Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 53, No 3, Autumn 2022 (544-552)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.315252.1885

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۱ (ص ۵۵۲-۵۴۴)

نشریه پژوهشی:

ارزیابی مطلوبیت در گزینش برخی ارقام سیب با استفاده از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل‌یافته (ASIIG)

جعفر احمدی[1*]، امیرعباس تقی‌زاده[2] و داریوش آتشکار[3]
۱ و ۲. استاد و دانشجو- محقق دوره پسادکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
۳. استادیار، پژوهشکده میوه های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۳)

چکیده

به‌منظور تعیین مطلوبیت بر مبنای صفات کیفی و کمّی میوه از ۱۱ رقم سیب اسپور تایپ به همراه رقم شاهد گلدن‌دلیشز استفاده شد. این ارقام در ایستگاه تحقیقاتی باغبانی کمالشهر کرج طی دوسال باغی (۱۳۹۰-۱۳۹۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات مورد مطالعه شامل وزن میوه، طول میوه، قطر میوه، سفتی بافت میوه، درصد اسیدیته، TSS، عملکرد میوه، درصد تشکیل میوه و تعداد میوه بود. تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثر سال تنها برای صفات قطر میوه و وزن میوه در سطح احتمال پنج درصد ($P\leq ۰/۰۵$) معنی دار است. اثر رقم در مورد تمام صفات به جز درصد تشکیل میوه در سطح احتمال یک درصد ($P\leq ۰/۰۱$) معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد میوه در رقم یلواسپور با مقدار ۲۳/۳۹ کیلوگرم در درخت مشاهده شد. با استفاده از نمرات اختصاصی به عنوان وزن صفات، شاخص ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل یافته (ASIIG) محاسبه گردید و مشاهده شد رقم یلواسپور با مقدار شاخص ۷۸/۱۶ درصد شباهت به ژنوتیپ ایده‌آل بالاترین مطلوبیت را در میان ارقام مورد مطالعه در آزمایش دارا می‌باشد و رقم یلواسپور به همراه ارقام گلدن‌اسموتی و دلیشزاسپور از مطلوبیت بالاتری نسبت به رقم شاهد گلدن دلیشز برخوردار بودند. نمودارهای حاصل از شاخص ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل یافته با گروه‌بندی مناسب ارقام آزمایشی، تنها رقم یلواسپور را به عنوان رقم کاملاً مطلوب معرفی نمودند.

واژه‌های کلیدی: ژنوتیپ ایده‌آل، سیب، شاخص مطلوبیت، ASIIG، TOPSIS.

Evaluation of desirability index in selection of apple cultivars using adjusted selection index of ideal genotypes (ASIIG)

Jafar Ahmadi[1*], Amir Abbas Taghizadeh[2] and Dariush Atashkar[3]
1, 2. Professor and Postdoctoral Researcher-Student, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
3. Assistant Professor, Temperate Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extention Organization (AREEO), Karaj, Iran
(Received: Dec. 01, 2020 - Accepted: Sept. 25, 2021)

ABSTRACT

In order to determine the desirability based on the qualitative and quantitative traits of the fruit, 11 cultivars of apple spore type along with control cultivar Golden Delicious were used. These cultivars were evaluated in Kamalshahr Horticultural Research Station of Karaj during two crop years (2011–2012) in a randomized complete blocks design with three replications and fruit related traits including fruit weight, fruit length, fruit diameter, fruit firmness, acidity percentage, TSS, fruit yield, fruit–set % and number of fruits per tree were recorded during two years. Combined analysis of variance showed that the effect of year was significant only for fruit diameter and fruit weight at the probability level of 5 % ($P\leq 0.05$). The effect of cultivar on all traits, except fruit–set %, was significant at the probability level of 1% ($P\leq 0.01$). The highest fruit yield was observed in Yellowspur cultivar with a value of 23.39 kg per tree. Using specific scores as the weight of traits, adjusted selection index of ideal genotype (ASIIG) was calculated and it was observed that Yellowspur cultivar with an index value of 78.16 % similar to the ideal genotype has the highest desirability among the cultivars and Yellowspur along with Golden Smoothie and Deliciousspur cultivars were more desirable than Golden Delicious cultivar. The graphs obtained from the adjusted selection index of ideal genotype with appropriate grouping of experimental cultivars identified only Yellow spur cultivar as a completely desirable cultivar.

Keywords: Apple, desirability index, ideal genotype, SIIG, TOPSIS.

* Corresponding author E-mail: njahmadi910@yahoo.com

مقدمه

درخت سیب (*Malus domestica* Borkh) از جمله درختان سردسیری معتدله، خزان کننده و از خانواده Rosaceae می‌باشد. سیب از اولین میوه‌هایی است که بشر آن را شناخته و استفاده کرده است و تقریباً در همه کشورهای جهان کشت و پرورش داده می‌شود. گسترش این میوه در جهان به دلیل تنوع فوق‌العاده ارقام و واریته‌های مختلف و همچنین انجام پروژه‌های گسترده اصلاحی در مراکز مهم تحقیقاتی سیب در دنیاست. امروزه در مقایسه با سایر محصولات باغی سیب نقش مهمی در اقتصاد کشورهای تولیدکننده داشته و از نظر وزنی بیشترین صادرات محصولات باغی را به خود اختصاص داده است (Ahmadi *et al*., 2017). سطح زیر کشت بارور سیب در جهان بیش از ۴۷۱۷ هزار هکتار است که از این سطح زیر کشت بیش از ۸۷ میلیون تُن محصول برداشت می‌شود. کشورهای پیشرو تولیدکننده سیب در جهان به ترتیب چین، ایالات متحده آمریکا، ترکیه و لهستان می‌باشند، در این رده‌بندی ایران در رتبه هفتم قرار گرفته است (FAO, 2019). محصول سیب یکی از با اهمیت‌ترین محصولات از نظر صادرات و اَرزآوری است و علاوه بر بازار خوب جهت مصارف تازه‌خوری در داخل کشور، از نظر فرآوری دارای ارزش افزودهٔ بسیار بالایی است (Shadan, 2007). وجود ارقام متنوع سیب در ایران این امکان را به به‌نژادگران و تولیدکنندگان می‌دهد که در مناطق مختلف تحت کشت این محصول با انتخاب صحیح بهترین ارقام برای هر منطقه، به توسعه کشت آن‌ها بپردازند تا از پتانسیل ارقام مختلف در هر اقلیم استفاده شده و بیشترین راندمان را از شرایط موجود به‌دست آورند (Damyar *et al*., 2013; Attar *et al*., 2013).

در حالی‌که شناخت ژنوتیپ‌های مطلوب در محصولات زراعی از صفات کمتری پیروی می‌کند، انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب در محصولات باغی مستلزم ارزیابی ارقام بر اساس صفات متعدد بر پایه هدف به‌نژادگر است. ارزیابی‌های متعددی جهت شناسایی ارتباط بین صفات و اهمیت آن‌ها با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره صورت گرفته است (Rezaei *et al*., 2020; Abdollahi *et al*., 2018; Shahi gharelor *et al*., 2011). از آنجا که بیان مطلوبیت در محصولات باغی از پیچیدگی و گستردگی بیشتری برخوردار است، نیاز به مطالعه همزمان و اتخاذ تصمیم بر اساس ارزیابی چند صفت به طور همزمان می‌باشد. مطالعات پیشین، در بیشتر موارد تنها در حیطه بررسی تنوع ژنتیکی و در نهایت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس روش‌های آماری چند متغیره می‌باشند. یکی از روش‌هایی که به خوبی توانایی ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس مَدنظر قرار دادن همزمان چند صفت و در نهایت انتخاب ژنوتیپ(های) مطلوب را دارد، روش شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (Selection Index of Ideal Genotype (SIIG)) می‌باشد (Zali *et al*., 2015; Zali *et al*., 2016).

از روش "شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل" یا SIIG که بر مبنای روش TOPSIS (Hwang & Yoon, 1981) پایه‌ریزی شده است، می‌توان به‌طور همزمان از چندین صفت به عنوان آزمونگر (Tester) جهت ارزیابی و انتخاب "مطلوب" استفاده نمود. عمده مشکل این روش مَدنظر قرار ندادن وزن مناسب برای هر صفت با توجه به نوع محصول و هدف اصلاحی محقق است. در روش SIIG تمام صفات از وزن یکسانی در محاسبات و سرانجام اتخاذ تصمیم در مورد مطلوبیت ارقام، برخوردار هستند و ارزش یکسانی برای تمام صفات در نظر گرفته می‌شود. تاکنون چندین شاخص مختلف جهت ارزیابی همزمان صفات و انتخاب ژنوتیپ معرفی شده‌اند که علاوه بر پیچیدگی محاسبات نیاز به برآورد پارامترهای دیگری از قبیل ارزش اقتصادی، فنوتیپی و وراثت‌پذیری برای هر صفت می‌باشد (Brim *et al*., 1959; Kampthorne & Nordskog, 1959; Lin, 1978). در حالی‌که در روش SIIG علاوه بر سادگی نسبی محاسبات، نیازی به برآورد پارامترهای جانبی دیگری نمی‌باشد (Zali & Barati, 2020).

در این راستا در پژوهشی که به منظور بررسی تأثیر تنش اُسمزی در۸۳ لاین گندم دوروم در دو سطح پتانسیل اُسمزی با استفاده از شاخص SIIG و شاخص‌های تحمل به خشکی به عنوان آزمونگر استفاده شد، نه ژنوتیپ به عنوان محتمل به تنش اُسمزی معرفی شدند (Emami *et al*., 2019). در پژوهشی که به منظور

ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ۱۸ لاین پیشرفته گندم دوروم با استفاده از شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی و تجمیع آنها به وسیله شاخص SIIG انجام گرفت، مشخص گردید که لاین‌هایی که حداکثر مقدار این شاخص را داشتند از نظر سطح تحمل به خشکی، برای کشت در شرایط دیم مناسب بودند (Tadili *et al*., 2020). در تحقیق دیگری که به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی، روابط بین صفات و انتخاب ژنوتیپ های برتر با استفاده از شاخص SIIG، روی برخی ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا بر اساس صفات زراعی انجام گرفت، این شاخص توانست ژنوتیپ‌های آزمایشی را به گروه‌های ضعیف و ژنوتیپ‌های برتر گروه‌بندی نماید (Abdollahi Hesar *et al*., 2020).

به طور کلی در تحقیقات باغی، انتخاب مطلوب به دلیل گستردگی صفات دخیل در انتخاب نیاز به طراحی سازوکاری برای دخالت دادن کلیه صفات به‌طور همزمان و با وزن مطلوب در فرآیند انتخاب یا حذف ژنوتیپ است. روش شاخص ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل‌یافته علاوه بر در نظر گرفتن تمامی صفات و اثرات آن‌ها، وزن ویژه‌ایی نیز برای هر صفت در نظر گرفته و محاسبات بر آن اساس انجام می‌پذیرد. ازطرفی با ارائه طرح نموداری بر مبنای محاسبات انجام شده می‌توان راهکاری برای بررسی‌های بصری بر مبنای شاخص ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل‌یافته ایجاد کرد تا به طور واضح و ملموس‌تری جایگاه افراد و فواصل بین آن‌ها از لحاظ مطلوبیت مشخص گردد. هدف از این تحقیق انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل بر مبنای مطلوبیت کیفی و کمّی ارقام سیب با اعمال وزن مناسب برای هر صفت، گروه‌بندی گرافیکی ژنوتیپ‌ها و نمایش فاصله مطلوبیت در بین ارقام و همچنین بررسی تاثیر مدنظر قرار دادن چندین صفت به عنوان آزمونگر در بیان مطلوبیت در ارقام سیب می باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از درختان پنج ساله سیب موجود در ایستگاه تحقیقاتی کمالشهر یازده رقم تیپ اسپور شامل رد اسپور (Red spur)، گلدن اسپور (Golden spur)، یلواسپور (Yellow spur)، رد اسپور کوپر (Red cooper spur)، کوپر اسپور (Cooper spur)، اورگون اسپور (Oregon spur)، گلدن اسموتی (Golden Smoothie)، گانی بیوتی (Gany Beauty)، ردچیف (Red Chief)، ول اسپور (Well spur)، دلیشز اسپور (Delicious spur) به همراه رقم شاهد گلدن دلیشز (Golden Delicious)، تحت آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار در سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. ارقام مورد نظر روی پایه رویشی MM106 پیوند شده و درختان به صورت نواری به تعداد ۶ درخت در هر کرت در ایستگاه کمال شهر کاشته شده‌اند. عملیات باغی شامل آبیاری (نواری)، سمپاشی بر علیه آفات، کوددهی، هرس و تربیت (محور مرکزی تغییر یافته) درختان به صورت یکنواخت بر روی همه ارقام انجام گرفته و به مدت ۵ سال عادت رشد و پایداری ژنتیکی ارقام به لحاظ صفات رویشی تحت نظر و ارزیابی قرار گرفتند. در مرحلهٔ باردهی و میوه‌دهی صفات مرتبط با میوه شامل: وزن میوه، طول میوه، قطر میوه، سفتی بافت میوه، درصد اسیدیته، TSS، عملکرد میوه و درصد تشکیل میوه طی دو سال باغی یادداشت‌برداری شدند (Atashkar *et al.,* 2017).

جهت تجمیع اثرات هر صفت و موازنه مناسب بین صفات در جهت هدف انتخاب، روش "شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل‌یافته" (Adjusted selection index of ideal genotype (ASIIG)) پیشنهاد شد، این روش که بر مبنای روش‌های TOPSIS (Hwang & Yoon, 1981 Technique of Order Preference) (Similarity to the Ideal Solution) و SIIG (Zali *et al*., 2015) بنا نهاده شده است به شرح زیر اجرا می‌گردد:

۱- تشکیل ماتریس داده‌ها، مشتمل بر داده‌های کمّی و کیفی صفات مورد مطالعه. در این ماتریس m معرف هر صفت و n معرف هر ژنوتیپ است.

$$D=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

۲- نرمال‌سازی ماتریس داده‌ها برای حذف اثر مقیاس با استفاده از رابطه r_{ij} و تشکیل ماتریس R.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}^2}}$$

۳- تعیین مطلوب و ضد مطلوب برای هر معیار؛ در این مرحله باید نوع معیارها مشخص شود، معیارها یا جنبه مثبت دارند یا منفی. معیارهای مثبت معیارهایی هستند که افزایش آن ها نشان دهنده مطلوبیت یک ژنوتیپ است، این معیار از نوع مثبت است و حد مطلوب آن برابر با بزرگترین درایه ستون معیار و ضدمطلوب برابر با کوچک‌ترین درایه و برای معیارهای منفی بالعکس است. برای معیارهایی که بار مثبت دارند، مطلوب مثبت بزرگترین مقدار آن معیار است؛ برای معیارهایی که بار مثبت دارند مطلوب منفی کوچکترین مقدار آن معیار است؛ برای معیارهایی که بار منفی دارند مطلوب مثبت کوچکترین مقدار آن معیار است؛ برای معیارهایی که بار منفی دارند مطلوب منفی بزرگترین مقدار آن معیار است.

۴- تعیین وزن برای هر صفت بر اساس میانگین نظرات و امتیازات حداقل سه خبره، از امتیاز نهایی و کاملاً مطلوب دَه به هر صفت در جهت هدف پژوهش و انگیزه انتخاب و سهم هر صفت از مجموع امتیازات صفات، انجام می‌شود.

۵- برآورد فاصله از مطلوب و ضد مطلوب.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (r_{ij} - r_j^+)^2}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (r_{ij} - r_j^-)^2}$$

di^+: فاصله از مطلوب؛ di^-: فاصله از ضدمطلوب؛ r_{ij}: درایه‌های ماترس نرمال‌سازی شده می باشد.

۶- محاسبه آماره تصحیح‌شده ASIIG. هرچه مقدار این آماره به واحد نزدیک‌تر باشد، شباهت به ایده‌آل بیشتر و در نتیجه ژنوتیپ مشمول به صورت همزمان برای صفات آزمایشی هدف بالاترین موقعیت انتخاب را دارد.

$$ASIIG = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \qquad i = 1, 2, \ldots, m$$

$$0 \le ASIIG \le 1$$

بر اساس این روش بهترین ژنوتیپ، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ ایده‌آل و دورترین ژنوتیپ‌ها ضعیف‌ترین آن‌ها خواهند بود. در اینجا منظور از ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپی فرضی است که بیشترین برآیند مطلوب‌ترین حالت جمیع صفات را داشته باشد. به‌طور خلاصه ژنوتیپ ایده‌آل از مجموع مقادیر ایده‌آل هر یک از صفات موازنه شده به دست می‌آید، درحالی‌که ژنوتیپ ضعیف از مجموع مقادیر ضعیف هر یک از صفات آزمایشی حاصل می‌شود. به‌عنوان مثال در مورد عملکرد، حداکثر عملکرد یک ژنوتیپ، مقدار ایده‌آل و عملکرد پایین، به عنوان مقدار ضعیف در نظر گرفته می‌شود.

همچنین، جهت تایید یکنواختی واریانس‌های خطای آزمایشی در هر سال آزمایش، از روش Fmax هارتلی (Hartley's Fmax) استفاده شد (Hartley, 1950).

جهت تجزیه مرکب داده‌ها از نرم افزار Minitab 17 و برای محاسبات مرتبط با آماره ASIIG از نرم‌افزار R 3.4.4 و Excel 2016 استفاده گردید.

جدول ۱. امتیازات خبرگان برای صفات مورد مطالعه در ارقام سیب.

Table 1. Expert's scores for studied traits in apple cultivars.

Traits/Variables	Experts Scores			Average	Weight
	One	Two	Three		
Fruit weight (gr)	7	7	10	8	0.114
Fruit length (cm)	9	8	7	8	0.114
Fruit diameter (cm)	8	5	8	7	0.100
Fruit firmness (Kg/cm2)	8	9	7	8	0.114
Acidity (%)	3	7	5	5	0.071
TSS (°Brix)	6	9	9	8	0.114
Fruit yield (Kg/Tree)	10	10	10	10	0.143
Fruit set (%)	9	9	9	9	0.129
Number of fruits per tree	7	6	8	7	0.100

نتایج و بحث

در ابتدا، با استفاده از روش Hartley's Fmax همگنی واریانس‌های خطا و در نتیجه شرایط آزمایشی مجزا تایید گردید. با استفاده از تجزیه مرکب داده‌ها مشخص گردید اثر سال برای صفات وزن میوه و قطر میوه در سطح احتمال پنج درصد (P≤۰/۰۵) و برای صفت درصد تشکیل میوه در سطح احتمال یک درصد (P≤۰/۰۱) معنی‌دار می‌باشد. همچنین در تمامی صفات به جز صفت درصد تشکیل میوه اثر رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقدار اثر متقابل ژنوتیپ × سال برای صفات سفتی بافت میوه در سطح احتمال یک درصد و درصد تشکیل در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار شد، برای سایر صفات اثر متقابل ژنوتیپ× سال معنی‌دار نبود (جدول ۲). یکی از عوامل موثر در تغییر میزان درصد تشکیل میوه در سال‌های آزمایشی پدیده سال‌آوری می‌باشد. سال‌آوری پدیده‌ایی در درختان میوه است که طی آن در یک سال میوه اندک و در سال بعد میوه‌ایی بیشتر باتوجه زمینه ژنتیکی رقم ایجاد می‌گردد (Guitton *et al*., 2012) وجود این پدیده می‌تواند سبب ایجاد اختلاف در جزء سال‌های آزمایشی گردد (Smith & Samach, 2013). در تحقیقی که بر روی ۲۷ ژنوتیپ سیب بومی ایران انجام شده است، مشخص گردید که اثر صفت سفتی بافت در بین ژنوتیپ‌های آزمایشی معنی‌دار است (Damyar *et al*., 2007). در میان ارقام مورد بررسی بیشترین وزن تک میوه مربوط به رقم اورگان‌اسپور با میانگین وزن ۲۰۵/۴۲ گرم برای هر میوه بود و ارقام رداسپور و ردشیف به ترتیب با ۲۰۱/۴۳ و ۱۸۵/۲ گرم میانگین وزن تک میوه در جایگاه بعدی از نظر این صفت قرار گرفتند. رقم شاهد گلدن‌دلیشز با میانگین وزن تک میوه ۱۳۲/۱۳ گرم در رده نهم در میان ارقام آزمایش شده در این تحقیق قرار گرفت. در تحقیقی که با هدف شناخت و انتخاب ارقام سیب در استان آذربایجان‌غربی انجام گرفت، بالاترین مقدار صفت وزن تک میوه برای رقم رددلیشز با وزن تک میوه ۲۳۶/۰۷ گرم برآورد گردید و پس از آن ارقام رداسپور و گلدن‌اسموتی بیشترین مقدار این صفت را بدست آوردند (Rezaee *et al*., 2017) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. در تحقیق دیگری که به منظور بررسی صفات در محصول سیب در کشور هند با استفاده از بیست و دو ژنوتیپ مختلف انجام گرفت بیشترین وزن میوه به رقم اورگان‌اسپور تعلق گرفت (Kumar *et al.,* 2018). طول و قطر میوه برای رقم رِد اسپار به ترتیب ۶/۸۳ و ۷/۹۸ سانتی‌متر بدست آمد (شکل ۱)، در تحقیقی که به منظور شناسایی چند رقم سیب بومی و خارجی مورد کاشت در استان خراسان رضوی انجام شد، طول و قطر محاسبه شده برای رقم رِد اسپار به ترتیب ۶/۵۸ و ۸/۰۰ سانتی‌متر برآورد گردید (Attar *et al*., 2013).

سفتی بافت گوشت میوه، صفت پیچیده‌ای تلقی شده و به نظر می‌رسد که بین بافت گوشت و تولید اتیلن همبستگی وجود داشته باشد (Irani *et al*., 2019).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر سال و رقم بر برخی صفات سیب.

Table 2. Results of combined variance analysis effect of year and cultivar on some traits of apple.

Source of Variation	d.f	Mean of squares								
		Fruit weight	Fruit length	Fruit diameter	Fruit firmness	Acidity	TSS	Fruit yield	Fruit Set	Number of fruits per tree
Year	1	4877.7*	0.90^{ns}	2.62*	1.71^{ns}	0.00^{ns}	0.16^{ns}	886.98^{ns}	1413.139**	51435.51ns
Block (Year)	4	505.09	0.135	0.16	0.37	0.02	0.3	26.76	36.95	622.21
Cultivar	11	6588.4**	2.02**	2.01**	3.52**	0.001**	10.19**	129.5**	32.27^{ns}	7361.51**
Cultivar × Year	11	352.8^{ns}	0.06^{ns}	0.11^{ns}	0.36**	0.00^{ns}	0.009^{ns}	7.57^{ns}	22.97^{ns}	672.09ns
Error	44	355.8	0.11	0.09	0.08	0.0004	0.93	26.49	12.05	1203.25
CV(%)		11.92	5.28	4.21	7.79	8.72	5.59	38.71	29.92	39.06

ns، * و**: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference 5 and 1% of probability level, respectively.

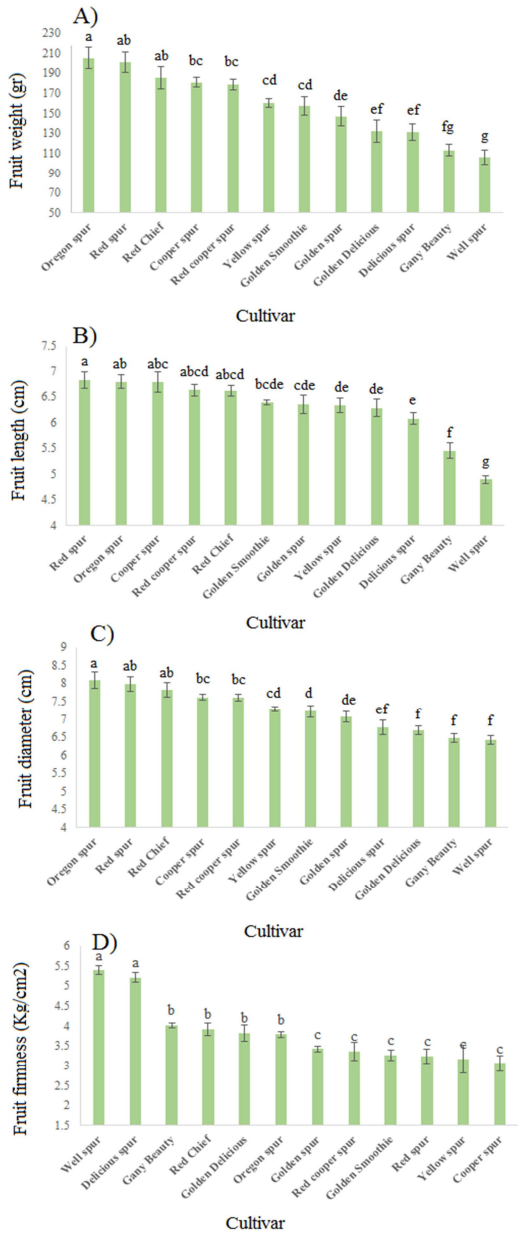
ارقام به‌طور وسیعی در سفتی بافت گوشت و ماندگاری آن در طول دوره انبارمانی با هم تفاوت نشان می‌دهند. ارقام با داشتن گوشت تُرد بازارپسندی خوبی دارند. تُردی گوشت در بعضی از ارقام باعث می‌شود تا در شرایط سرد انبار به مدت یک سال ماندگاری داشته باشد. سفتی بافت گوشت میوه به عنوان مهمترین صفت کیفی میوه، بستگی به تعداد و اندازه سلول‌ها دارد، هرچه تعداد سلول در بافت گوشت میوه کمتر و به تبع آن فضای بین سلولی بیشتر باشد میوه نرم‌تر و هرچه تعداد سلول بیشتر و فضای بین سلولی کمتر باشد میوه از بافت سفت‌تری برخوردار خواهد بود (Janick *et al*., 1996). جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که صفات کیفی میوه متأثر از خصوصیات ژنتیکی ارقام بوده و سالیان انجام آزمایش تأثیر معنی‌داری بر آن‌ها نداشته است. بیشترین مقدار سفتی بافت مربوط به رقم‌های ول اسپور و دلشیز اسپور به ترتیب با سفتی بافت ۵/۳۹ و ۵/۲۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع مشاهده شد (شکل ۱-D)، رقم ول‌اسپور دارای میوه‌های با طول و قطر ۴/۸۹ و ۶/۴۳ سانتی‌متر بوده و در میان ارقام آزمایشی در این پژوهش کوچکترین اندازه میوه را به خود اختصاص داد (شکل ۱-B,C). با توجه با این موضوع اگرچه ارقام دلیشزاسپور و ول‌اسپور از اندازه میوه کوچکی برخوردار هستند اما با توجه به سفتی بافت از قابلیت انبارمانی نسبتاً مناسبی برخوردار می‌باشند. رقم شاهد گلدن‌دلیشز در این تحقیق با سفتی بافت ۳/۸۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در جایگاه میانی ارقام از نظر سفتی بافت واقع شد (شکل ۱-D).

صفات اسیدیته و مواد جامد محلول تاثیر مستقیمی بر طعم و مزه سیب و در نهایت بازار پسندی آن دارند. بیشترین مقدار اسیدیتیه در میان ارقام مورد بررسی در رقم ول اسپور با میزان اسید ۰/۰۴۹ گرم در لیتر و کمترین مقدار آن در رقم شاهد گلدن‌دلیشز با مقدار ۰/۰۲۷ گرم در لیتر بدست آمد (شکل ۲-A). بیشترین مقدار مواد جامد محلول با ۱۹/۱۹ درصد به رقم ردچیف تعلق داشت و کمترین مقدار این صفت در رقم گانی‌بیوتی با مقدار مواد جامد محلول ۱۵/۳۰ درصد مشاهده شد (شکل ۲-B).

مقدار عملکرد یکی از مهم‌ترین صفات در انتخاب و پذیرش یک ژنوتیپ است. در این میان، تشکیل میوه یکی از موثرترین اجزای عملکرد در درختان میوه به شمار می‌رود، با این‌حال عامل نهایی در تأیید رقم مطلوب نخواهد بود. زیرا اندازه و کیفیت میوه متأثر از درصد تشکیل میوه بوده و بیشتر بودن درصد میوه‌بندی در میوه‌های دانه‌دار و به‌خصوص سیب تا حدودی اندازه وکیفیت میوه را کاهش می‌دهد (Saei *et al*., 2001). رقم رداسپور درحالی که از وزن تک میوه مطلوبی برخوردار است، اما از نظر درصد تشکیل میوه در جایگاه مناسبی قرار نگرفت. در این حالت رقابت داخلی در کاهش یافته و درخت فرصت و قدرت تولید تک میوه‌های باکیفیت را پیدا خواهد کرد. در حقیقت میزان عملکرد نهایی درخت تابعی از درصد تشکل میوه و وزن تک میوه‌ها است. با توجه به این موضوع، رقم گرنی‌بیوتی اگرچه از درصد تشکیل میوه خوبی برخوردار بود اما به دلیل وزن کم میوه‌ها در نهایت عملکرد مطلوبی نشان نداد (شکل ۲-C, D). در میان ارقام مورد بررسی در این پژوهش، بالاترین مقدار عملکرد میوه مربوط به رقم یلواسپور (۲۳/۳۸ کیلوگرم در درخت) و کمترین مقدار مربوط به رقم ریزمیوه ول‌اسپور (۸/۳۹ کیلوگرم در درخت) بود (شکل ۲-C).

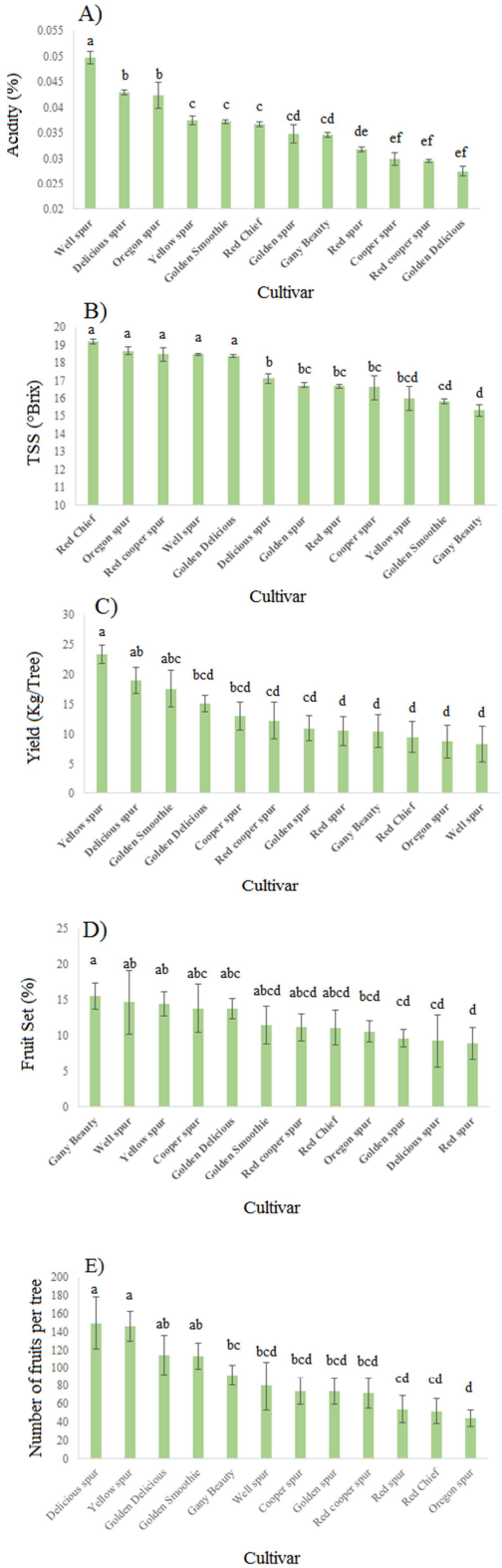
انتخاب ژنوتیپ "ایده‌آل" (Ideal) بر اساس چند صفت، اتخاذ تصمیم در راستای یافتن مطلوب را با چالش روبرو می‌کند. در محصولات باغی، به دلیل نیاز به مَدنظر قرار دادن چند صفت به طور همزمان برای شناخت و بیان مطلوبیت یک رقم میزان این پیچیدگی افزایش می‌یابد. شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل، یک مدل گزینش‌گر بوده و به‌منظور انتخاب ایده‌آل‌ترین ارقام و لاین‌ها از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی به کار می‌رود. با استفاده از شاخص ژنوتیپ انتخاب ایده‌آل، می‌توان صفات مختلف را به صورت یک شاخص واحد درآورد و انتخاب ژنوتیپ برتر را مطمئن‌تر و دقیق‌تر انجام داد (Abdollahi hesar *et al*., 2020). در این راستا به دلیل ایجاد موازنه بین صفات و رعایت کردن وزن برای هر صفت با توجه به نظر محقق، هدف پژوهش و انگیزه انتخاب، نیاز است وزن مطلوب هر صفت در تصمیم‌گیری لحاظ

شده و شاخص ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل‌یافته محاسبه گردد. این شاخص علاوه بر تمام مزایای قبلی، می‌تواند اتخاذ تصمیم در رَد یا قبول یک ژنوتیپ بر مبنای وزن هر صفت و در جهت اهداف انتخاب را تسهیل سازد. درجدول ۱ از امتیازات داده شده سه خبره به هر صفت (آزمونگر) جهت وزن‌دهی به صفات استفاده شده است.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات A) وزن میوه، B) طول میوه، C) قطر میوه، و D) سفتی بافت میوه سیب.

Figure 1. Comparison of Mean cultivar effect on traits A) Fruit weight, B) Fruit length, C) Fruit diameter, and D) Fruit firmness.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات A) درصد اسیدیته، B) مواد جامد محلول، C) عملکرد میوه در درخت، D) درصد تشکیل میوه، و E) تعداد میوه سیب.

Figure 2. Comparison of Mean cultivar effect on traits A) Acidity, B) TSS, C) Fruit Yield, D) Fruit Set, and E) Number of fruits per tree.

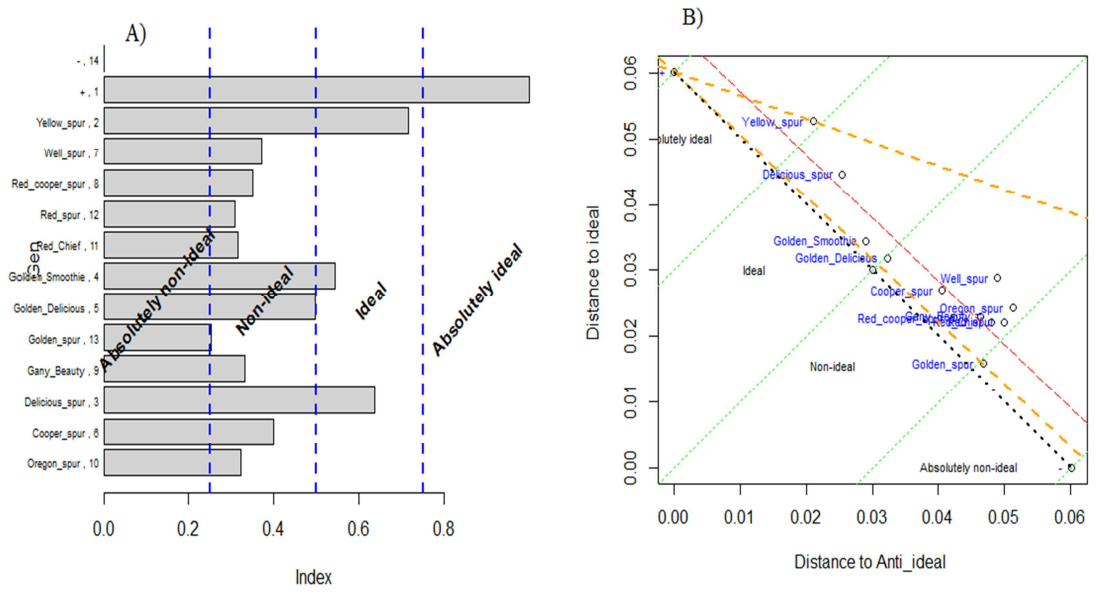
در این تحقیق شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل‌یافته (جدول ۳) برای هر ژنوتیپ (رقم) محاسبه شد. هرچه مقدار این شاخص به واحد نزدیک‌تر باشد، ژنوتیپ مشمول شاخص از مطلوبیت بالاتری بر خوردار خواهد بود. بر این اساس، مقدار شاخص ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل یافته برای رقم یلواسپور مقدار ۰/۷۱۵ محاسبه گردیده و بنابراین بیشترین شباهت به ژنوتیپ ایده‌آل را دارد. پس از این رقم به ترتیب ارقام گلدن‌اسموتی و رقم دلیشزاسپور با مقدار شاخص ۰/۵۴۳ و ۰/۶۳۷ با بیشترین شباهت به ژنوتیپ ایده‌آل (واحد) در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند. با توجه به شکل ۳ و ایجاد چارک‌های مطلوبیت و گروه‌بندی گرافیکی برقرار شده در میان ارقام، تنها رقم یلواسپور در چارک کاملاً مطلوب قرار گرفته و ارقام دلیشزاسپور و گلدن‌اسموتی در چارک مطلوب واقع شدند.

روش ASIIG کمک می‌کند با توجه به مقدار تفاوت در صفات ارزشمند با توجه به هدف انتخاب و مقدار فاصله ژنوتیپ برتر و گروه‌بندی میانگین هر صفت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را در مجموع گروه‌بندی نمود و دست به انتخاب زد. با توجه به تجمیع ویژگی‌های مطلوب در رقم یلواسپور از جمله تفاوت معنی‌دار مفرط در صفت مهم عملکرد (شکل ۲- C) با نمره کامل ده (جدول ۱) و همچنین قرار گرفتن این ژنوتیپ در گروه برتر از نظر صفت کلیدی دیگر این تحقیت یعنی مقدار فروست (شکل ۲- D) این رقم توانسته است از سایر ارقام آزمایشی موقعیت بهتری را کسب نماید. در مورد سایر صفات این رقم اگرچه رتبه کسب شده در میان سایر ژنوتیپ‌ها در حد متوسط است اما با توجه به گروه‌بندی‌های انجام شده با استفاده از روش دانکن (شکل۱ و ۲) مشخص می‌گردد، این پایین بودن رتبه در اکثر موارد ناشی از تفاوت اندکی میانگین این صفات است و لذا در گروه‌بندی انجام شده حروف مشترک رویت می‌گردد.

جدول ۳. مقادیر محاسبه شده شاخص ASIIG برای ۱۲ رقم سیب.

Table 3. ASIIG index calculated values for 12 apple cultivars.

Cultivar	d^+	d^-	ASIIG	Rank
Oregon spur	0.0513	0.0243	0.3213	9
Cooper spur	0.0406	0.0269	0.3986	5
Delicious spur	0.0255	0.0447	0.6371	2
Gany Beauty	0.0463	0.0230	0.3319	8
Golden spur	0.0468	0.0158	0.2529	12
Golden Delicious	0.0323	0.0319	0.4969	4
Golden Smoothie	0.0290	0.0345	0.5427	3
Red Chief	0.0481	0.0222	0.3153	10
Red spur	0.0500	0.0222	0.3073	11
Red cooper spur	0.0423	0.0228	0.3503	7
Well spur	0.0490	0.0289	0.3710	6
Yellow spur	0.0210	0.0527	0.7149	1



شکل ۳. گروه‌بندی ۱۲ رقم سیب بر اساس شاخص ASIIG.

Figure 3. Grouping of 12 apple cultivars based on ASIIG index.

از طرفی دیگر هر چند وجود تکرار در محاسبات انجام شده می‌تواند تا حدودی دقت آزمایش و تعمیم نتایج را توسعه دهد، اما در حالت کلی این روش وابسته به وجود تکرار در آزمایش نیست و به‌ویژه درحالتی مواد گیاهی باغبانی تولید شده در فرآیند اصلاح درختان میوه مانند نتاج مستقر در باغ هیبرید، ژرم پلاسم نسل اولی حاصل از برنامه های دورگ‌گیری درختان میوه هستند و عملاً تهیه و دخالت دادن تکرار به سادگی ممکن نبوده و بعضاً غیر ممکن و تعداد تک دانهال‌ها گسترده و زیاد است، استفاده از روش ASIIG به دلیل محدود نبودن به تعداد ژنوتیپ‌ها، در تعیین مطلوب و دست زدن به انتخاب بر مبنای هدف و وزن صفات بسیار کاربردی و راهگشاست.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش و با توجه به شاخص ASIIG محاسبه شده مشخص گردید رقم یلواسپور بیشترین شباهت را به ژنوتیپ ایده‌آل فرضی طراحی شده داشته و لذا از حداکثر مطلوبیت در بین سایر ارقام با توجه به صفات و وزن صفات برخوردار است. با در نظر گرفتن سطح مطلوبیت رقم شاهد می‌توان سایر ارقام را از نظر مقدار مطلوبیت با رقم شاهد مقایسه نمود، که در تحقیق علاوه بر رقم یلواسپور، دو رقم دلیشزاسپور و گلدن‌اسموتی از جایگاه بهتری نسبت به رقم شاهد گلدن‌دلیشز برخوردار بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که روش شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل‌یافته علاوه بر بیان مطلوبیت ارقام به خوبی توانایی لازم جهت گروبندی ارقام از نظر مطلوبیت را دارد. بر این اساس و به دلیل مزایا، کارائی و دقت بالای این روش، پیشنهاد می‌گردد تا از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل تعدیل‌یافته در برآورد مطلوبیت ارقام و ژنوتیپ‌ها در طیف وسیع‌تری از محصولات مختلف باغی استفاده شود.

سپاسگزاری

از مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی و پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری که مجال این پژوهش را فراهم آوردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Abdollahi hesar, A., Sofalian, O., Alizade, B., Asghari, A. & Zali, H. (2020). Evaluation of some autumn rapeseed genotypes based on morphological traits and SIIG index. *Journal of Crop Breeding,* 12 (34), 151-159. (In Farsi).
2. Abdollahi, R., Hajilou, J., Zainalabedini, M., Mahna, N. & Ghaffari, M. R. (2018). Evaluation of pomological and genetic diversity of peach genotypes in iran. *International Journal of Horticultural Science and Technology,* 19 (2), 227-246. (In Farsi).
3. Ahmadi, K., Golizadeh, H., Ebadzadeh, H. & Rafiey, M. (2017). *Agriculture statistics.* Volume 1*, Crop production*. Ministry of Agriculture Press.(in Farsi).
4. Atashkar, D., Tagizadeh, A. & Dodangeh Balakhani, M. (2017). Investigation of pomological and yield traits in some spur-type apple cvs. In karaj. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops,* 6(1), 25-36.
5. Attar, S., Davarinejad, Gh. & Nemati, H. (2013). Identification of some native and foreign apple varieties cultivated in Khorasan Razavi province based on qualitative, quantitative traits and keywords. *Journal of Horticultural Science*, 27(1), 82-94. (In Farsi).
6. Brim, C. A., Johnson, H. W. & Cockerham, C.C. (1959). Multiple selection criteria in soybeans. *Agronomy Journal*, 51, 42-46.
7. Damyar, S., Hassani, D. & Parvaneh, T. (2013). Evaluation of some characteristics of native red-fleshed apple genotypes of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal,* 29-1 (3), 483-501. (In Farsi).
8. 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.
9. Emami, S., Asghari, A., Mohammaddoust Chamanabad, H., Rasoulzadeh, A. & Ramzi, E. (2019). Evaluation of osmotic stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* L.) advanced lines. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(3), 697-707. (In Farsi).
10. Food and Agriculture Organization. (2018). Food and agriculture data in FAO. Retrieved December 1, 2020, from http://www.fao.org/faostat.

11. Guitton, B., Kelner, J. J., Velasco, R., Gardiner, S. E., Chagné, D. & Costes, E. (2012). Genetic control of biennial bearing in apple. *Journal of Experimental Botany*, 63, 131-149.
12. Hartley, H. O. 1950. The use of range in analysis of variance. *Biometrika,* 37, 271-280.
13. Hwang, C. L. & Yoon, K. (1981). *Multiple attributes decision making methods and applications,* Springer, Berlin Heidelberg, pp: 58-191.
14. Irani, E., Arshad, M. & Nazarideljou, M. J. (2019). Effect of calcium ascorbate on quality changes of 'Golden Delicious' apple fruit at cold store. *Research in Pomology*, 4(1), 83-94. (In Farsi).
15. Janick, J., Cummins, J. N., Brown, S. K. & Hemmat, M. (1996). Apples. In: J. Janick, J. N. Moore (Ed), *Fruit breeding,* Volume I*: Tree and tropical fruits.* (pp. 1-77.) John Wiley & Sons.
16. Kampthorne, O. & Nordskog, A. W. (1959). Restricted selection indices. *Biometrics,* 15: 10-19.
17. Kumar, P., Sethi, S., Sharma, S. S., Singh, S., Saha, S., Sharma. V. K., Verma, M. K. & Sharma, S. K. (2018). Nutritional characterization of apple as a function of genotype*. Journal of Food Science and Technology,* 55(7), 2729-2738.
18. Lin, C.Y. (1978). Index selection for genetic improvement of quantitative characters. *Theoretical Applied Genetics,* 52, 49-56.
19. Rezaee, R., Hasani, G. & Salehi, S. E. (2017). Growth, flowering time and quality of twelve apple varieties under urmia climate. *Journal of Horticultural Science,* 30(4), 681-693. (In Farsi).
20. Rezaei, A., Arzani, K. & Sarikhani, S. (2020). Morphological evaluation and identification of walnut (*Juglans regia* L.) superior genotypes in north Hamadan province of Iran. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(2), 441-457. (In Farsi).
21. Saei, Ali., Talaet, A., Zamani, Z. & Tustin, S. (2011). Modeling and assessment of crop load effect on fruit growth pattern of apple cv. red spur in karaj climatic conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science,* 42(1), 83-94. (In Farsi).
22. Shadan, A. (2007). Investigation of economical dimension of agricultural losses in iran, *6th National Conference of Agricultural Economics, Ferdowsi University of Mashhad*, Iran. (In Farsi).
23. Shahi gharelor, A., Zamani, Z., Fattahi Moghadam, M., Boozari, N. & Khadivi Khoob, A. (2011). Evaluation of genetic diversity in some cerasus sub-genus wild genotypes using plant vegetative and seed characteristics. *Iranian Journal of Horticultural Science,* 41(4), 359-373. (In Farsi).
24. Smith, H. M. & Samach, A. (2013). Constraints to obtaining consistent annual yields in perennial tree crops. I: heavy fruit load dominates over vegetative growth. *Plant Science*, 207, 158-167.
25. Tadili, S., Asghari, A., Karimizadeh, R., Sofalian, O. & Mohammaddoust Chamanabad, H. (2020). Evaluation of drought stress tolerance in advanced lines durum wheat using the selection index of ideal genotype (SIIG). *Journal of Crop Ecophysiology,* 14(53(1)), 45-62.
26. Zali, H. & Barati, A. (2020). Evaluation of selection index of ideal genotype (SIIG) in other to selection of barley promising lines with high yield and desirable agronomy traits. *Journal of Crop Breeding,* 12 (34) :93-104. (In Farsi).
27. Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, A. & Zeinalabedini, M. (2016). Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. *Journal of Crop Breeding,* 78 (20), 77-90. (In Farsi).
28. Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, A. & Hoseini, S. M. (2015). Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biological Forum – An International Journal*, 7(2), 703-711.