op × شیخ احمد)

269 ← (اردبیل × حیدرزاده)

265 ← (اردبیل × حیدرزاده)

258 ← (تاپ رد دلشز × گلدن کرج)

613 ← (op × شیخ احمد)

529 ← (op × شیخ احمد)

412 ← (op × شیخ احمد)

81 ← (اردبیل × حیدرزاده)

479 ← (op × گلدن کرج)

480 ← (op × گلدن کرج)

482 ← (آیدارد × حیدرزاده)

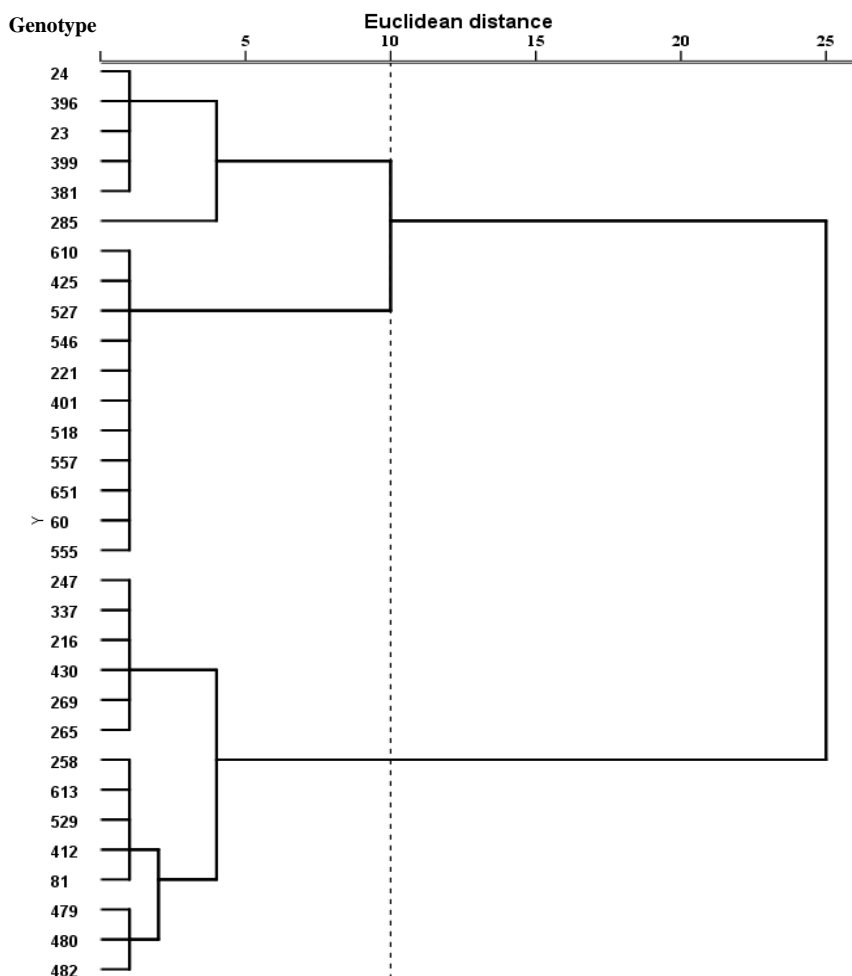
در یکی از پژوهش‌های همسان دیگر میوه‌های ۴۹ رقم بومی و وارداتی سیب موجود در ایستگاه تحقیقات باغبانی کمال‌شهر در کرج در فصل رویشی ارزیابی‌های میوه‌شناختی و قابلیت انبارمانی شدند. میوه‌ها از درختان ۱۲ ساله پیوندی و در هنگامی که شاخص نشاسته‌ای آن‌ها بین ۵ تا ۷ بود برداشت و بر پایه توصیف‌گر سیب ارزیابی شدند. بنابر نتایج آزمایش‌های میوه‌شناسی نژادگان‌ها به چهار گروه متمایز تقسیم شدند که در گروه اول میوه‌های با وزن بالا و شیرینی متوسط، در گروه دوم میوه‌هایی با عطر، طعم و شیرینی بالا، در گروه سوم سیب‌های ترش با عطر و طعم کم و در گروه چهارم سیب‌هایی با اندازه کوچک قرار گرفتند (Bahari et al., 2011).

همبستگی بین صفات پدیدشناختی و عملکردی

بنابر نتایج همبستگی بین صفات (جدول ۱)، بین صفت زمان رسیدن و صفات‌های تغییر رنگ میوه و میزان ریزش میوه همبستگی مستقیم به ترتیب در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ وجود داشت. هرچند عملکرد نژادگان‌های موجود ارتباط معنی‌داری با توان رشد از نظر مجموع صفات سطح سایه‌گستر و ارتفاع، نداشت ولی در عوض صفت عملکرد در درخت با ارتفاع درخت به‌عنوان یک مؤلفه

حفظ بخش مشخصی از محصول متأثر از نرخ نورساختی (فتوسنتزی) ژنتیک خود دارد. همچنین افزایش زمان رسیدن میوه (دیررسی) موجب افزایش ریزش میوه شد. زمان رسیدن میوه (زودرسی یا دیررسی) ارتباط معنی‌داری با توان رشد، مدت‌زمان گلدهی، تراکم گلدهی و ارتفاع درخت نداشت. افزایش ریزش در رقم‌های متوسط رس و دیررس در شرایط دمایی بالای روزانه حدود ۴۰ درجه سلسیوس و نبود ساعت‌های ابری به دلیل تبخیر و تعرق و بالا در منطقه کرج است. در مناطق مرتفع به‌رغم شدت بالای تابش نور خورشیدی در روز، هوای سرد شب موجب کاهش هدررفت رطوبت درون بافتی و جلوگیری از افزایش ریزش می‌شود (Hajnajari, 2017). طول دوره گلدهی و تراکم گلدهی از جمله صفات پدیدشناختی بودند که با هیچ‌یک از صفات مورد بررسی رابطه همبستگی نداشتند.

توان رشد همبستگی منفی نشان داد. این بدان معنی است که عملکرد با کاهش ارتفاع، افزایش یافته است و برعکس با افزایش طول درخت عملکرد با کاهش روبرو است. به‌این‌ترتیب افزایش بهره‌گیری شیره پرورده در رشد رویشی موجب کاهش سطح میوه بندی، افزایش ریزش و کاهش عملکرد می‌شود. وجود رابطه معکوس به‌صورت موازی بین توان رشد و تراکم گلدهی نیز بر همین منوال احتمال دارد بتواند به این نوع رقابت قابل اطلاق باشد. لذا، عملکرد همبستگی مثبتی با تراکم گلدهی، طول دوره گلدهی و نیز صفت پدیدشناختی زمان رسیدن میوه و ارتفاع درخت نشان ندادند. این در حالی است که عملکرد درخت ارتباط مستقیم و معنی‌داری با درصد ریزش میوه داشت. یعنی افزایش عملکرد، افزایش ریزش میوه را به همراه داشت که این دلالت بر تنک طبیعی درخت و واکنش طبیعی گیاه در



شکل ۱. نمودار درختواره‌ای به‌دست‌آمده از صفات کمی و کیفی مورد بررسی در میوه ۳۱ نژادگان دورگ سیب

Figure 1. Dendrogram of fruit quality and quantity traits in 31 apple hybrids

جدول ۱. ضریب همبستگی ساده پیرسون بین صفات پدیدشناختی

Table 1. Simple relation coefficients of Pearson between phenological and yield traits

Trait	Yield per tree	Tree vigor	Color change	Fruit fall	Ripening time	Flowering period	Bloom density	Tree Height
Yield per tree	1							
Tree vigor	0.03 ns	1						
Color change	0.22 ns	0.15 ns	1					
Fruit fall	0.24*	0.13 ns	0.29*	1				
Ripening time	0.01 ns	-0.001 ns	0.50**	0.31*	1			
Flowering period	-0.04 ns	0.003 ns	0.15 ns	0.07 ns	-0.05 ns	1		
Bloom density	0.05 ns	-0.11 ns	0.05 ns	0.08 ns	0.13 ns	0.01 ns	1	
Tree Height	-0.05 ns	0.65**	0.009 ns	-0.02 ns	-0.09 ns	0.02 ns	-0.04 ns	1

***, **, *, ns: سطح معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

***, *, ns: Significant difference relatively at 1 and 5% at probability levels, and non-significant difference

جدول ۲. مقادیر وراثت‌پذیری برخی صفات مورد اندازه‌گیری

Table 2. Heritability levels of some of the studied traits

Trait	Environmental variance (VE)	Genetic variance (VG)	Phenotypic variance (VP)	Heritability (%)
Flowering period	0.9	0.055	0.955	5.75
Yield per tree	0.92	1.64	2.56	64.10
Tree vigor	0.2	0.073	0.273	26.82
Fruit fall	94.4	50.23	144.63	34.73
Ripening time	112.8	878.88	191.68	41.15

در جذب منابع در دسترس میزان ریزش میوه‌ها نیز افزایش می‌یابد. ترشح برخی از تنظیم‌کننده‌های رشد در جنین و بذر موجود در برچه‌های سیب، موجب اتصال دم میوه به شاخه شده و شرایط را برای تغذیه و رشد و نمو جنین و میوه از شبکه آوندی فراهم‌کننده، چنانچه این مواد به هر علت ساخته و یا ترشح نشوند و غلظت این ترکیب‌ها درون بافت کم شود شرایط تکامل‌یافتگی به جنین القاشده و آغاز به تشکیل لایه جداکننده در دمگل میوه می‌کند که در نهایت میوه ریزش می‌کند (Way et al., 1990)، نتایج دیگر تحقیقات نشان داده است، با طولانی شدن دوره رشد میوه و دیررس بودن رقم میزان ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد به شدت در میوه کاهش یافته و از این رو میزان ریزش در رقم‌های دیررس سیب به‌طور کلی بالاتر از رقم‌های زودرس است. البته ریزش میوه‌ها تحت تأثیر عامل‌های محیطی و ژنتیکی مختلفی رخ می‌دهد و عامل یادشده را نمی‌توان تنها عامل مؤثر بر میزان ریزش میوه برشمرد (Ahmadi Afzadi, 2012). بنابراین، نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق در زمینه وجود رابطه مستقیم بین زمان رسیدن میوه و میزان ریزش میوه با نتایج دیگر محققان همخوانی دارد. نتایج تحقیقات نشان داده، با طولانی‌تر شدن دوره رسیدن میوه در سیب، میزان

همبستگی بین صفات عملکرد در درخت، زمان رسیدن میوه، تغییر رنگ و میزان ریزش میوه عملکرد در درختان نتاج دورگ در دست بررسی ارتباط مستقیم و معنی‌داری با درصد ریزش میوه داشت. از داده‌های جدول ۱ می‌توان وجود رابطه مستقیم بین این دو صفت را نتیجه گرفت. میزان رشد و بقای میوه‌چه‌ها بستگی به میزان تجمع مواد خشک و آب دارد. این پایداری ممکن است با میزان جذب مواد توسط میوه و یا منابع جذب (محدودیت در منبع) محدود شود. این دو عامل رابطه ظریفی با هم داشته و کمبود منابع سوخت‌وسازی (متابولیسم) در مراحل اولیه نمو میوه ممکن است آسیب‌های جبران‌ناپذیری به میوه‌چه‌های در حال رشد رسانده و رشد میوه‌ها را در مراحل بعدی نمو هنگامی که حتی شاید منابع سوخت‌وسازی نیز برای بلندمدت فراهم باشد محدود کند و باعث ریزش گسترده میوه‌ها شود. با توجه به اینکه با افزایش شمار و وزن میوه‌های تشکیل شده رقابت بین میوه‌های شکل‌گرفته بر سر جذب مواد دریافت شده توسط درخت تشدید می‌شود (Dewet et al., 2000)، وجود رابطه مستقیم بین میزان عملکرد و میزان ریزش میوه چندان دور از انتظار نبود، به‌عبارت دیگر به‌طور کلی می‌توان گفت که با افزایش عملکرد هر درخت به‌واسطه افزایش رقابت بین میوه‌ها

بیش‌ازاندازه محصول و به‌دنبال آن افزایش ناهنجاری‌ها و کاهش قابلیت انبارمانی می‌شود. رنگ رویی در رقم‌های سیب بسته به ویژگی ژنتیک از سبز کامل مانند اردبیل ۲ و گرانی اسمیت، زرد طلایی مانند یلو سپور، پرایم گلد، صورتی خوش‌رنگ مانند سلطانی شبستر و پینک لیدی تا قرمز پررنگ مانند حیدرزاده و استارکینگ متغیر است. لکه رنگ رویی از نیمه فراگیر تا فراگیر بسته به سال، محیط، تغذیه و رقم متفاوت است (Hajnajari, 2018). در بسیاری از رقم‌های سیب عمده رنگ‌گیری پوست میوه در مراحل پایانی رشد و نمو میوه صورت می‌پذیرد، البته در این بین موارد استثنا نیز وجود دارد و برخی از رقم‌هایی که به‌خوبی رنگ نمی‌گیرند مانند رقم‌های زرد "گلدن دلشیز" و "موتسو" در اوایل مراحل نمو میوه، رنگ‌گیری خوبی دارند (Labuschagne et al., 2004). عامل‌های مؤثر در ریزش پیش از برداشت سیب، دو تا سه هفته و گاهی چند روز پیش از رسیدن کامل، شامل اثر خارجی مانند کم و یا زیادی آب، ضعف و یا توان باردهی بیش‌ازحد درخت، کم و یا زیاد بودن مواد غذایی، افزایش دمای ناگهانی و خشکی بیش‌ازحد و نیز عامل‌های ارثی هستند (Tarrahi & Hajnajari, 2012). با توجه به موارد یادشده وجود رابطه مستقیم بین میزان رنگ‌گیری میوه و میزان ریزش میوه چندان دور از انتظار نبود و با توجه به اینکه عمده رنگ‌گیری پوست میوه در زمان نزدیک به رسیدن میوه صورت می‌پذیرد این دوره با ریزش پیش از برداشت میوه همزمان خواهد بود و با افزایش رنگ‌گیری میوه و طولانی‌تر شدن دوره رسیدگی میوه، میزان ریزش میوه نیز افزایش می‌یابد.

همبستگی بین ارتفاع درخت و توان رشد

ارزیابی مشاهده‌ای مؤلفه فراگیر توان رشد همراه با اندازه‌گیری ارتفاع درختان در ۵۶۰ نژادگان مستقر در باغ دورگ با بهره‌گیری از دو حد کمینه و بیشینه حجم تاج‌پوشش دلالت بر وجود تنوع زیاد در بین نتایج از رشد بسیار ضعیف تا خیلی پررشد داشت. به هر شکل درختان مستقر در باغ دورگ در همه زیرگروه‌ها با توجه به داده‌های جدول ۱ رابطه همبستگی مستقیم بین دو صفت میزان ارتفاع درخت و میزان توان رشد درخت در

تجمع نهایی قندها نیز در میوه افزایش می‌یابد، از سویی قندها در مسیر تولید و شکل‌گیری برخی از مهم‌ترین رنگیزه‌های ایجادکننده رنگ زمینه در پوست سیب مشارکت و دخالت داشته و با افزایش میزان قندها در میوه شرایط برای شکل‌گیری رنگیزه‌ها در پوست میوه مساعدتر و فراهم‌تر خواهد شد (Tarrahi & Hajnajari, 2012). رشد کامل بذرها، شمار بذر در میوه و زیست‌ساخت (بیوسنتز) هورمون‌ها توسط آن‌ها موجب افزایش رنگ‌گیری میوه می‌شود و عامل‌هایی مانند وجود گرده‌زای ضعیف، نبود همپوشانی دوره گلدهی گرده‌زا و رقم اصلی، کاهش تراکم گرده در دسترس و عدم بازدید کافی حشرات گردآورنده گرده موجب کاهش شمار و اندازه بذر و عدم رنگ‌گیری میوه به‌ویژه در رقم‌های سیب با رنگ رویی قرمز می‌شود (Hajnajari, 2017). در شرایط معمول به‌طور کلی وجود رابطه معنی‌دار و مستقیم بین زمان رسیدن میوه و میزان تغییر رنگ میوه را می‌توان به دلیل روند درست گرده‌افشانی، تغذیه مناسب باغ و شرایط مساعد محیطی برای پرورش محصول دانست، زیرا چنین شرایطی شرایط عالی برای افزایش مواد جامد محلول و نیز تجمع هر چه بیشتر رنگیزه‌ها در پوست میوه سیب را فراهم می‌سازد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از بررسی همبستگی بین صفات می‌توان به رابطه مستقیم و هم سو بین میزان رنگ‌گیری میوه سیب و میزان ریزش آن پی برد. یکنواختی و شدت رنگ‌گیری پوست و افزایش ترکیب‌های معطر میوه سیب در بهبود کیفیت و بازارپسندی میوه نقش بسزایی دارد. ولی برداشت دیر هنگام موجب کاهش سفتی بافت و کاهش قابلیت انبارمانی می‌شود. Hajnajari & Eshghi (2014) در بررسی توان انبارمانی رقم‌های زودرس از وجود اختلاف معنی‌دار بین رقم‌ها و قابلیت نگهداری تا ۸ هفته در شرایط در انبار سرد با حفظ کامل ویژگی‌های حسی (ارگانولپتیک) خبر دادند. میزان تشکیل رنگدانه‌ها به‌طور عمده بستگی به رقم، رسیدگی میوه، عامل‌های درونی و شرایط محیطی مانند نور خورشید و دمای هوا و به‌ویژه دمای شب دارد. تأخیر در برداشت میوه به‌منظور تشکیل رنگ بهتر، منجر به رسیدگی

۴۱/۱۵ درصد است. درزمینه توان رشد و ریزش میوه که وراثت‌پذیری متوسطی دارند می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر محیطی قسمت اعظم تغییرپذیری پدیدگانی این صفات را به وجود می‌آورد. سرعت پیشرفت تحت‌گزینش بستگی به وراثت‌پذیری دارد و وراثت‌پذیری بالا می‌تواند گزینش برای اصلاح را تسریع کند. برآوردهای وراثت‌پذیری به به‌نژادگران امکان می‌دهد که پیشرفت ژنتیکی در شرایط گزینش را از راه انواع روش‌های گزینش در شدت‌های مختلف گزینش پیش‌بینی کنند.

نتیجه‌گیری کلی

یکی از نتایج قابل توجه به‌دست‌آمده از بررسی همبستگی بین صفات پدیدشناختی تشخیص وجود همبستگی بین صفات میزان ریزش میوه و میزان عملکرد و همچنین میزان ریزش میوه و زمان رسیدن میوه بود. این نتایج می‌تواند زمینه‌ساز پژوهش‌های تکمیلی در جهت اصلاح رقم‌هایی از سیب باشد که ویژگی‌های عمومی مطلوب اما میزان ریزش بالای میوه دارند.

در بین صفات مورد بررسی بالاترین میزان وراثت‌پذیری در صفت عملکرد دیده شد که این موضوع نقش مهم و مؤثر عامل‌های ژنتیکی را در شکل‌گیری این صفت نشان داده و مبین این موضوع است که برای اصلاح و بهبود این صفت در رقم‌ها با عملکرد پایین تمرکز بر عامل‌های ژنتیک بسیار اثربخش‌تر از عامل‌های محیطی است. صفت طول دوره گلدھی نیز از جمله صفاتی ارزیابی شد که تأثیرپذیری بالایی از عامل‌های محیطی دارد.

سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. توان رشد در یک درخت به دور از تأثیرپذیر بودن از عامل‌های مختلف ژنتیکی و محیطی، تا حد زیادی به توان و میزان گسترش بخش زیرزمینی و ریشه آن بستگی دارد، به‌طور عمده درختانی با نظام‌های ریشه‌ای قوی میزان جذب آب و املاح بالاتری داشته و این موضوع به‌نوبه خود می‌تواند بر میزان رشد و گسترش اندام‌های هوایی آن تأثیرگذار باشد، اما نتایج تحقیقات نشان داده، به علت برخی از عامل‌های فیزیولوژیک و درونی که سرآمد آن‌ها عامل چیرگی انتهایی است قسمت عمده‌ای از مواد و املاح جذبی توسط ریشه‌ها در شاخه‌های اصلی و جانبی صرف رشد انتهایی و افزایش ارتفاع شاخه‌ها خواهد شد (Javdani *et al.*, 2013)، بنابراین در شرایط یکسان مدیریتی، سال و سن درختان، توان رشد بیشترین عامل اثرگذار از طریق والدها صورت گرفته است. لذا به‌صورت طبیعی از نظر وراثتی می‌توان وجود همبستگی مستقیم بین توان رشد درختان و میزان ارتفاع آن‌ها در همه زیرگروه‌ها در این پژوهش قابل‌درک است.

میزان وراثت‌پذیری برخی از صفات

به‌منظور تجزیه ژنتیکی صفات، اجزاء واریانس ژنتیکی، واریانس محیطی، واریانس پدیدگانی و وراثت‌پذیری عمومی ۵ صفت مهم محاسبه شد (جدول ۲). نتایج آزمایش نشان داد، بالاترین وراثت‌پذیری عمومی مربوط به عملکرد با ۶۴/۱۰ درصد و کمترین وراثت‌پذیری عمومی با ۵/۷۵ درصد مربوط به طول دوره گلدھی است، همچنین وراثت‌پذیری زمان رسیدن میوه (زودرسی)

REFERENCES

- Ahmadi Afzadi, M. (2012). Genetic and biochemical properties of apples that affect storability and nutritional value. *Introductory paper at the faculty of landscape planning, Horticulture and Agriculture Science*, 1, 1-41. Alnarp.,
- Bahari, A., Hajnajari, H., Kalantari, S. & Damyar, S. (2011). Pomologies and storability of 49 commercial apple cultivars and promising genotypes. *Baghdar (Apple special issue)*, 82, 33-38.
- Chashnidel, B. & Hajnajari, H. (2012). Relationships of morphological traits and ripening time during juvenile phase in apple. *Scientia Horticulturae*, 144, 29-35.
- Damyar, S., Hassani, D. & Parvaneh, D. (2013). Assessment of some Iranian native red flesh apple genotypes. *Seed and Plant Genetic Improvement*, 29(3), 483-501.
- Damyar, S., Hassani, D., Dastjerdi, R., Hajnajari, H., Zeinanloo, A. A. & Fallahi, E. (2007). Evaluation of Iranian native apple cultivars and genotypes. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 5 (3 & 4), 207-211.
- De Wit, I., Pauwels, E. & keulement, J. (2000). Different growth habits in apple and correlation between growth characteristics in progenies with a common Co-Gene parent. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 538, 325-330.

7. Djovinov, V. (2004). Genetic Control of the Growth Habit of Apple Trees. *Acta Horticulturae*, 663, 397-400.
8. Farshadfar. (1998). *Methodology of plant breeding*. Publication of Razi University, Kermanshah, 435 pages.
9. Gharghani, A., Oraguzie, N., Fatahi, R., Hajnajari, H., Wiedow, C. & Gardiner, S. (2009). Genetic identity and relationships of Iranian apple cultivars and landraces, wild species and representative old apple cultivars based on simple sequence repeat (SSR) marker analysis. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 56, 829-842.
10. Hajnajari, H. (2018). *Atlas of Iranian Fruit Tree Cultivars*. Nashre Amuzesh Keshavarzi. 234 pages.
11. Hajnajari, H. (2017). *Guide of Apple Cultivation and Growing emphasized on Research Findings*. Nashr Amuzesh Keshavarzi. 436 pages.
12. Hajnajari, H. & Eshghi. (2014). Influence of harvest time on sensorial parameters of some native mid-early apple cultivars during cold storage. *Journal of Horticulture Sciences (Agricultural Sciences and Industries)*, 27(3), 275-285.
13. Hajnajari, H., Chashnidel, B., Vahdati, K., Ebrahimi, M. & Agheli, S. O. (2011). Evaluation of morphological markers efficiency in screening of 44 apple cross combinations progenies during juvenile phase. *Iranian Journal of Horticulture science and Technology*, 13(1), 11-30.
14. Hajnajari, H., Chashnidel, B., Vahdati, K., Ebrahimi, M., Nabipour, A. & Fallahi, E. (2012). Heritability of morphological traits in apple early-ripening full-sib and half-sib offspring and its potential use for assisted selection. *HortScience*, 47(3), 328-333.
15. Hajnajari, H. (2010). Cultivar evaluation program of the national Iranian apple collection in the last decade. *Proceedings of the International Scientific Conference of Fruit Growing Intensification in Belarus: Traditions, Progress, Prospects*. Pp: 33-39.
16. Hajnajari, H., Dehghani, Sh. & Khandan, A. (2008). *Trials of distinctness, uniformity and stability for apple cultivars*. Nashr Amuzesh Keshavarzi. 47 pages.
17. Javdani, Z., Ghasemnezhad, M., Hajnajari, H. & Bakhshi, D. (2013). The comparison of phenolic compound content and antioxidant capacity of some selected Iranian apple genotypes for processing technology. *South-Western Journal of Horticulture, Biology & Environment*, 4(1), 43-45.
18. Jalili Marandi, R. (2010). *Growing temperate fruits*. Jihad-e University. AzebayjanGharbi Unit. 362 Pages. Gihad Daneshgahi.
19. Labuschange, I. F., Schmidt, K. & Booyse, M. (2004). Fruit Quality Assessment in Apple Breeding Progenies. *Acta Horticulturae*, 663, 321-326.
20. Mortazavi, S. A. (2001). Investigation on apple quality and quantity traits grown in Shahroud region. *Thesis in Master science. University of Shahid Beheshti*. Tehran. Iran.
21. Tarrahi, S. H. & Hajnajari, H. (2010). Morphological and tree architecture investigations on 30 apple commercial cultivars for specific orchard management. *Proceedings of the International Scientific Conference of Fruit Growing Intensification in Belarus: Traditions, Progress, Prospects*. Pp: 43-47. 2010 at Samokhvalovichy, Pp:33-39.
22. Way, R. D., Aldwimnckle, H. S., Lamb, R. C., Rejman, A., Sansavini, S., Shen, T., Watkins, R., Westwood, M. M. & Yoshida, Y. (1990). Apples. In: J. N. Moore and J.R. Ballingtown. (Eds). Genetic resources of temperature fruits and nuts. *Acta Horticulturae*, 90, 1-62.
23. Zand Fani, A. H. & Hajnajari, H. (2012). Investigation on morphological and pomological traits of promising apple genotypes in Karaj. *12th Iranian Genetic congress*. University of Sh. Beheshti. Tehran. 1-3 June.