**مجله به‌نژادی نهال و بذر**
**جلد ۱-۲۸، شماره ۱، سال ۱۳۹۱**

# وراثت‌پذیری صفات مؤثر در طعم میوه و معرفی بهترین شاخص اصلاح طعم در خیار

# Inheritance of Traits Affecting Flavor in Cucumber and Introduction of the Best Index for Flavor Breeding

الهام علی‌آبادی[۱]، رضا امیری[۲]، محمود لطفی[۳] و سیدرضا حسن‌بیگی[۴]

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم باغبانی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، پاکدشت
۲- استادیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، پاکدشت
۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، پاکدشت
۴- استادیار، گروه فنی مهندسی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، پاکدشت

**تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۴/۳۰**

## چکیده

**علی‌آبادی، ا.، امیری، ر.، لطفی، م.، و حسن‌بیگی، س. ر. ۱۳۹۱.** وراثت‌پذیری صفات مؤثر در طعم میوه و معرفی بهترین شاخص اصلاح طعم در خیار. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۸:** ۱۵ - ۱.

**در این بررسی پانزده ژنوتیپ بومی خیار به عنوان والدین، هشت والد به عنوان والد پدری و هفت والد به عنوان والد مادری، در قالب طرح ژنتیکی فاکتوریل کارولینای شمالی II (NCD II) تلاقی داده شدند. پارامترهای موثر در طعم خیار شامل صفات سفتی گوشت، سفتی پوست، عطر، مزه، تردی، میزان ماده خشک، اندازه گوشت و نسبت قطر تخمدان به قطر میوه اندازه‌گیری شدند. معنی‌دار نبودن اکثر صفات در والد نر و ماده نشان‌دهنده دخالت اندک واریانس افزایشی در کنترل صفات مذکور بود. منبع تغییر نر× ماده، برای کلیه صفات معنی‌دار شد، پس برای کلیه صفات در این ژنوتیپ‌ها، می‌توان با استفاده از هیبریدهای $F_1$ از هتروزیس بهره‌برداری کرد. وراثت‌پذیری عمومی برای اکثر صفات زیاد بود، که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالای این صفات در ژرم‌پلاسم مورد استفاده است. با توجه به همبستگی‌های ژنتیکی صفات می‌توان اشاره کرد که با کاهش قطر حفره بذری میزان تردی میوه افزایش می‌یابد و صدای برخاسته از خیارهای کشیده‌تر و باریک‌تر مطلوب‌تر است و میوه‌های تردتر، مزه بهتر و مطلوب‌تری دارند. بهترین هیبرید از نظر صفت عطر و مزه نسبت به میانگین والدین و والد برتر، هیبرید ۳۹×۹۷ بود. بهترین شاخص اصلاح طعم در خیار گزینش همزمان سه صفت عطر، مزه و تردی بود که در صورت استفاده از این شاخص برای گزینش همزمان این سه صفت در مقایسه با پاسخ حاصل از گزینش تنها برای تک تک صفات، به ترتیب ۱/۰۰۹، ۱/۰۰۴ و ۱/۰۰۱ بود.**

**واژه‌های کلیدی: خیار، خصوصیات ارگانولپتیک، شاخص انتخاب، طعم، وراثت‌پذیری.**

نویسنده مسئول: ramiri@ut.ac.it **تلفن: ۰۲۹۲-۳۰۴۰۶۱۵**

**مقدمه**

خیار (*Cucumis sativus* L.) از تیره کدوئیان Cucurbitaceae یکی از سبزی‌های میوه‌ای است که هم برای مصرف تازه‌خوری و هم برای مصارف فرآوری (خیارشور و ترشی) کشت می‌شود (Arshi, 2000). بر اساس گزارش آمار وزارت جهاد کشاورزی، ایران با تولیدی بیش از یک میلیون و پانصد هزار تن سومین کشور تولیدکننده خیار در دنیا است. با توجه به این که بخش عمده این محصول در داخل کشور مصرف می‌شود، سرانه مصرف آن به دلیل مصرف تازه‌خوری به عنوان یک میوه رومیزی چند برابر متوسط سرانه دنیاست، بنابراین خصوصیات کیفی آن بسیار مورد توجه است. پیشرفت‌های بسیار خوبی طی چند دهه گذشته برای افزایش عملکرد، مقاومت به بیماری‌ها، حذف تلخی و اصلاح کیفیت ظاهری خیار انجام شده است، ولی خصوصیات طعم که اهمیت زیادی برای مصرف تازه‌خوری دارد کمتر مورد توجه قرار گرفته است. به نظر می‌رسد برای اصلاح ارقام جدید و تولید هیبریدهای برتر داخلی باید به پتانسیل‌های کیفی و ارگانولپتیکی میوه شامل تردی و سفتی بافت، عطر و مزه آن نیز توجه کرد. طعم که در اصلاح محصولات باغبانی اهمیت زیادی دارد، صفت پیچیده‌ای است که تحت تاثیر ژنتیک، محیط و تغییرات بافت و بیشتر از آن تحت تاثیر برداشت در زمان بلوغ و فرایندهای پس از برداشت قرار دارد. به‌نژادگران به خاطر این‌که اطلاعات کافی در مورد طعم ندارند طعم را به طور ناخواسته کنار گذاشته‌اند. از طرف دیگر تجهیزات مربوط به اندازه‌گیری طعم، گران قیمت است و تخصص کافی هم در مورد علوم حسی وجود ندارد و حتی ترکیبات موثر در طعم و مسیرهای بیوسنتیک آن‌ها برای انسان قابل درک نیست (Knee, 2001). تجزیه‌های حسی، از نظر مزه و عطر توسط افراد کارآزموده با آزمون رومیزی انجام می‌شود که کاربرد وسیعی برای تعیین کیفیت کلی دارد. تجزیه حسی در خیار شامل ظاهر بیرونی میوه، رنگ گوشت، سفتی گوشت، عطر گوشت میوه، آبدار بودن گوشت، مزه (شیرین، تلخ، بی‌مزه)، تردی و اظهار نظر کلی است (Lawless and Heymann, 1999؛ Gajc-Wolska *et al.*, 2004). ارزیابی سریع بافت، توسط دستگاه‌های پانچ نیز امکان‌پذیر است (Rostam Frodi, 2006). بافت خیار در انتخاب مصرف‌کننده اهمیت زیادی دارد. خیار تازه‌خوری یا ترشی وابستگی زیادی به کرانچ بودن آن دارد. بافت خیار تحت تاثیر ساختار اگزوکارپ و مزوکارپ است (Peterson *et al.*, 1977). موفقیت در اصلاح عملکرد و صفات کیفی به تشخیص نحوه کنترل ژنتیکی صفات و ارتباط آن‌ها با یک‌دیگر بستگی دارد. در اصلاح گیاهان معمولاً چندین صفت مهم با ارزش‌های متفاوت اقتصادی مورد بررسی قرار می‌گیرند (Baker, 1986).

وراثت‌پذیری بافت میوه خیار در یک دوره

چهار ساله بررسی شد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که سفتی صفتی قابل توارث است که اثر افزایشی دارد. در این مطالعه چهار جمعیت $F_2$ حاصل از تلاقی بین ارقام سفت ('Chipper' و 'Gy3') و نرم ('Mincu' و 'Green F') استفاده شد. وراثت‌پذیری خصوصی برای بافت در تلاقی Chipper×Mincu برابر ۰/۸ و در تلاقی‌های Green F×Chipper، Mincu×Gy3 و Gy3×Green F برابر ۰/۷۷ بود. در آزمایشی جداگانه، تجزیه میانگین نسل‌ها در دو تلاقی Green F×Chipper و Gy3×Green F انجام شد. اثر ژنتیکی افزایشی در هر تلاقی به ترتیب ۹۸/۸٪ و ۹۹/۳٪ از کل تنوع ژنتیکی بود (Peterson *et al.*, 1977).

برای سفتی میوه در ارقام غیر پارتنوکارپ خیار وارثت‌پذیری بالایی گزارش شده است به طوری که ۹۹ درصد از کل تنوع ژنتیکی، اثر افزایشی ژن‌ها بود. برای تخمین GCA برای سفتی، تلاقی بر اساس طرح ژنتیکی فاکتوریل ۴×۵، بین پنج مونوسیوس غیر پارتنوکارپ و چهار اینبرد لاین ژینوسیوس پارتنوکارپ به کار گرفته شد. لاین‌های والدینی تفاوت زیادی در سفتی میوه داشتند. لاین‌های غیر پارتنوکارپ به عنوان والدین نر و لاین‌های پارتنوکارپ به عنوان والدین مادری در نظر گرفته شدند و از آن‌ها بیست هیبرید $F_1$ برای ارزیابی سفتی تولید شد. والدین با بیشترین و کمترین GCA به ترتیب برای اصلاح جمعیت انتخاب شدند که شامل والدین نر Clinton و Armstrong Early Cluster (AEC) و والدین ماده W744 و W11983 بودند. پنج خانواده از تلاقی هر والد ماده پارتنوکارپ با نر غیر پارتنوکارپ و تلاقی دو والد با هم ایجاد شد. نسل‌های $F_1$، $F_2$ و BC تولید شده و با والدین اصلی برای سفتی میوه در طرح بلوک کامل تصادفی ارزیابی شدند. سهم واریانس افزایشی برای سفتی زیاد بود با وجود این، مقداری غالبیت برای سفتی در $F_1$ وجود داشت که از ارزش والدین تجاوز کرده بود. وراثت سفتی در مزوکارپ شامل اثرهای افزایشی بدون اثرهای مادری بود (Cook *et al.*, 1994).

مطالعه همزمان چندین صفت یکی از کارآمدترین ابزارهای به‌نژادگران در انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب است. با استفاده از این روش می‌توان صفاتی را که همبستگی بالایی با عملکرد دارند به صورت مجزا یا با هم به منظور افزایش عملکرد به کار برد (Falconer and Mackay, 1996). استفاده از معادلات گزینش چندگانه اولین بار توسط اسمیت (Smith, 1963) به منظور اصلاح نباتات و دام ابداع شد. این روش بعدها توسط بیکر (Baker, 1986) برای روش‌های مختلف اصلاح نباتات توسعه یافت. در کلیه روش‌ها برای تعیین شاخص انتخاب از ماتریس‌های واریانس و کواریانس ژنوتیپی و فنوتیپی و نیز ارزش اقتصادی صفات بهره‌برداری می‌شود. درباره ارزش اقتصادی نسبی صفات، نظرات

متفاوتی وجود دارد. میرزایی ندوشن و فیاضی (Mirzaie-Nodushan and Fayazi, 2000) معتقدند که به‌نژادگران می‌توانند از ضرایب علیت، ضرایب رگرسیونی، وراثت پذیری صفات و ارزش اقتصادی صفات بنابر سلیقه خود و هدف گزینش به عنوان ارزش اقتصادی صفات استفاده کنند. در خیار گزارشی از معرفی شاخص انتخاب در مورد صفت طعم آن وجود ندارد. این تحقیق اولین گام در بررسی میزان وراثت‌پذیری طعم در خیار و انتخاب بهترین شاخص طعم خیار است که با استفاده از ژرم‌پلاسم ایرانی انجام شد.

**مواد و روش‌ها**

از پانزده ژنوتیپ بومی خیار (۷۴، ۸۷، ۹۷، ۴۷، ۵۶، ۴۳، ۵۳، ۳۹، ۹۹، ۱۷، ۵، ۸۸، ۸۵، برمه و کاشان) موجود در بخش بانک ژن ملی گیاهی ایران واقع در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج که از نظر عطر و مزه تنوع بالایی داشتند، به عنوان والدین استفاده شد. هشت والد به عنوان نر و هفت والد به عنوان ماده در قالب طرح ژنتیکی فاکتوریل (North Carolina Design II: NCD II) در گلخانه پردیس ابوریحان دانشگاه تهران تلاقی داده شدند. در برخی تلاقی‌ها یا بذر کافی تولید نشد یا والدین به دلیل بیماری از بین رفتند، در مجموع ۴۹ هیبرید با بذر کافی به دست آمد و هفت هیبرید از بین رفتند، بنابراین آزمایش فاکتوریل به صورت ناقص مورد بهره‌برداری قرار گرفت. تعداد ۴۹ هیبرید در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در پاییز ۱۳۸۷ در گلخانه کاشته شدند. پس از برداشت، میوه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی داخل یخچال در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و ۲۴ ساعت پس از برداشت آزمایش‌های مربوطه روی آن‌ها انجام شد. در این تحقیق، هشت صفت کمی و کیفی که به نظر می‌رسید در طعم خیار موثر باشند، اندازه‌گیری شد. برای تعیین اندازه گوشت میوه و قطر حفره بذری به قطر میوه از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ mm استفاده شد. به منظور به‌دست آوردن سفتی پوست و گوشت از دستگاه آزمون مواد بیولوژیک (Biological material test) استفاده شد (Ghaebi, 2008). پروبی به قطر سه میلی‌متر و طول ۱۲ میلی‌متر روی لودسل قسمت متحرک دستگاه آزمون کشش- فشار مواد بیولوژیک نصب شد. مقدار نیروی مورد نیاز برای نفوذ پروب در سه قسمت انتهای گلگاه، وسط و انتهای ساقه میوه‌ها یک بار با پوست و بار دیگر بدون پوست اندازه‌گیری شد. آزمون رومیزی روی عطر و مزه و تردی میوه با سه فرد کارآزموده در محیطی که از نظر صدا، رنگ، نور و بو از وضعیت مناسبی برخوردار بود انجام شد. هر فرد روش‌های ارزیابی حسی را آموزش دیده و پس از خوردن یک حلقه از هر نمونه خیار امتیاز آن را به صورت عالی (۵)، بسیار خوب (۴)، خوب (۳)، متوسط (۲) و ضعیف (۱) ارزیابی می‌کرد

(Gajc-Wolska *et al.*, 2004). میزان ماده خشک نمونه‌ها به روش آون در درجه حرارت ۲°C ± ۷۴ در سه تکرار تعیین شد.

اجزای واریانس ژنتیکی، وارثت‌پذیری عمومی و خصوصی و درجه غالبیت صفات با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Hallaure and Miranda, 1982):

واریانس افزایشی حاصل از منبع نر
$$\sigma^2_m = (MS_{(m)} - MS_{(m\times f)})/rf \quad \Rightarrow \sigma^2 A_m = 4\times\sigma^2_m$$

واریانس افزایشی حاصل از منبع ماده
$$\sigma^2_f = (MS_{(f)} - MS_{(m\times f)})/rm \quad \Rightarrow \sigma^2 A_f = 4\times\sigma^2_f$$

واریانس غالبیت
$$\sigma^2_{mf} = (MS_{(m\times f)} - MS_{(e)})/r \quad \Rightarrow \sigma^2 D = 4\times\sigma^2_{mF}$$

متوسط درجه غالبیت از روی منبع نر
$$\overline{d}_m = \sqrt{\frac{2\sigma^2_D}{\sigma^2 A_m}}$$

وارثت‌پذیری عمومی و خصوصی
$$h^2_{N.S} = \frac{\sigma^2 A}{\sigma^2 A + \sigma^2 D + \frac{\sigma^2 e}{r}} \qquad h^2_{B.S} = \frac{\sigma^2 A + \sigma^2 D}{\sigma^2 A + \sigma^2 D + \frac{\sigma^2 e}{r}}$$

ضریب همبستگی ژنتیکی
$$r_{g(xy)} = \frac{\mathrm{cov}_{g(xy)}}{\sqrt{\sigma^2_{g(x)}\sigma^2_{g(y)}}}$$

که $r_{g(xy)}$ ضریب همبستگی ژنتیکی صفت x و y، $\delta^2_g$ و $\mathrm{cov}_{g(xy)}$ به ترتیب واریانس ژنوتیپی و کواریانس ژنوتیپی صفت x و y هستند.

هدف از کاربرد شاخص گزینشی در اصلاح نباتات تلاش برای گزینش «ارزش ژنوتیپی» برتر در جمعیت است. ارزش مجتمع W به وسیله یک تابع خطی از ارزش‌های ژنوتیپی غیر قابل مشاهده به دست می‌آید و ارزش ژنوتیپی هر صفت به وسیله ارزش اقتصادی نسبی آن صفت موازنه می‌شود که می‌توان آن را به صورت زیر نشان داد:

$$W = a_1G_1 + \ldots + a_iG_i + \ldots + a_nG_n$$

$G_1$ تا $G_n$ ارزش ژنوتیپی غیر قابل مشاهده n صفت و $a_1$ تا $a_n$ ارزش اقتصادی صفات هستند. اساس گزینش شاخصی این است که ضرائب a و b طوری تعیین شوند که همبستگی شاخص (I) و ارزش ژنوتیپی مجتمع (W) حداکثر شود. برای محاسبه شاخص انتخاب به منظور بهبود ژنتیکی کلیه صفات مرتبط در طعم از معادلات هیزل (Hazel, 1943) استفاده شد، که در واقع چند معادله چند مجهولی است که از نظر جبر ماتریس می‌توان آن را به صورت زیر نشان داد.

$$Pb=Ga \rightarrow b=P^{-1}Ga$$

P: ماتریس واریانس-کوواریانس فنوتیپی

G: ماتریس واریانس- کوواریانس ژنوتیپی

b: بردار ضرایب

a: بردار ارزش‌های اقتصادی

در این آزمایش از سه شاخص زیر استفاده شد:

$I_1 = b_{1\ taste} + b_{2\ aroma} + b_{3\ crunchy}$

$I_2 = b_{1\ taste} + b_{2\ aroma} + b_{3\ crunchy} + b_{4\ flesh\ firmness} + b_{5\ Placental\ diameter/\ Fruit\ diameter}$

$I_3 = b_{1\ taste} + b_{2\ aroma} + b_{3\ crunchy} + b_{4\ flesh\ firmness} + b_{5\ Placental\ diameter/\ Fruit\ diameter} + b_{6\ Fruit\ Flesh\ Size} + b_{7\ skin\ firmness}$

که در روابط فوق $I_1$, $I_2$, $I_3$ شاخص‌های انتخاب، bi‌ها ضرایب شاخص است. برای محاسبه شاخص‌های فوق ارزش اقتصادی هر یک از صفات بر اساس اهمیت آن‌ها به صورت جدول ۱ در نظر گرفته شد.

جدول۱- ارزش اقتصادی صفات مرتبط با طعم میوه در خیار

Table 1. Economic values of the traits related to fruit flavor in cucumber

| صفت<br>Traits | سفتی پوست<br>Skin firmness | سفتی گوشت<br>Flesh firmness | عطر<br>Aroma | مزه<br>Taste | تردی<br>Crunchy | اندازه گوشتمیوه<br>Fruit flesh size | قطر میوه/ قطرحفره بذری<br>Placental diameter/fruit diameter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ارزش اقتصادی<br>Economic value | 0.1 | 0.6 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 0.3 | 0.6 |

در نهایت پاسخ حاصل از گزینش ($R_I$) با استفاده از هر یک از سه شاخص فوق محاسبه و با پاسخ حاصل از گزینش تنها برای تک تک صفات ($R_1$) با استفاده از روابط مربوطه محاسبه و نسبت آن‌ها ($R_I/R_1$) مقایسه شد. در پایان هتروزیس ناشی از این ۴۹ هیبرید، نسبت به میانگین والدین و والد برتر محاسبه شد.

تجزیه واریانس آزمایش فاکتوریل پس از آزمون نرمال بودن داده ها و محاسبه واریانس و کواریانس‌های فنوتیپی، ژنوتیپی و محیطی با استفاده از نرم‌افزار SAS و محاسبه شاخص انتخاب با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

**نتایج و بحث**

نتایج تجزیه واریانس صفات بر پایه طرح ژنتیکی فاکتوریل در جدول ۲ ملاحظه می‌شود. منبع نر فقط برای سفتی گوشت در سطح احتمال ۱ درصد و سفتی پوست در سطح احتمال ۵ درصد و منبع ماده برای مزه در سطح احتمال ۱ درصد و برای سفتی پوست در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود که نشان‌دهنده دخالت اندک واریانس افزایشی در کنترل صفات مذکور است (Kearsey and Pooni, 1996). از آن‌جایی که نسبت میانگین مربعات منبع ماده به نر برای هیچ‌یک از منابع معنی‌دار نبود، اثر مادری برای این صفات در این ژرم‌پلاسم وجود نداشت. منبع تغییر نر× ماده، برای کلیه صفات معنی‌دار شد. از آن‌جایی که منبع نر× ماده، واریانس غالبیت را نشان می‌دهد (Kearsey and Pooni, 1996)، بنابراین برای کلیه صفات در این ژرم‌پلاسم، می‌توان از طریق تولید هیبرید از هتروزیس بهره‌برداری کرد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ۴۹ هیبرید خیار بر پایه طرح ژنتیکی فاکتوریل (NCDII)

Table 2. Analysis of variance of 49 cucumber hybrids based on factorial design (NCD II)

| S.O.V. | منابع تغییرات | درجه آزادی df. | سفتی پوست Skin firmness | سفتی گوشت Flesh firmness | عطر Aroma | مزه Taste | تردی Crunchy | اندازه گوشت میوه Fruit flesh size | قطر میوه/ قطرحفره بذری Placental diameter/ fruit diameter | میزان ماده خشک Dry matter content |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Block | بلوک | 1 | 4.350 $^{ns}$ | 5.520 $^{ns}$ | 4.620$^{**}$ | 0.0004 $^{ns}$ | 0.012 $^{ns}$ | 763.790 $^{ns}$ | 0.109 $^{ns}$ | 1.937$^{*}$ |
| Male | نر | 7 | 47.610$^{*}$ | 22.830$^{**}$ | 1.020 $^{ns}$ | 2.150 $^{ns}$ | 3.220 $^{ns}$ | 92454.230 $^{ns}$ | 0.166 $^{ns}$ | 0.821 $^{ns}$ |
| Female | ماده | 6 | 44.230$^{*}$ | 5.270 $^{ns}$ | 2.110 $^{ns}$ | 5.520$^{**}$ | 5.270$^{*}$ | 135965.090 $^{ns}$ | 0.121 $^{ns}$ | 0.999 $^{ns}$ |
| Male× Female | نر × ماده | 35 | 15.840$^{**}$ | 6.650$^{**}$ | 1.710$^{**}$ | 1.570$^{**}$ | 2.220$^{**}$ | 66093.100$^{*}$ | 0.137$^{*}$ | 0.674$^{**}$ |
| Error | خطای آزمایشی | 48 | 5.720 | 2.270 | 0.390 | 0.361 | 0.450 | 43566.800 | 0.090 | 0.367 |
| Male Ratio/ female | نسبت نر/ ماده | - | 0.929 $^{ns}$ | 0.231 $^{ns}$ | 2.069 $^{ns}$ | 2.567 $^{ns}$ | 1.637 $^{ns}$ | 1.115 $^{ns}$ | 0.729 $^{ns}$ | 1.217 $^{ns}$ |

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و یک درصد.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability levels, respectively.

همان طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود واریانس غالبیت برای بیشتر صفات معنی‌دار شد. بنابراین می‌توان با تولید ارقام هیبرید و استفاده از هتروزیس، بر مقدار طعم میوه خیار افزود. وارثت‌پذیری عمومی برای اکثر صفات بالا بود، که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالای این صفات در ژرم‌پلاسم موجود است. به عبارت دیگر این نتایج نشان می‌دهد که امکان بهره‌برداری ژنتیکی زیادی در طعم خیار وجود دارد. اما وارثت‌پذیری خصوصی برای تمامی صفات مورد بررسی کوچک بود. کوچک بودن وارثت‌پذیری خصوصی کلیه صفات نشان می‌دهد که سطح واریانس افزایشی صفات مرتبط با طعم پایین است و در ژرم‌پلاسم موجود، امکان انتخاب موفقیت‌آمیز چندانی برای افزایش طعم وجود ندارد (Bassi *et al.*, 1996). در این مطالعه بالاترین وراثت‌پذیری عمومی به ترتیب به صفات تردی (۹۴/۷٪)، مزه (۹۴/۳٪) و عطر (۹۳/۲٪) مربوط بود. اما وراثت‌پذیری خصوصی صفات پایین بود، به طوری که سفتی پوست دارای بیشترین وراثت‌پذیری خصوصی (۲۵/۹٪) بود، این نتیجه نشان داد که بالا بودن وراثت‌پذیری عمومی صفات به زیاد بودن واریانس غالبیت صفات مربوط بوده است (Hazel, 1943؛ Hallaure and Miranda, 1982). پایین بودن میزان واریانس افزایشی و در نتیجه وراثت‌پذیری خصوصی صفات احتمالاً ناشی از ناجور بودن (Dispersion) والدین بوده است. زیرا اگر برخی از والدین دارای ژن‌های افزایش دهنده صفت و سایر والدین دارای ژن‌های افزایش دهنده دیگری باشند، در آن صورت واریانس افزایشی کم برآورد خواهد شد، در حالی که اگر غالبیت جهت‌دار باشد، در این حالت واریانس غالبیت بالا برآورد خواهد شد (Kearsey and Pooni, 1996). بنابراین با توجه به این که در این تحقیق واریانس افزایشی کم اما واریانس غالبیت بالا برآورد شده است، می‌توان اظهار داشت بین والدین اختلاف وجود داشته اما ژنوتیپ آن‌ها به صورت ناجور بوده است.

بر اساس نتایج این تحقیق، به نظر می‌رسد بتوان از طریق تولید ارقام هیبرید به افزایش طعم خیار، اقدام کرد (Hallaure and Miranda, 1982). با این حال، در صورت تمایل برای گزینش و افزایش صفات، می‌توان از ژنوتیپ‌های دیگری برای این امر استفاده کرد.

درجه غالبیت برای تمامی صفات مورد بررسی بیشتر از یک بود. به عبارت دیگر، صفات در شرایط فوق غالبیت قرار داشتند. این نتیجه می‌تواند در اثر پیوستگی ژن‌ها در حالت جفت باشد که به آن فوق غالبیت کاذب نیز می‌گویند (Rezaie and Amiri, 1998). استوبر و مول (Stuber and Moll, 1974) با مقایسه نتایج بسیاری از مطالعات معتقدند که اثر فوق غالبیت ژن‌ها در توارث عملکرد و سایر صفات زراعی مرتبط با آن، در گیاهان نقش

جدول ۳- اجزا واریانس ژنتیکی، وارثت‌پذیری و درجه غالبیت صفات مرتبط با طعم میوه در خیار

Table 3. Genetic variance components, narrow-sense heritability and domonance degree of the traits related with fruit flavor in cucumber

| Traits | صفات | واریانس افزایشی<br>Additive variance | واریانس غالبیت<br>Dominant variance | واریانس محیطی<br>Environmental variance | وارثت‌پذیری عمومی<br>Broad-Sense heritability | وارثت‌پذیری خصوصی<br>Narrow-sense heritability | نسبت واریانس افزایشی به ژنتیکی<br>Additive variance /genetic variance | متوسط درجه غالبیت<br>Dominant degree mean |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Skin firmness | سفتی پوست | $8.087^{++}$ | $20.240^{**}$ | 2.860 | 0.908 | 0.259 | 0.285 | 2.230 |
| Flesh firmness | سفتی گوشت | $2.138^{ns}$ | $8.760^{**}$ | 1.135 | 0.905 | 0.177 | 0.196 | 2.860 |
| Aroma | عطر | $0.050^{ns}$ | $2.640^{**}$ | 0.195 | 0.932 | 0.017 | 0.018 | 10.270 |
| Taste | مزه | $0.576^{++}$ | $2.418^{**}$ | 0.180 | 0.943 | 0.181 | 0.192 | 2.890 |
| Crunchy | تردی | $0.524^{ns}$ | $3.540^{**}$ | 0.225 | 0.947 | 0.122 | 0.128 | 3.675 |
| Fruit flesh size | اندازه گوشت میوه | $22777.000^{ns}$ | $45052^{ns}$ | 21783.000 | 0.756 | 0.254 | 0.335 | 1.980 |
| Placental diameter/ Fruit diameter | قطر میوه/ قطرحفره بذری | $0.002^{ns}$ | $0.094^{ns}$ | 0.183 | 0.683 | 0.015 | 0.090 | 9.390 |
| Dry matter content | میزان ماده خشک | $0.061^{ns}$ | $0.614^{+}$ | 0.044 | 0.786 | 0.071 | 0.152 | 4.460 |

ns: غیر معنی‌دار.

+، ++ و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱۲،۱۰ و ۱ درصد.

ns: Not significant

+, ++ and **: Significant at 12%, 10% and 1% probability levels, respectively.

ندارد و اکثر نتایج گزارش شده برای غالبیت یا فوق غالبیت احتمالاً از نوع کاذب هستند.

با استفاده از واریانس افزایشی و ژنتیکی، نسبت واریانس افزایشی به ژنتیکی برآورد شد. برای کلیه صفات مورد بررسی این نسبت کمتر از ۰/۵ بود. این نتیجه در تایید نتایج قبلی مبنی بر پایین بودن وراثت‌پذیری خصوصی و بالا بودن وراثت‌پذیری عمومی یا معنی‌داری بیشتر منبع نر× ماده در مقایسه با منابع نر و ماده بود. به عبارت دیگر این نسبت نشان داد که سهم زیادی از واریانس ژنتیکی، مربوط به واریانس غالبیت بود.

همبستگی ژنتیکی محاسبه شده، برای تعدادی از صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). همبستگی معنی‌دار و بالای سفتی پوست میوه و سفتی بافت گوشت میوه (۰/۹۴۹)، بیانگر آن بود که خیارهای با پوست ضخیم، گوشت سفت‌تری دارند. البته باید توجه داشت پوست ضخیم و چرمی مانند برای مصارف تازه‌خوری و حتی فرآوری مطلوب نیست. هر چه اندازه گوشت میوه بیشتر باشد، تردی میوه (۰/۵۹۷-) کمتر می‌شود، که احتمالاً به خاطر کاهش تراکم بافت گوشت است. پس خیارهای کشیده‌تر و باریک‌تر، با اندازه گوشت کمتر سفت‌تر بوده و صدای برخاسته از آن‌ها مطلوب‌تر است. مزه با عطر و تردی میوه همبستگی ژنتیکی معنی‌داری در سطح یک درصد داشت. بر همین اساس میوه‌های تردتر، دارای مزه بهتر و مطلوب‌تری بودند. با این حال، همبستگی ژنتیکی مزه با عطر و تردی خیلی قوی نبود. این موضوع نشان می‌دهد که در برخی موارد خیارهای با مزه خوب ممکن است از نظر عطر و تردی در وضعیت مطلوبی نباشند. قطر حفره بذری به قطر میوه، با تردی میوه همبستگی منفی بالایی (۰/۹۰۳-) داشت که بیانگر کاهش قطر حفره بذری و اندازه گوشت با افزایش میزان تردی است.

هدف از تعیین شاخص انتخاب این است که با استفاده از ارزش‌های فنوتیپی، واریانس اصلاحی تجمعی برای چندین صفت در میان افراد یک جمعیت حداکثر شود. در جدول ۵ شاخص‌های انتخاب ارائه شده است. با در نظر گرفتن بهبود هم‌زمان چند صفت، به عنوان هدف گزینش از روش هیزل (Hazel, 1943) برای ایجاد شاخص استفاده شد. از ضرایب اقتصادی بر اساس اهمیت هر یک از صفات طبق جدول ۱ استفاده شد. با استفاده از ضرائب اقتصادی، واریانس‌ها و کوواریانس‌های ژنتیکی و فنوتیپی، ضرایب سه شاخص مختلف مطابق جدول ۵ به دست آمد.

برآورد پاسخ به انتخاب برای مقایسه روش‌های مختلف به‌نژادی و اتخاذ تصمیم و تعیین خط مشی اصلاحی مورد نیاز است (Hazel, 1943؛ Baker, 1986). در مطالعه حاضر میزان پاسخ حاصل از گزینش شاخص محاسبه و با میزان پاسخ حاصل از گزینش تنها برای صفات موردنظر مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۴- ضرائب همبستگی ژنتیکی بین صفات مختلف مرتبط با طعم میوه در خیار
Table 4. Genetic correlation coefficients between different traits related to fruit flavor in cucumber

| Traits | سفتی پوست Skin firmness | سفتی گوشت Flesh firmness | عطر Aroma | مزه Taste | تردی Crunchy | اندازه گوشت میوه Fruit flesh size |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Flesh firmness | 0.949** | | | | | |
| Aroma | 0.073 | 0.020 | | | | |
| Taste | -0.156 | -0.112 | 0.391** | | | |
| Crunchy | 0.114 | 0.072 | 0.063 | 0.530** | | |
| Fruit flesh size | -0.240 | -0.402** | -0.049 | -0.080 | -0.597** | |
| Placental diameter/fruit diameter | 0.441** | 0.162 | 0.131 | 0.340* | -0.903** | -0.885** |

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و یک درصد.

* and **: Significant at 5% and 1% levels of probability levels, respectively.

نتایج این محاسبه در جدول ۶ ملاحظه می‌شود.

همان طوری که مشاهده می‌شود در شاخص اول، در صورت استفاده از شاخص برای گزینش همزمان سه صفت عطر، مزه و تردی کارایی پاسخ از گزینش شاخص در مقایسه با گزینش تنها برای تک تک صفات، به ترتیب ۰/۹، ۰/۴ و ۰/۱ درصد بود. اگر چه افزایش کارایی پاسخ گزینش شاخص در مورد این سه صفت کمتر از یک درصد و چندان قابل توجه نبود، اما باید توجه داشت که در گزینش شاخص هر سه صفت با هم اصلاح می‌شوند، در حالی که در گزینش تنها یا باید به صورت مستقل برای هر یک از صفات گزینش کرد یا از گزینش نوبتی استفاده کرد (Baker, 1986) که در هر دو مورد طول دوره اصلاح افزایش می‌یابد، بنابراین با وجود مزیت اصلاحی اندک گزینش شاخصی نسبت به گزینش تنها، با توجه به کوتاه‌تر شدن دوره اصلاح، همچنان می‌توان از شاخص اول استفاده کرد. زیاد نبودن مزیت گزینش شاخص احتمالاً به هم سو بودن سه صفت در حال اصلاح مربوط می‌شود، یعنی وجود همبستگی بین عطر، مزه و تردی باعث کم شدن مزیت گزینش شاخص شده است. زیرا گزینش شاخص برای صفاتی که دارای همبستگی ژنتیکی منفی هستند، دارای سودمندی بیشتری است (Baker, 1986). صحت این استدلال از روی محاسبات مربوط به شاخص دوم تایید می‌شود، در شاخص دوم که در مقایسه با شاخص اول، دو صفت سفتی گوشت و قطر حفره بذری به قطر میوه به آن اضافه شده است، با توجه به این که این دو صفت دارای همبستگی ژنتیکی منفی شدید بوده و با سه صفت عطر، مزه و تردی نیز همبستگی ژنتیکی منفی دارند. کارایی گزینش شاخص برای همین دو صفت به میزان قابل توجهی افزایش یافته است، به طوری که کارایی گزینش شاخص در

جدول ۵ - ضرائب شاخص‌های انتخاب صفات مختلف مرتبط با طعم میوه در خیار

Table 5. Selection indices coefficients of different traits related to fruit flavor in cucumber

| شاخص Index | سفتی پوست Skin firmness | سفتی گوشت Flesh firmness | عطر Aroma | مزه Taste | تردی Crunchy | اندازه گوشت میوه Fruit fesh size | قطر میوه/ قطرحفره بذری Placental diameter/fruit diameter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | - | - | 0.847 | 0.953 | 0.763 | - | - |
| 2 | - | 0.533 | 0.863 | 0.923 | 0.783 | - | 0.529 |
| 3 | -33.744 | 49.295 | 7.291 | -3.739 | -31.880 | 0.396 | 251.390 |

جدول ۶- نسبت پاسخ حاصل از گزینش شاخصی به پاسخ حاصل از گزینش تنها برای صفات

Table 6. Ratio of gain from selection index to gain from single trait selection for the traits

| شاخص Index | سفتی پوست Skin firmness | سفتی گوشت Flesh firmness | عطر Aroma | مزه Taste | تردی Crunchy | اندازه گوشت میوه Fruit fesh size | قطر میوه/ قطرحفره بذری Placental diameter/fruit diameter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | - | - | 1.009 | 1.004 | 1.001 | - | - |
| 2 | - | 1.016 | 1.002 | 0.996 | 0.994 | - | 1.170 |
| 3 | 0.687 | 0.688 | 0.672 | 0.678 | 0.674 | 0.752 | 0.792 |

مقایسه با گزینش تنها برای قطر حفره بذری به قطر میوه و سفتی گوشت به ترتیب برابر ۱۷ و ۱/۶ درصد بود در حالی که این مزیت برای دو صفت مزه و تردی ۰/۴ و ۰/۶ درصد کمتر از گزینش منفرد بود. بنابراین اگر قطر حفره بذری به قطر میوه و سفتی گوشت در کنار سه صفت عطر، مزه و تردی ملاک عمل باشد، شاخص دوم برای اصلاح قطر حفره بذری به قطر میوه و سفتی گوشت به مراتب بهتر از شاخص اول خواهد بود که این دو صفت را در نظر می‌گیرد. با این حال، با افزایش تعداد صفات به هفت صفت، کارایی گزینش شاخص برای شاخص سوم کاهش یافته است که علت این امر احتمالاً وجود همبستگی‌های زیاد بین صفات و خنثی شدن اثر آن‌ها در شاخص است. در مطالعه واحدی (Vahedi, 2006) نیز با افزایش زیاد تعداد صفات در شاخص، کارایی گزینش شاخص به شدت کاهش یافت. نتایج حاصل از جدول ۵ و ۶ نشان می‌دهد اگر چه در این تحقیق مزیت گزینش شاخص نسبت به گزینش تنها زیاد نبود، اما بیانگر سودمند بودن گزینش شاخص برای اصلاح همزمان چند صفت است. به عبارت دیگر در صورت استفاده از گزینش شاخص به طور همزمان چندین صفت با کارایی بیشتر از صد درصد اصلاح خواهند شد که این امر سودمندی گزینش شاخص را نشان می‌دهد.

بهترین هیبرید از نظر صفت عطر نسبت به میانگین والدین هیبریدهای ۳۹×۵۶ و ۳۹×۹۷ بودند که این دو هیبرید نسبت به والد برتر نیز جزو بهترین‌ها بودند. بهترین هیبرید نسبت به میانگین والدین از نظر صفت مزه هیبریدهای ۳۹×۹۷ و ۸۸×۷۴ بودند که تنها هیبرید ۸۸×۷۴ نسبت به والد برتر، بهتر بود (جدول‌ها ارائه نشده‌اند). با توجه به این‌که یکی از فرضیات در مورد علت بروز هتروزیس، فرضیه غالبیت است (Hallaure and Miranda, 1982)، بنابراین بزرگ بودن سهم واریانس غالبیت در این مقاله، با مشاهده هتروزیس در بین هیبریدها مطابقت دارد.

## References

**Arshi, Y. 2000.** Genetic Improvement of Vegetables. Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad University Publications. Mashhad, Iran. 725pp. (in Persian).

**Baker, R.J. 1986.** Selection Indices in Plant Breeding. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 218 pp.

**Bassi, D., Bartolozzi, F., and Muzzi, E. 1996.** Patterns and heritability of carboxylic acids and soluble sugars in fruits of apricot *(Prunus armeniaca* L.*).* Plant Breeding 115 (1): 67–70.

**Cook, K.L., Baggett, J. R., and Gabert, A.C. 1994.** Inheritance of fruit firmness in

genetically parthenocarpic pickling cucumbers. Cucurbit Genetics Cooperative Report 17: 35-37.

**Falconer, D.S., and Mackay, T.F. 1996.** Introduction to Quantitative Genetics. 4th ed. Longman Scientific and Technical, New York, USA. 464pp.

**Gajc-Wolska, J., Szwacka, M., and Malepszy, S. 2004.** Sensory characteristic of cucumber fruits (*Cucumis sativus* L.) with thaumatin gene. Acta Horticulturae 604: 449- 451.

**Ghaebi, S.M. 2008.** Determination of physical and mechanical properties of Iranian apricot fruit, pit and kernels. MSc. Thesis, College of Aboureihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran. (in Persian).

**Hallaure, A. R., and Miranda, J. B. 1982.** Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press, Ames, USA. 550pp.

**Hazel, L.N. 1943.** The genetic basis for constructing selection indices. Genetics 28: 476-490.

**Kearsey, J.M., and Pooni, S.H. 1996.** The Genetical Analysis of Quantitative Traits. Chapman and Hall, London, UK. 381pp.

**Knee, M. 2001.** Fruit Quality and its Biological Basis. Department of Horticulture and Crop Science. The Ohio State University, Columbus, Ohio, USA. 279pp.

**Lawless, H. T., and Heymann, H. 1999.** Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. Introduction and Overview. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, USA. 848pp.

**Mirzaie-Nodushan, H., and Fayazi, M. 2000.** Determination of selection index in populations of Onobrychis. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 1: 1-23 (in Persian).

**Peterson, R. K., Davis, D. W. R., Stuckerj, E., and Breene, W. M. 1977.** Inheritance of firmness in raw cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit. Euphytica 27: 233-240.

**Rezaie, A. M., and Amiri, R. 1998.** The necessity of considering the assumptions of genetic model in diallel analysis. Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources 1: 63- 45 (in Persian).

**Rostam Froudi, B. 2006**. Study on quantitative and qualitative characters of onion cultivars and determination of the relation between some characters and storabilily. Seed and Plant 22 (1): 67-86 (in Persian).

**Smith, H. F. 1963.** A discrimination function for plant selection. Ann. Eugen.7: 240-250.

**Stuber, C. W., and Moll, R. H. 1974.** Epistasis in maize (*Zea mays* L.): IV. Crosses among lines selected for superior intervariety single cross performances. Crop Science 14: 314-317.

**Vahedi, S. 2006**. Study on the genetic relationships between agronomic traits and introduction of selection index in monogerm germplasm of sugar beet. MSc Thesis. Islamic Azad University, Karaj Unit, Karaj, Iran (in Persian).