

نشریه پژوهشی:

## برآورد اجزای ژنتیکی و وراثت پذیری عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی از طریق تجزیه میانگین نسل‌ها

میثم صفایی<sup>۱</sup>، جمال‌علی الفتی<sup>۲\*</sup>، یوسف حمیداوغلی<sup>۳</sup> و بابک ربیعی<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳. دانش‌آموخته دکتری، دانشیار و استاد، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۱۸)

### چکیده

گوجه‌فرنگی به‌عنوان یک سبزی میوه‌ای جذاب به‌شمار می‌رود و مطالعات ژنتیکی وسیعی روی صفات زراعی گوجه‌فرنگی به‌منظور افزایش کارایی برنامه‌های به‌نژادی این گیاه صورت گرفته است. عملکرد یک صفت مهم از نظر اقتصادی به‌شمار می‌رود و در همه برنامه‌های به‌نژادی گوجه‌فرنگی گنجانده می‌شود. انتخاب یک روش به‌نژادی مؤثر نیازمند اطلاعات جامع از سیستم ژنتیکی کنترل‌کننده صفت موردنظر است. هدف از این تحقیق، تعیین پارامترهای ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد با استفاده از روش‌های تجزیه میانگین و واریانس نسل‌ها بود. تجزیه میانگین و واریانس نسل‌ها با استفاده از شش نسل پایه ( $P_1, P_2, F_1, F_2, BC_1, BC_2$ ) حاصل از تلاقی لاین‌های گوجه‌فرنگی M110 و P110 انجام شد. لاین P110 (زرد و گلابی شکل) دارای عادت رشد نامحدود و لاین M110 (میناتور) دارای عادت رشد محدود است. نتایج تجزیه میانگین و واریانس نسل‌ها نشان داد که مدل ژنتیکی ساده افزایشی و غالبیت توجیه‌کننده تغییرات تمام صفات مورد مطالعه به‌جز صفت میانگین وزن میوه بود. همچنین، برای صفات مورد مطالعه آثار غیرافزایشی بیشتر از اثر افزایشی برآورد شد. وراثت‌پذیری عمومی برای تمام صفات مورد مطالعه به‌جز صفت میانگین وزن میوه، بیشتر از متوسط (بالای ۵۰ درصد) بود، اما وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات مورد مطالعه کمتر از ۵۰ درصد برآورد شد. بنابراین گزینش مستقیم برای صفات مورد مطالعه مناسب نبوده و گزینش دوره‌ای برای افزایش شانس ترکیب شدن ژن‌های مؤثر در کنترل این صفات توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ایستنازی تکمیلی، اثر افزایشی، اثر غالبیت، وزن میوه.

## Estimation of genetic parameters and heritability for yield and yield components in tomato through generation mean analysis

Meysam Safae<sup>1</sup>, Jamal-Ali Olfati<sup>2\*</sup>, Yousef Hamidoghli<sup>3</sup> and Babak Rabiei<sup>3</sup>

1, 2, 3. Former Ph.D. Student, Associate Professor, and Professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran  
(Received: Dec. 12, 2021 - Accepted: July 09, 2022)

### ABSTRACT

Tomato is an interesting vegetable crop and numerous genetic studies have been conducted to increase the efficiency of tomato breeding strategies. Yield is an economically important trait and therefore improving yield is the main focus in breeding projects. The selecting efficient breeding strategy needs comprehensive information about the genetic controlling of interested traits. The aim of this study was to determine genetic parameters for yield and yield component tomato through generation mean analysis. Generation mean analysis was conducted using six basic generations ( $P_1, P_2, F_1, F_2, BC_1, BC_2$ ) derived from a cross between two lines (M110 and P110) of tomato. M110 and P110 have a determinate and indeterminate growth habit respectively. Results showed that a simple additive dominance model was adequate to explain variability among traits of interest. Non-additive gene effects were predominant for all characters in this study. Broad sense heritability was calculated at over 50% for all traits while narrow sense heritability was less than 50%. Therefore, direct selection for these traits might not be useful, and recurrent selection procedures could increase the frequency of favorable alleles in breeding populations to enable the selection and development of genotypes with superior plants.

**Keywords:** Additive effect, complementary epistasis, dominance effect, fruit weight.

\* Corresponding author E-mail: jamalaliolfati@gmail.com

### مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) به عنوان یکی از سبزی‌های مهم میوه‌ای از نظر اقتصادی و تغذیه‌ای بوده که به طور گسترده در سرتاسر جهان برای مصارف تازه‌خوری و فراوری پرورش داده می‌شود (Heuvelink, 2018). عملکرد یکی از صفات مهم اقتصادی در همه گیاهان است بنابراین در همه برنامه‌های گزینش گوجه‌فرنگی نیز گنجانده می‌شود. عملکرد محصول برهمکنش عوامل ژنتیکی و محیطی مانند تنش‌های زیستی و غیر زیستی، روش‌های زراعی و ناحیه کشت می‌باشد. انتخاب یک روش گزینش مناسب پیش‌نیاز دستیابی به عملکرد بالقوه گونه‌ها می‌باشد. عملکرد بوته گوجه‌فرنگی بیشتر تحت تأثیر وزن میوه و تعداد میوه در خوشه قرار دارد. از طرف دیگر، این صفات خود توسط تعداد زیادی عامل محیطی و ژنتیکی تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Singh & Singh, 1985; Dhaliwal & Nandpuri, 1988; Singh *et al.*, 1998; Zdravković *et al.*, 1989). بنابراین، برای انتخاب روش مناسب گزینش برای برنامه‌های به‌نژادی آگاهی از نوع عمل ژن و نحوه وراثت عملکرد و اجزای عملکرد ضروری به نظر می‌رسد.

تجزیه میانگین نسل‌ها یک روش طراحی کارآمدترین برنامه به‌نژادی برای اصلاح ارقام با صفات مطلوب می‌باشد که به طور معمول در مطالعه وراثت صفات کمی استفاده می‌شود. این روش اطلاعاتی در مورد میانگین اثرات ژنی (افزایشی، غالبیت و آثار ناشی از برهمکنش‌های ژنی غیر اللی) ارائه می‌دهد (Pooni & Treharne, 1994; Iqbal & Nadeem, 2003; Checa *et al.*, 2006; Sharmila *et al.*, 2007).

اصطلاح تجزیه میانگین نسل‌ها توسط Hayman (1958) به منظور برآورد اجزای ژنتیکی تغییرات ارائه شده است. در طول این سال‌ها چندین مدل برای آنالیز تجزیه میانگین نسل‌ها پیشنهاد شد که می‌توان به مدل‌های Hayman (1960, 1958) و (Van der veen 1959) اشاره کرد. تجزیه میانگین نسل‌ها یک روش بیومتری بوده و آنالیز این تکنیک بر اساس اندازه‌گیری فنوتیپ صفات کمی برای تعداد مطلوب

افراد در شش نسل پایه مختلف می‌باشد که این نسل‌ها شامل والدین ( $P_1$  و  $P_2$ )، هیبرید نسل اول ( $F_1$ )، نسل‌های  $F_2$ ،  $BC_1$ ،  $BC_2$  می‌باشند (Dvojkovi *et al.*, 2010). این روش یک تکنیک ساده و مفید برای برآورد اثرات ژنی صفات چندژنی به شمار می‌رود و مهمترین مزیت آن برآورد اثرات اپیستازی شامل اثر افزایشی × افزایشی، افزایشی × غالبیت و غالبیت × غالبیت می‌باشد. آگاهی دقیق از ماهیت و شدت عمل ژن برای انتخاب روش به‌نژادی موثر به منظور تسریع در فرایند به‌نژادی صفات بسیار مفید است (Pooni & Treharne, 1994). تجزیه میانگین نسل‌ها به طور موفقیت آمیزی برای مطالعه وراثت‌پذیری برخی صفات گوجه‌فرنگی، به طور مثال عملکرد، مقاومت به سرما و مقاومت به شوری انجام شده است (Foolad, 1996; Bhatt *et al.*, 2001; Foolad & Lin, 2001).

میزان موفقیت یک برنامه به‌نژادی برای بهبود عملکرد بستگی به میزان اطلاعات ژنتیکی عملکرد و صفات مرتبط با آن در جمعیت مورد مطالعه دارد. در این تحقیق از روش تجزیه میانگین نسل‌ها برای به‌دست‌آوردن اطلاعات ژنتیکی در مورد عملکرد و برخی از صفات مرتبط با آن استفاده شد تا اطلاعاتی در مورد نحوه کنترل ژنتیکی این صفات از جمله اندازه و ماهیت اثرات مختلف ژنی، سهم اجزای قابل تثبیت و غیر قابل تثبیت و به دنبال آن نوع عمل ژن‌ها و وراثت‌پذیری عملکرد و صفات مرتبط با آن بدست آید تا بتوان از این اطلاعات در طراحی یک برنامه به‌نژادی مناسب برای بهبود عملکرد در جمعیت مورد مطالعه استفاده نمود.

### مواد و روش‌ها

در این آزمایش ابتدا دو لاین خالص گوجه‌فرنگی P110 و M110 با ویژگی‌های متفاوت از نظر صفات مورد مطالعه به‌عنوان والد انتخاب و در گلخانه آموزشی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان با هم تلاقی داده شدند. لاین P110 دارای عادت رشدی نامحدود و میوه‌هایی به رنگ زرد و گل‌ابی شکل و لاین M110 دارای عادت رشدی مینیاتور و میوه‌های گرد و قرمز رنگ است که طی چندین نسل خودگشنی در

میانگین (با استفاده از آزمون LSD) داده‌های حاصل از کلیه صفات در نسل‌های  $P_1$ ،  $P_2$ ،  $F_1$ ،  $F_2$ ،  $BC_1$  و  $BC_2$  براساس مدل طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها آزمون شد.

تجزیه میانگین نسل‌ها، با استفاده از برنامه نوشته‌شده در نرم‌افزار SAS (ورژن ۹،۱) بر اساس روش‌های Mather (1949)، Hayman (1958) و Jinks & Jones (1958) مطابق با مدل زیر انجام شد.

$$Y = m + \alpha[d] + \beta[h] + \alpha^2[i] + 2\alpha\beta[j] + \beta^2[l] \quad (1)$$

در این رابطه، Y میانگین یک نسل، m میانگین همه نسل‌ها، [d] مجموع اثرات افزایشی، [h] مجموع اثرات غالبیت، [i] مجموع اثرات متقابل بین اثرات افزایشی، [j] مجموع اثرات متقابل بین اثرات غالبیت × افزایشی، [l] مجموع اثرات متقابل بین اثرات غالبیت و  $\alpha$ ،  $\beta$ ،  $\alpha^2$  و  $2\alpha\beta$  به ترتیب ضرایب پارامترهای فوق می‌باشند.

در تجزیه میانگین نسل‌ها چون تعداد افراد ارزیابی‌شده در نسل‌های مختلف متفاوت بود، پارامترها از روش حداقل مربعات وزنی محاسبه و در حقیقت آزمون شدند و در محاسبه انحراف معیار پارامترها، واریانس میانگین نسل‌ها را محاسبه و واریانس هر نسل را به تعداد افراد آن نسل تقسیم نمودیم.

قبل از این که هر گونه اقدامی جهت برآورد اثرات اصلی و متقابل بین ژن‌ها انجام شود، ابتدا آزمون وجود یا عدم وجود اثرات متقابل (ایستازی) بین مکان‌های ژنی با استفاده از آزمون‌های مقیاس (Scaling Tests) بر اساس روابط (۲) تا (۴) به تفکیک برای هر یک از صفات مورد مطالعه انجام شد (Mather & Jinks, 1982; Kearsey & Pooni, 2004). سپس از مدل شش پارامتری Hayman (1958) استفاده و اثرات اصلی و متقابل ژن‌های کنترل‌کننده هر صفت با استفاده از روابط (۵) تا (۱۰) برآورد و آزمون معنی‌داری اثرات برآورد شده به وسیله t-student انجام شد. در انتها آزمون نیکویی برازش برای مدل‌های یک تا شش پارامتری توجیه‌کننده تنوع هر یک از صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون کای

دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان توسعه یافته بودند. در سال بعد، بذرها نسل اول ( $F_1$ ) حاصل از تلاقی والدین، کشت و از خودگشتی بوته‌های حاصل، بذرها نسل دوم ( $F_2$ ) تهیه شدند. همچنین بوته‌های نسل  $F_1$  به‌عنوان والد مادری با هر دو والد اولیه  $P_1$  ( $P_{110}$ ) و  $P_2$  ( $M_{110}$ ) به‌عنوان والدین پدری تلاقی داده شد تا نسل‌های تلاقی برگشتی ( $BC_1$  و  $BC_2$ ) ایجاد شود. در سال سوم (2017)، بذرها نسل والدین ( $P_1$  و  $P_2$ ) به‌همراه نسل‌های  $F_1$ ،  $F_2$ ،  $BC_1$  و  $BC_2$  در گلخانه کشت و نشاها بعد از شش هفته به زمین اصلی انتقال داده شدند. جهت جلوگیری از خسارت علف‌های هرز، زمین مزرعه با مالچ سیاه پوشانده شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد و نشاهای هر نسل به‌صورت تک‌بوته به فاصله  $45 \times 100$  سانتی‌متر کشت شدند، به‌طوری که برای نسل والدین و  $F_1$  تعداد ۳۰ بوته، برای نسل‌های تلاقی برگشتی تعداد ۶۰ بوته و برای نسل  $F_2$  تعداد ۱۸۰ بوته در نظر گرفته شد. کلیه مراقبت‌های لازم در طول مرحله رشدونمو بوته‌ها از قبیل آبیاری قطره‌ای، کوددهی و مبارزه با آفات و بیماری‌ها صورت گرفت. برای هدایت بوته‌های ژنوتیپ‌های رشد نامحدود از داربست‌های چوبی و طناب‌های نخی استفاده شد.

به دلیل تفکیک ژنوتیپ‌های رشد محدود و رشد نامحدود (متفاوت از نظر عملکرد) عملکرد و اجزای عملکرد شامل میانگین وزن (گرم) و تعداد میوه از سه خوشه ابتدایی اندازه‌گیری شد. میانگین وزن میوه به صورت میانگین کل میوه‌های چیده‌شده و متوسط تعداد میوه در خوشه نیز به صورت متوسط تعداد میوه در کل خوشه‌های چیده‌شده اندازه‌گیری شد. برخی صفات مرتبط با عملکرد شامل وزن میوه‌های یک خوشه با خوشه (گرم)، وزن میوه‌های یک خوشه بدون خوشه (گرم)، تعداد گل در هر خوشه (متوسط تعداد گل در پنج خوشه در موقعیت‌های مختلف روی بوته) نیز اندازه‌گیری شد.

پس از ارزیابی صفات، ابتدا آزمون چولگی و کشیدگی به منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها انجام و تبدیل داده لگاریتمی برای صفات مورد مطالعه انجام شد. سپس برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه

نسل‌های متنوع از تلاقی لاین P110 با لاین M110 ایجاد شدند اختلاف معنی‌داری وجود داشت که نشانگر وجود تفاوت ژنتیکی در بین نسل‌های مورد مطالعه بود. از طرف دیگر انتخاب والدین در دو آستانه متفاوت از نظر صفات موردنظر، پیش‌نیاز انجام تجزیه میانگین نسل‌ها می‌باشد که توسط Mather & Jinks (1971) پیشنهاد شده است. در جدول ۲ میانگین صفات اندازه‌گیری شده عملکرد، اجزای عملکرد برای شش نسل پایه ارایه شده است. به جز صفات تعداد گل در خوشه و عملکرد بدون خوشه در بقیه صفات والد P<sub>1</sub> ارزش میانگین بالاتر و تفاوت معنی‌داری با والد P<sub>2</sub> داشت. ارزش میانگین نسل F<sub>1</sub> در همه صفات بالاتر از سایر نسل‌ها بود ولی برای صفات تعداد گل در خوشه، تعداد میوه در خوشه، وزن میوه یک خوشه با خوشه و وزن میوه یک خوشه بدون خوشه تفاوت معنی‌داری با والد P<sub>1</sub> نداشت. ارزش میانگین نسل F<sub>2</sub> در همه صفات با والد P<sub>1</sub> اختلاف معنی‌داری نداشت. ارزش میانگین BC<sub>1</sub> در صفات وزن میوه یک خوشه بدون خوشه، وزن میوه یک خوشه با خوشه، تعداد میوه در خوشه و عملکرد بدون خوشه بالاتر از والدین و در بقیه صفات با والد P<sub>1</sub> اختلاف معنی‌دار نداشت در حالی که اختلاف معنی‌داری بین BC<sub>2</sub> و والد P<sub>1</sub> در هیچ صفتی مشاهده نشد. مقایسه میانگین‌ها با روش توکی نشان داد که دو والد P<sub>1</sub> و P<sub>2</sub> در اکثر صفات اختلاف معنی‌داری داشتند. همچنین میانگین نسل‌های BC<sub>1</sub> و BC<sub>2</sub> نزدیک به والد برگشتی خود بود. این نتایج نشان‌دهنده انتخاب صحیح والدین جهت تلاقی برای این آزمایش می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد از نظر همه صفات مورد مطالعه به جز صفت تعداد گل در خوشه در بین جمعیت‌های حاصل از تلاقی لاین P110 با لاین M110 وجود داشت (داده‌ها گزارش نشده است). بنابراین تجزیه میانگین و واریانس صفات برای برآورد پارمترهای ژنتیکی می‌تواند صورت گیرد. همچنین، در مورد عملکرد و اجزای عملکرد جهت بدست آوردن نتایج قابل تفسیر تبدیل داده لگاریمتی برای صفات مورد مطالعه صورت گرفت و تجزیه میانگین و واریانس نسل‌ها روی داده‌های تبدیلی انجام شد.

اسکور انجام و بهترین مدل توجیه‌کننده تغییرات هر صفت در جمعیت مورد مطالعه تعیین شد (Mather & Jinks, 1982; Kearsley & Pooni, 2004).

$$A = \bar{P}_1 + \bar{F}_1 - 2\bar{B}C_1 \quad (۲)$$

$$B = \bar{P}_2 + \bar{F}_1 - 2\bar{B}C_2 \quad (۳)$$

$$C = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + 2\bar{F}_1 - 4\bar{F}_2 \quad (۴)$$

$$[m] = \bar{F}_2 \quad (۵)$$

$$[d] = \bar{B}C_1 - \bar{B}C_2 \quad (۶)$$

$$[h] = \bar{F}_1 - 4\bar{F}_2 - \frac{\bar{P}_1 + \bar{P}_2}{2} + 2\bar{B}C_1 + 2\bar{B}C_2 \quad (۷)$$

$$[i] = 2(\bar{B}C_1 + \bar{B}C_2) - 4\bar{F}_2 \quad (۸)$$

$$[j] = 2(\bar{B}C_1 - \bar{B}C_2) - \bar{P}_1 + \bar{P}_2 \quad (۹)$$

$$[l] = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + 2\bar{F}_1 + 4\bar{F}_2 - 4\bar{B}C_1 - 4\bar{B}C_2 \quad (۱۰)$$

اجزای ژنتیکی و محیطی کنترل‌کننده تنوع هر صفت به وسیله روابط ذیل محاسبه شدند (Mather & Jinks, 1982; Kearsley & Pooni, 2004).

$$V_P = V_{F2} \quad (۱۱)$$

$$V_E = \frac{(VP1 + VP2 + (2 \times VF1))}{4} \quad (۱۲)$$

$$V_G = V_P - V_E \quad (۱۳)$$

$$V_D = 2V_{F2} - (V_{BC1} + V_{BC2}) \quad (۱۴)$$

$$V_H = V_G - V_D \quad (۱۵)$$

$$H_{(N)} = \frac{VD}{VP} \quad (۱۶)$$

$$H_{(B)} = \frac{VG}{VP} \quad (۱۷)$$

در این روابط، P واریانس فنوتیپی، E واریانس محیطی یا جزء غیر ژنتیکی واریانس فنوتیپی، G واریانس ژنتیکی، D واریانس افزایشی، H واریانس غالبیت، H(N) وراثت‌پذیری خصوصی و H(B) وراثت‌پذیری عمومی صفات مورد مطالعه می‌باشند. به منظور برآورد درجه غالبیت ژن‌های کنترل‌کننده هر صفت نیز از روش Mather & Jinks (1971) استفاده گردید (رابطه ۱۸).

$$= \sqrt{\frac{H}{D}} \quad (۱۸)$$

## نتایج و بحث

طراحی هر برنامه به‌نژادی وابسته به وجود تنوع ژنتیکی می‌باشد. همچنین کارایی گزینش و بروز هتروزیس بستگی به شدت تنوع ژنتیکی در جامعه مورد مطالعه دارد (Singh & Chaudhary, 1999; Amin, 2013). در این تحقیق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که بین شش نسل (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, BC<sub>1</sub> و BC<sub>2</sub>) که

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات عملکرد، اجزای عملکرد برای شش نسل مختلف گوجه‌فرنگی.  
Table 1. Variance analysis for yield and yield component of tomato in six generations.

Source of Variances	df	Fruit weight with truss	Fruit weight without truss	Number of fruit per truss	Number of flowers per truss	Mean fruit weight	Yield with truss	Yield without truss
Block	2	0.08 <sup>ns</sup>	0.40 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	1.32 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	0.66 <sup>ns</sup>	0.62 <sup>ns</sup>
Generation	5	1.67 <sup>**</sup>	10.01 <sup>**</sup>	0.59 <sup>**</sup>	8 <sup>ns</sup>	1.96 <sup>**</sup>	4.77 <sup>**</sup>	5.11 <sup>**</sup>
Error	10	0.09	0.5	0.04	8.29	0.1	0.28	0.29
CV (%)	-	19.67	20.36	21.01	15.63	16.98	25.55	26.25

ns و \* و \*\*: به ترتیب تفاوت غیر معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.  
\*, \*\*, ns: Significant difference at 5%, 1% probability level, and non significant difference, respectively.

df, S.O.V., and CV: Degree of freedom, source of variation, and coefficient of variance respectively.

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات عملکرد، اجزای عملکرد برای شش نسل مختلف گوجه‌فرنگی.  
Table 2. Mean comparison for yield and yield component in six generations of tomato.

Generation	Character						
	Fruit weight with truss (g)	Fruit weight without truss (g)	Number of fruit per truss	Number of flowers per truss	Mean fruit weight (g)	Yield with truss (g)	Yield without truss (g)
P <sub>1</sub>	21.44 <sup>a</sup>	20.36 <sup>a</sup>	3.05 <sup>a</sup>	7.33 <sup>a</sup>	5.57 <sup>a</sup>	54.28 <sup>a</sup>	51.44 <sup>a</sup>
P <sub>2</sub>	4.4 <sup>b</sup>	3.75 <sup>b</sup>	1.39 <sup>b</sup>	6.6 <sup>a</sup>	1.73 <sup>b</sup>	6.15 <sup>b</sup>	5.21 <sup>b</sup>
F <sub>1</sub>	28.85 <sup>a</sup>	27.73 <sup>a</sup>	3.18 <sup>a</sup>	7.63 <sup>a</sup>	8.03 <sup>a</sup>	234.23 <sup>a</sup>	225.14 <sup>a</sup>
F <sub>2</sub>	19.23 <sup>a</sup>	18.23 <sup>a</sup>	2.44 <sup>ab</sup>	8.25 <sup>a</sup>	6.46 <sup>a</sup>	69.63 <sup>ab</sup>	66.20 <sup>ab</sup>
BC <sub>1</sub>	32.96 <sup>a</sup>	31.64 <sup>a</sup>	4.03 <sup>a</sup>	7.87 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	147.16 <sup>a</sup>	141.66 <sup>a</sup>
BC <sub>2</sub>	19.48 <sup>a</sup>	18.01 <sup>a</sup>	2.52 <sup>ab</sup>	9.13 <sup>a</sup>	6.96 <sup>a</sup>	82.81 <sup>a</sup>	78.13 <sup>a</sup>
LSD <sub>5%</sub>	11.24	10.88	0.96	5.21	2.52	111.86	107.86

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.  
In each column means followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level.

عملکرد و صفات مرتبط با آن بدست آید تا بتوان از این اطلاعات در طراحی یک برنامه به‌نژادی مناسب برای بهبود عملکرد در جمعیت مورد مطالعه استفاده شود.

جدول ۳ آزمون‌های مقیاس و جدول ۴ میانگین نسل، اثرات ژنی افزایشی، غالبیت و اپیستازی را برای عملکرد و اجزای عملکرد نشان می‌دهد. آزمون‌های مقیاس A، B و C با استفاده از آزمون t-student انجام شد. نتایج نشان داد که هیچ کدام از آزمون‌های مقیاس برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار نشد، بنابراین مدل ساده افزایشی و غالبیت برای توجیه تغییرات و تنوع در این صفات کفایت می‌کند. برای صفات عملکرد با خوشه و عملکرد بدون خوشه، کفایت مدل ساده افزایشی و غالبیت بررسی و آزمون شد. باید توجه داشت که اصولاً در مطالعات ژنتیک کمی، نتایجی که از آزمایش بدست می‌آید فقط مربوط به جمعیت مورد مطالعه و شرایطی است (از جمله عوامل و شرایط محیطی) که آزمایش انجام شده است.

عملکرد یکی از صفات مهم اقتصادی در همه گیاهان است که محصول برهمکنش تعدادی از صفات مرتبط و همبسته با هم است. عملکرد بوته گوجه‌فرنگی بیشتر تحت تاثیر وزن میوه و تعداد میوه در خوشه قرار دارد. از طرف دیگر، این صفات خود توسط تعداد زیادی عامل محیطی و ژنتیکی تحت تاثیر قرار می‌گیرند (Singh & Singh, 1985; Dhaliwal & Nnandpuri, 1988; Henareh *et al.*, 1989; Zdravković *et al.*, 1998; *al.*, 2018). میزان موفقیت یک برنامه به‌نژادی برای بهبود عملکرد بستگی به میزان اطلاعات ژنتیکی عملکرد و صفات مرتبط با آن در جمعیت مورد مطالعه دارد. در این تحقیق از روش تجزیه میانگین نسل‌ها برای به‌دست آوردن اطلاعات ژنتیکی در مورد عملکرد و برخی از صفات مرتبط با آن استفاده شد تا اطلاعاتی در مورد نحوه کنترل ژنتیکی این صفات از جمله اندازه و ماهیت اثرات مختلف ژنی، سهم اجزای قابل تثبیت و غیر قابل تثبیت و به دنبال آن نوع عمل ژن‌ها و وراثت‌پذیری

جدول ۳. آزمون‌های مقیاس برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی.  
Table 3. Individual scaling tests ( $\pm$ SE) for yield and yield component of tomato.

Traits	Scaling Test		
	A	B	C
Fruit weight with truss (g)	-0.1 $\pm$ 0.63 <sup>ns</sup>	-0.4 $\pm$ 0.5 <sup>ns</sup>	1.18 $\pm$ 0.1 <sup>ns</sup>
Fruit weight without truss (g)	0.1 $\pm$ 1.46 <sup>ns</sup>	-0.8 $\pm$ 1.27 <sup>ns</sup>	-0.1 $\pm$ 2.72 <sup>ns</sup>
Number of fruits per truss (n)	0 <sup>ns</sup>	-0.2 $\pm$ 0.34 <sup>ns</sup>	-0.4 $\pm$ 0.95 <sup>ns</sup>
Number of flowers per truss (n)	-0.78 $\pm$ 3.62 <sup>ns</sup>	-4.3 $\pm$ 7.76 <sup>ns</sup>	-3.81 $\pm$ 11.79 <sup>ns</sup>
Mean fruit weight (g)	0.1 $\pm$ 0.56 <sup>ns</sup>	0.6 $\pm$ 0.62 <sup>ns</sup>	-0.1 $\pm$ 1.1 <sup>ns</sup>
Yield with truss (g)	0.4 $\pm$ 1.11 <sup>ns</sup>	-0.8 $\pm$ 1.3 <sup>ns</sup>	0.6 $\pm$ 2.04 <sup>ns</sup>
Yield without truss (g)	0.2 $\pm$ 1.13 <sup>ns</sup>	-0.7 $\pm$ 1.39 <sup>ns</sup>	0.3 $\pm$ 2.08 <sup>ns</sup>

جدول ۴. برآورد اثرات ژنتیکی عملکرد، اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی با استفاده از مدل ۶ پارامتری.  
Table 4. Gene effects estimated from six parameter model for yield and yield component of tomato.

Traits	m	[d]	[h]	[i]	[j]	[l]	$\chi^2$
	SE <sub>m</sub>	SE <sub>d</sub>	SE <sub>h</sub>	SE <sub>i</sub>	SE <sub>j</sub>	SE <sub>l</sub>	
Fruit weight with truss (g)	1.21**	0.14 <sup>ns</sup>	0.91*	0.42 <sup>ns</sup>	-0.21 <sup>ns</sup>	-0.86 <sup>ns</sup>	0.49 <sup>ns</sup>
Fruit weight without truss (g)	0.3	0.12	0.42	0.35	0.16	0.73	1.19 <sup>ns</sup>
Number of fruits per truss (n)	0.07	0.32	0.99	0.9	0.39	1.81	1.73 <sup>ns</sup>
Number of flowers per truss (n)	0.33**	0.09 <sup>ns</sup>	0.67*	0.48 <sup>ns</sup>	-0.09 <sup>ns</sup>	-0.74 <sup>ns</sup>	0.59 <sup>ns</sup>
Mean fruit weight (g)	8.25**	-1.26 <sup>ns</sup>	1.67 <sup>ns</sup>	1.01 <sup>ns</sup>	-1.63 <sup>ns</sup>	-5.84 <sup>ns</sup>	0.45 <sup>ns</sup>
Yield with truss (g)	0.27	0.89	3.79	2.86	1.45	6.5	0.99 <sup>ns</sup>
Yield without truss (g)	1.84**	0.02 <sup>ns</sup>	1.1**	0.35 <sup>ns</sup>	-0.34**	-1.09*	0.29 <sup>ns</sup>
	0.02	0.07	0.31	0.22	0.12	0.54	
	1.61**	0.48**	1.73*	0.67 <sup>ns</sup>	<sup>ns</sup> 0.01	<sup>ns</sup> 0.88	
	0.05	0.18	0.68	0.55	0.24	0.44	
	1.59**	0.5**	1.74*	0.65 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	-0.87 <sup>ns</sup>	
	0.05	0.18	0.69	0.56	0.24	1.18	

پارامترهای ژنتیکی: [m]= اثر میانگین، [d]= اثر افزایشی، [h]= اثر غالبیت، [i]= اثر افزایشی  $\times$  افزایشی، [j]= اثر افزایشی  $\times$  غالبیت، [l]= اثر غالبیت  $\times$  غالبیت. \*، \*\* و ns: به ترتیب نشاندهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی دار.

Genetic parameters where [m]= mean effect, [d]= additive, [h]= dominance, [i]= additive  $\times$  additive, [j]= additive  $\times$  dominance, [l]= dominance  $\times$  dominance. \*, \*\*, ns: Significant difference at 5%, 1% probability level and nonsignificant difference, respectively.

معنی‌داری اثرات ژنتیکی با استفاده از آزمون t- student و کفایت مدل برای مدل‌های ژنتیکی دو، سه، چهار، پنج و شش پارامتری با استفاده از آزمون کای اسکور برای این صفات انجام شد. نتایج نشان داد که مدل ساده سه پارامتری افزایشی و غالبیت شامل [m]، [d] و [h] بهترین توجیه کننده تغییرات و تنوع صفات عملکرد با خوشه و عملکرد بدون خوشه بوده و معنی‌دار نشدن آزمون کای اسکور برآورد شده برای این دو صفت نشان‌دهنده کفایت مدل سه پارامتری فوق برای توجیه تغییرات این صفات می‌باشد. برای صفت تعداد میوه در خوشه، وزن میوه یک خوشه با خوشه و وزن میوه یک خوشه بدون خوشه مدل دو پارامتری m و [h] توجیه‌کننده تغییرات و تنوع موجود در این صفات بود. کای اسکور برآورد شده نیز غیر معنی‌دار بوده و نشان‌دهنده کفایت مدل دو پارامتری m [h] برای این صفات می‌باشد. هیچکدام از اثرات ژنی صفت تعداد گل در خوشه معنی‌دار نشد. دلیل معنی‌دار نشدن پارامترهای ژنتیکی این بود که مطابق با جدول تجزیه واریانس، تنوع ژنتیکی

بنابراین، بررسی کفایت مدل افزایشی و غالبیت نشان‌دهنده نبود اثرات اپیستازی، پیوستگی ژنی و یا اثرات مادری و سایر عوامل نیست، بلکه فقط می‌توان گفت که شواهدی مبنی بر وجود این اثرات در این آزمایش پیدا نشد، به عبارت دیگر ممکن است اثرات پیچیده‌ای وجود داشته باشد ولی به دلایل مختلف از جمله کوچک بودن آزمایش و یا قدرتمند نبودن آن شناسایی نشده باشند (Kearsey & Pooni, 2004)، که اگرچه هیچ‌کدام از آزمون‌های مقیاس معنی‌دار نشدند و در حقیقت اثرات اپیستازی برای هیچیک از صفات معنی‌دار نبود، اما چون هر یک از این آزمون‌ها جنبه‌های مختلفی از اپیستازی را بررسی و آزمون می‌کنند، به این دلیل در برآورد پارامترهای ژنتیکی، علاوه بر اثرات اصلی افزایشی و غالبیت، اثرات متقابل و اپیستازی بین مکانی نیز برآورد و آزمون شد تا نتیجه قطعی‌تری در مورد وجود یا عدم وجود اثرات اپیستازی کنترل‌کننده هر یک از صفات مورد مطالعه به دست آید.

بین یک و صفر قرار داشت که به ترتیب نشانگر وجود فوق غالبیت و غالبیت ناقص برای این صفات می‌باشد. وراثت‌پذیری عمومی صفت تعداد گل در خوشه با  $0.51$  کمترین و صفت وزن میوه یک خوشه بدون خوشه با  $0.77$  بالاترین بود. وراثت‌پذیری خصوصی  $0.44$  مربوط به صفت تعداد میوه در خوشه و  $0.2$  برای صفت وزن میوه یک خوشه بدون خوشه محاسبه شد. مثبت‌بودن علامت اثر افزایشی و غالبیت برای صفات تعداد گل در خوشه و وزن میوه یک خوشه بدون خوشه نشان‌دهنده تجمع آل‌های افزایشنده در والد  $P_1$  و وجود غالبیت همسو بین مکان‌های ژنی است. بنابراین ارزش میانگین والد  $P_1$  بالاتر از والد  $P_2$  و ارزش  $F_1$  بالاتر از والدین بود. از طرف دیگر، وراثت‌پذیری عمومی برای این دو صفت متوسط ( $0.55$  و  $0.57$ ) بود که نشان‌دهنده نقش نسبتاً یکسان عوامل غیرژنتیکی و اختصاصاً محیط در مقابل عوامل ژنتیکی بر این صفات و پیچیده بودن توارث آنها است. همچنین صفر بودن وراثت‌پذیری خصوصی بیانگر نقش غالب واریانس غیرافزایشی در این صفات است. در صفاتی که هم‌زمان اثرات افزایشی و غالبیت نقش دارند، استفاده از تلاقی‌های دو والدی و گزینش‌های دوره‌ای برگشتی برای ترکیب بعدی الل‌ها و ایجاد نو ترکیب‌های مطلوب می‌تواند استفاده شود، این روش ممکن است نسبت به روش سنتی گزینش توده‌ای برای تثبیت و افزایش فراوانی ژن‌های چند اثره (pleiotropic) و همچنین بلوک‌های کروموزومی ژن‌های پیوسته مطلوب در لاین‌های برتر موثرتر باشد (Comstock et al., 1949).

معنی‌داری بین نسل‌های مورد مطالعه در این تحقیق از نظر تعداد گل وجود نداشت و در حقیقت تفاوت‌های جزئی بین میانگین تعداد گل در نسل‌های مختلف فقط به خاطر اثرات محیطی بود. مدل چهار پارامتری [1] [2] [h] [m] توجیه‌کننده تغییرات برای صفات میانگین وزن تک میوه بود. به طوری که اثر ژنی غالبیت [h] برای این صفات مثبت و معنی‌دار و اثر غیر الی افزایشی «غالبیت [z] منفی و معنی‌دار شد. علامت اثر غالبیت» غالبیت [1] برای صفت میانگین وزن تک میوه مخالف با علامت اثر غالبیت [h] بود که نشانگر وجود اپیستازی دوگانه برای این صفت است. کای اسکوتر برآورد شده برای این صفت غیر معنی‌دار شد که نشان‌دهنده کفایت مدل چهار پارامتری برای توجیه تغییرات در این صفت بود.

اجزای تنوع برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد در جدول ۵ آمده است. واریانس افزایشی برای صفات عملکرد با خوشه و عملکرد بدون خوشه صفر برآورد شد. ارزش واریانس غالبیت برای صفات وزن میوه یک خوشه با خوشه، وزن میوه یک خوشه بدون خوشه، تعداد گل در خوشه، عملکرد با خوشه و عملکرد بدون خوشه بالاتر از ارزش واریانس افزایشی بود و فقط برای صفت تعداد میوه در خوشه سهم واریانس افزایشی بیشتر از واریانس غالبیت بود. برای صفات عملکرد با خوشه و عملکرد بدون خوشه سهم واریانس افزایشی صفر و واریانس غالبیت بالا بود به همین دلیل متوسط درجه غالبیت برای این صفات گزارش نشد. متوسط درجه غالبیت برای صفت تعداد گل در خوشه، وزن میوه یک خوشه با خوشه و وزن میوه یک خوشه بدون خوشه بالاتر از یک و برای صفت تعداد میوه در خوشه

جدول ۵. برآورد اجزای واریانس ژنتیکی و درجه غالبیت صفات عملکرد، اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی.

Table 5. Estimation of genetic variance component and degree of dominance for yield and yield component of tomato.

Character	Variance component						
	$h_n^2$	$h_b^2$	( $\sqrt{VH/D}$ )	(h/d)	VE	VH	VD
Fruit weight with truss (g)	0.25	0.74	1.41	6.5	0.02	0.04	0.02
Fruit weight without truss (g)	0.02	0.77	5.65	5.36	0.1	0.32	0.01
Number of fruits per truss (n)	0.44	0.62	0.7	7.44	0.02	0.01	0.02
Number of flowers per truss (n)	0.13	0.51	1.71	1.32	3.5	2.69	0.91
Mean fruit weight (g)	0.15	0.24	1	55	0.05	0.01	0.01
Yield with truss (g)	0	0.55	-	3.6	0.12	0.15	0
Yield without truss (g)	0	0.57	-	3.48	0.12	0.16	0

(a)  $VD$  = واریانس ژنتیکی افزایشی،  $VH$  = واریانس ژنتیکی غالبیت،  $VE$  = واریانس محیطی،  $h/d$  = نسبت غالبیت،  $\sqrt{VH/D}$  = متوسط درجه غالبیت،  $h_b^2$  = وراثت‌پذیری عمومی،  $h_n^2$  = وراثت‌پذیری خصوصی.

a)  $VD$  = additive genetic variance,  $VH$  = dominance variance,  $VE$  = environmental component of variance,  $h/d$  = potency ratio,  $\sqrt{VH/D}$  = average degree of dominance,  $h_b^2$  = broad-sense heritability,  $h_n^2$  = narrow-sense heritability.

طرف دیگر بالا بودن وراثت‌پذیری عمومی (درجه تبیین ژنتیکی) نشان‌دهنده سهم بیشتر فاکتورهای ژنتیکی نسبت به عوامل محیطی در بروز این صفت است (Kearsey & Pooni, 2004). گزینش ساده و یا روش به‌نژادی شجره‌ای برای کنترل اثرات افزایشی ژن کافی می‌باشد ولی در حضور اثر غالبیت باید گزینش را تا نسل‌های بعدی به تعویق انداخت تا بتوان بعد از انجام تلاقی‌های موثر گزینش را انجام داد. به‌نژادی بر پایه هتروزیس برای کنترل و استفاده از اثر ژنی غالبیت بسیار موثر است. در مطالعه Gosh *et al.* (2010) وراثت‌پذیری عمومی صفت تعداد میوه در خوشه ۶۱/۸ درصد گزارش شد که با گزارش اندازه‌گیری ما برای این صفت تقریباً یکسان است. Chi (2017) نیز وراثت‌پذیری خصوصی را برای صفت تعداد میوه در خوشه ۰/۶۲ گزارش کرد. EbenzerBabuRajan *et al.* (2019) نیز نقش اپیستازی در بروز صفت تعداد میوه را گزارش کردند. درحالی‌که مطالعات دیگر اهمیت اثر افزایشی در کنترل این صفت را گزارش کردند (Sonone *et al.*, 1986; Zdravkovic *et al.*, 2011; Hanson *et al.*, 1998). نیز گزارش کردند مدل ساده افزایشی و غالبیت توجیه‌کننده تغییرات برای صفت تعداد میوه در خوشه است.

گرایش به استفاده از ارقام خوشه‌ای گوجه‌فرنگی در دهه اخیر افزایش یافته به طوری که ۶۶ درصد ارقام موجود خوشه‌ای و ۳۳ درصد ارقام Beef بودند (Jones, 2016). بنابراین وزن میوه‌های یک خوشه در این آزمایش به دو صورت همراه با خوشه و بدون خوشه اندازه‌گیری شد. برای دو صفت وزن میوه یک خوشه با خوشه و وزن میوه یک خوشه بدون خوشه کای‌اسکور برآورد شده و آزمون‌های مقیاس نشان‌دهنده کفایت مدل دو پارامتری  $m[h]$  برای توجیه تغییرات و تنوع در هر دو صفت بود. بنابراین، اثر غالبیت نقش عمده در کنترل تغییرات این دو صفت داشت. بیشتر بودن واریانس غالبیت نسبت به واریانس افزایشی و همچنین پایین بودن وراثت‌پذیری خصوصی نیز بیانگر سهم بیشتر اثرات غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات می‌باشد. به‌طوری‌که متوسط درجه غالبیت برای این صفات در این مرحله از

نقش غالب اثر افزایشی در کنترل صفت عملکرد بوته در مطالعات برخی محققین نیز گزارش شده است (Christakis & Fasoulas, 2001; Salecmet *et al.*, 2009). Chandrasekhar & Rao (1989) نیز نقش غالب اثر غالبیت را در کنترل عملکرد گزارش کردند. در مقابل حضور اپیستازی دوگانه در کنترل ژنتیکی عملکرد میوه گوجه‌فرنگی نیز گزارش شده است (Zdravkovic *et al.*, 2011).

معنی‌دار نشدن هیچ‌کدام از اثرات ژنی برای صفت تعداد گل در خوشه احتمالاً نشان‌دهنده کوچک بودن اثر ژن‌های کنترل‌کننده این صفات و در نتیجه پوشیده شدن اثر آنها به‌دلیل نقش قابل توجه عوامل محیطی و نیز خطاهای آزمایشی می‌باشد (Chi, 2017; Nezami *et al.*, 2022). نتایج این تحقیق برای صفت تعداد گل در هر خوشه در تطابق با نتایج Chi (2017) بود که در مطالعه او نیز هیچ یک از اثرات ژنی برای این صفت معنی‌دار نشد. از طرف دیگر، وراثت‌پذیری عمومی به مقدار ۰/۵۱ برآورد شده برای این صفات نشان‌دهنده نقش عوامل ژنتیکی در کنترل آنها و امکان به‌نژادی این صفات می‌باشد. وراثت‌پذیری عمومی صفت تعداد گل در خوشه برای گوجه‌فرنگی در مطالعه Ghosh *et al.* (2010) ۴۷/۸۳ درصد گزارش شد که نشان می‌دهد نتایج این تحقیق در تطابق با نتایج آنها قرار دارد. وراثت‌پذیری خصوصی پایین (۰/۱۳) و متوسط درجه غالبیت بالا (۱/۷۴) نشان‌دهنده نقش مهم غالبیت برای صفت تعداد گل در خوشه می‌باشد. بنابراین گزینش در نسل‌های اولیه برای این صفت موثر نخواهد بود و می‌تواند روش‌های به‌نژادی مبتنی بر تولید هیبرید برای بهره‌برداری از هتروزیس مورد استفاده قرار گیرد. این نتایج در تطابق با نتایج Chi (2017) می‌باشد.

برای صفت تعداد میوه در خوشه کای‌اسکور برآورد شده بیانگر کفایت مدل دو پارامتری  $m[h]$  بود که نشان‌دهنده نقش مهم اثر غالبیت برای این صفات می‌باشد. مثبت بودن علامت اثر غالبیت نشان‌دهنده تجمع غالبیت همسوی الل‌های افزایشی می‌باشد. البته با توجه به بالا بودن واریانس افزایشی برای این صفات می‌توان گفت که غیر معنی‌دار شدن اثر افزایشی ممکن است به خاطر پراکندگی الل‌های افزایشی در والدها بوده باشد. از



نقش فاکتورهای محیطی در کنترل این صفت می‌باشد. بنابراین بهتر است گزینش مستقیم برای این صفت در نسل‌های اولیه صورت نگیرد و در نسل‌های بعد با انجام تلاقی‌های مناسب از روش تولید هیبرید برای به‌نژادی این صفت استفاده شود. نتایج مطالعه دیگر نشان داد که اثرات اپیستازی افزایشی در افزایشی [i] و غالبیت در غالبیت [l] برای این صفت معنی‌دار بودند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت (Ebenezer BabuRajan *et al.*, 2019).

### نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق فقط برای صفت متوسط وزن میوه، اثرات ساده افزایشی- غالبیت نتوانست تغییرات صفت در جمعیت مورد مطالعه را توجیه کند و مدل شامل اثر غالبیت به همراه اثرات اپیستازی افزایشی- افزایشی و غالبیت- غالبیت بهترین مدل توجیه‌کننده تغییرات این صفت بود، اما برای سایر صفات، اثرات ساده افزایشی- غالبیت بهترین مدل توصیف‌کننده تنوع آنها در نسل‌های مطالعه شده بود. بنابراین با توجه به نتایج فوق می‌توان نتیجه گرفت که برای صفت عملکرد و اجزای عملکرد گزینش مستقیم مناسب نبوده و گزینش دوره‌ای برای افزایش شانس ترکیب شدن ژن‌های مؤثر در کنترل این صفات توصیه می‌گردد.

### سپاسگزاری

از حمایت‌های پروفیسور حسن ابراهیم‌زاده معبود در انجام این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌گردد.

اندازه‌گیری بیشتر از یک محاسبه شد. از طرف دیگر، بالا بودن وراثت‌پذیری عمومی (به ترتیب ۷۴ و ۷۷ درصد) موید قابل اصلاح بودن این صفات بود. با توجه به اثرات ژنتیکی و واریانس‌های بدست آمده می‌توان گفت که بالا بودن وراثت‌پذیری عمومی و پایین بودن وراثت‌پذیری خصوصی بیانگر تاثیر فاکتورهای غیر افزایشی در بروز این صفات می‌باشد. بنابراین بهتر است گزینش بر اساس آزمون نتایج صورت گرفته و یا تا نسل‌های بعدی به تاخیر افتاده و سپس با انجام تلاقی‌های هدف دار اقدام به گزینش و به‌نژادی صفت گردد.

برای صفت میانگین وزن میوه، کای اسکور برآورد شده بیانگر کفایت مدل چهار پارامتری [l][h][j][m] برای این صفت بود (جدول ۴). نتایج آزمون t-student برای این صفت نیز نشان داد که اثر غالبیت [h] برای این صفت مثبت و معنی‌دار بود. مثبت بودن علامت اثر غالبیت نشان‌دهنده غالبیت هم‌سوی ال‌های افزایشی غالب در مکان‌های ژنی است. علامت اثر غالبیت تحت تاثیر ارتباط بین میانگین  $F_1$  و والدین قرار دارد و نشان می‌دهد که غالبیت در کدام والد وجود دارد (Cukadar-Olmedo & Miller, 1997). اثر اپیستازی افزایشی × غالبیت [j] منفی و معنی‌دار و اندازه آن کم‌تر از اثر غالبیت بود. اثر متقابل غالبیت × غالبیت [l] نیز منفی و معنی‌دار شد که نشان‌دهنده وجود اپیستازی دوگانه برای این صفت می‌باشد. این نتایج نشان‌دهنده نقش بالای فاکتورهای غیر قابل تثبیت در کنترل این صفت می‌باشد. از طرف دیگر پایین بودن وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی نیز بیانگر

### REFERENCES

- Amin, I. (2013). Genetics behavior of some agronomic traits in two durum wheat crosses under heat stress. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 58(1), 53-66.
- Bhatt, R., Biswas, V., & Kumar, N. (2001). Heterosis, combining ability and genetics for vitamin C, total soluble solids and yield in tomato (*Lycopersicon esculentum*) at 1700 m altitude. *The Journal of Agricultural Science*, 137(1), 71-75.
- Chandrasekhar, P., & Rao, M. P. (1989). Studies on combining ability of certain characters in tomato. *South India Horticulture*, 37, 10-12.
- Checa, O., Ceballos, H., & Blair, M. W. (2006). Generation means analysis of climbing ability in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Heredity*, 97(5), 456-465.
- Chi, N. N. (2017). Genetic analysis and heritability estimates for heat-tolerance traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Master's thesis, Texas A & M University, USA. Available electronically from <https://hdl.handle.net/1969.1/173088>.
- Christakis, P., & Fasoulas, A. (2001). The recovery of recombinant inbreds outyielding the hybrid in tomato. *The Journal of Agricultural Science*, 137(2), 179-183.
- Comstock, R. E., Robinson, H. F., & Harvey, P. H. (1949). A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability 1. *Agronomy Journal*, 41(8), 360-367.

8. Cukadar-Olmedo, B., & Miller, J. F. (1997). Inheritance of the stay-green trait in sunflowers. *Crop Science*, 37(1), 150-153.
9. Dhaliwal, M., & Nandpuri, K. (1988). Genetics of yield and its components in tomato. *Annals of Biology*, 4, 75-80.
10. Dvojkočić, K., Drezner, G., & Novoselović, D. (2010). Estimation of some genetic parameters through generation mean analysis in two winter wheat crosses. *Periodicumbiologorum*, 112(3), 247-251.
11. EbenzerBabuRajan, R., Praveen Sampath Kumar, C., Joshi, J.L., & Muraleedharan, A. (2019). Generation means analysis for yield and component traits in tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Plant Archives*. 19, 448-451.
12. Foolad, M. (1996). Genetic analysis of salt tolerance during vegetative growth in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Plant Breeding*, 115(4), 245-250.
13. Foolad, M. R., & Lin, G. (2001). Genetic analysis of cold tolerance during vegetative growth in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Euphytica*, 122(1), 105-111.
14. Ghosh, K., Islam, A., Mian, M., & Hossain, M. (2010). Variability and character association in F2 segregating population of different commercial hybrids of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 14(2), 1-12.
15. Hanson, P. M., Chen, J.t., & Kuo, G. (2002). Gene action and heritability of high-temperature fruit set in tomato line CL5915. *Hort Science*, 37(1), 172-175.
16. Hayman, B. (1958). The separation of epistasis from additive and dominance variation in generation means. *Heredity*, 12, 371-391.
17. Hayman, B. (1960). The separation of epistatic from additive and dominance variation in generation means. II. *Genetica*, 31, 133-146.
18. Henareh, M., Abdollahi mandoulakani, Babak, & Dursun, A. (2018). Association analysis of morphological traits in tomatoes using ISSR markers. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 49(1), 171-181.
19. Heuvelink, E. (2018). *Tomatoes* (Vol. 27): CABI.
20. Iqbal, M. Z., & Nadeem, M. A. (2003). Generation means analysis for seed cotton yield and number of sympodial branches per plant in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 2(4), 395-399.
21. Jinks, J., & Jones, R. M. (1958). Estimation of the components of heterosis. *Genetics*, 43(2), 223.
22. Jones Jr, J. B. (2016). *Hydroponics: a practical guide for the soilless grower*: CRC press.
23. Kearsey, M. J., & Pooni, H. S. (2004). *The Genetical Analysis of Quantitative Traits*. Chapman and Hall, London.
24. Mather, K. (1949). *Biometrical genetics* (Methuen and Co. Ltd., London), 162.
25. Mather, K., & Jinks, J. (1971). *Biometrical Genetics*. 2nd edn Chapman and Hall Ltd. New Fetter Lane, London,
26. Mather, K., & Jinks, J. (1982). *Introduction to Biometrical Genetics*. 3rd edition. In: Chapman and Hall Ltd., London.
27. Nezami, S., Nemati, S.H., Aroiee, H., & Kafi, M. 2022. Half diallel analysis of related traits to yield and fruit quality in tomato lines. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 52(4), 1011-1025.
28. Pooni, H., & Treharne, A. (1994). The role of epistasis and background genotype in the expression of heterosis. *Heredity*, 72(6), 628-635.
29. Saleem, M. Y., Asghar, M., Haq, M. A., Rafique, T., Kamran, A., & Khan, A. A. (2009). Genetic analysis to identify suitable parents for hybrid seed production in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Pakistan Journal of Botany*, 41(3), 1107-1116.
30. Sharmila, V., Ganesh, S. K., & Gunasekaran, M. (2007). Generation mean analysis for quantitative traits in sesame (*Sesamum indicum* L.) crosses. *Genetics and Molecular Biology*, 30(1), 80-84.
31. Singh, R., & Chaudhary, B. (1985). *Biometrical methods in quantitative genetic analysis*. Kalyani Publishers. Ludhiana, India.
32. Singh, R., & Singh, S. (1985). Detection and estimation of components of genetic variation for some metric traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Theoretical and Applied Genetics*, 70(1), 80-84.
33. Singh, U., Tanki, I., & Singh, R. (1988). Studies on order effect and epistatic components for yield in double-cross hybrids of tomato. *Genetica Iberica*, 40(3-4), 147-155.
34. Sonone, A., Yadav, M., & Thombre, M. (1986). Combining ability for yield and its components in tomato. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities* (India), 11, 288-290.
35. Van Der Veen, J. (1959). Tests of non-allelic interaction and linkage for quantitative characters in generations derived from two diploid pure lines. *Genetica*, 30(1), 201-232.
36. Zdravkovic, J., Markovic, Z., Zdravkovic, M., Sretenovic-Rajicic, T., & Kraljevic-Balali, M. (1998). Gene effects on the number of fruits per flower branch in tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *VI International Symposium on Processing Tomato & Workshop on Irrigation & Fertigation of Processing Tomato*. 487, 361-366.
37. Zdravkovic, J., Pavlovic, N., Girek, Z., Brdar-Jokanovic, M., Savic, D., Zdravkovic, M., & Cvikic, D. (2011). Generation means analysis of yield components and yield in tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Pakistan Journal of Botany*, 43(3), 1575-1580.