

برآورد عمل ژن و پارامترهای ژنتیکی صفات مورفولوژیک در جمعیت‌های F₁، F₂ و F₃ گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculantum* L.)

جاوید رحیمی^۱، فاطمه امینی^{۲*}، حسین رامشینی^۳، ماهیار عابدی^۴ و محمود لطفی^۵

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم زراعی و اصلاح‌نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت
- ۲- استادیار، گروه علوم زراعی و اصلاح‌نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت
- ۳- دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح‌نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت
- ۴- مربی، بخش تحقیقات سبزی، صیفی و حبوبات آبی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
- ۵- دانشیار، گروه باغبانی، دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۴)

چکیده

گوجه‌فرنگی مهم‌ترین محصول در بین سبزیجات، بعد از سیب‌زمینی می‌باشد و ایران رتبه ششم جهانی سطح زیرکشت آن را به خود اختصاص داده است. متأسفانه هر ساله بیش از ۹۵ درصد بذرهای هیبرید سبزیجات وارد می‌شود. مطالعه‌ی حاضر به منظور ارزیابی هیبریدهای وارداتی مرسوم (Matin، Eden، 8320 و Xaman) و نسل‌های F₂ و F₃ حاصل از خودگشتی آن‌ها صورت گرفت. در همین راستا پس از تولید نسل‌های F₂ و F₃ سه نسل (F₁، F₂ و F₃) در کنار هم همراه با شاهد (Early Orban y طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار کشت شدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای صفات عملکرد تک‌بوته، روز تا گلدهی، متوسط وزن تک‌میوه، میوه‌های برداشت شده، اسیدیته (pH)، در سطح احتمال یک درصد و مواد جامد محلول (TSS) در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد تک‌بوته برای F₁ 8320 (۱۰۹۲۰/۱۰ گرم)، بالاترین تعداد روز تا گلدهی در Xaman F₂ (۴۷/۰۱ روز)، بالاترین متوسط وزن تک‌میوه در Xaman F₁ (۱۱۵/۵۰ گرم)، بیشترین تعداد میوه‌های برداشت شده در Xaman F₁ (۱۰۶/۶۲)، کمترین مقدار اسیدیته (pH) در F₁ 8320 (۴/۱۰) و بیشترین مقدار مواد جامد محلول را در نسل Matin F₃ (۴/۹۶) مشاهده شد. نتایج حاصل از برآورد پارامترهای ژنتیکی نشان داد اکثر صفات ارزیابی شده از واریانس ژنتیکی و فنوتیپی بالایی برخوردار بودند اما اختلاف جزئی بین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی مشاهده شد که بیانگر تأثیر اندک محیط بر کنترل این صفات می‌باشد. بزرگ بودن واریانس غالبیت نسبت به واریانس افزایشی در اکثر صفات باعث شد درجه غالبیت بزرگ‌تر از یک به‌دست آید؛ بنابراین احتمال کنترل صفات توسط ژن‌های با اثرات غالبیت یا فوق‌غالبیت بالا می‌باشد و جهت بهبود این صفات باید از روش‌های مبتنی بر تولید لاین، دورگ‌گیری و استفاده از هتروزیس استفاده نمود.

واژگان کلیدی: گوجه‌فرنگی، نسل‌های در حال تفرق، واریانس ژنتیکی

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: aminif@ut.ac.ir

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) بعد از سیب‌زمینی، دومین محصول بین سبزیجات بوده و بیشترین سطح زیر کشت را در جهان به خود اختصاص داده است. این گیاه از خانواده سولاناسه و یک گونه دیپلوئید ($2n = 2x = 24$) است. بر اساس آمارنامه FAO در سال ۲۰۱۸، سطح زیرکشت این محصول در ایران حدود ۱۵۸ هزار هکتار با تولید معادل ۶۶ میلیون تن، با متوسط عملکرد ۴۱/۳ تن در هکتار برآورد شده است. این آمار بیان می‌کند که ایران بعد از کشورهایی همچون آمریکا و چین در رتبه ششم تولید این محصول جای گرفته است. گوجه‌فرنگی یکی از محصولات جالیزی مهمی است که با نیاز بالای آبی بیش از ۶ هزار مترمکعب در هر هکتار در اکثر مناطق به‌جز مناطق بسیار سرد کشت می‌گردد (Xiukang and Yingying, 2016). رسیدن به حداکثر تولید کمی و کیفی در منطقه کشت شده از جمله اهداف اصلی این محصول بوده است. برای نیل به این هدف تولید بذور هیبرید و استفاده از پدیده هتروزیس یکی از گام‌های اساسی و ضروری می‌باشد. به‌نظر می‌رسد عملکرد کم در واحد سطح در ارقام بومی و نیاز بالای ارقام داخلی به آبیاری بالا، حساس بودن این ارقام به آفات و بیماری‌ها (Hajiahmadi et al., 2018)، مهم‌ترین مشکل تولید گوجه‌فرنگی در ایران باشد. برای رفع مشکلات مذکور و خودکفایی در تولید بذور گوجه‌فرنگی و ارزآوری در داخل کشور نیاز است بذور هیبرید و اصلاح شده مقاوم به تنش‌های زیستی و غیرزیستی تولید شود. سالیانه بیش از ۹۰ درصد کل بذورهای اصلاح شده صیفی و سبزی از شرکت‌های خارجی وارد می‌شود. به‌دلیل صورت نگرستن آزمایش‌های ژنتیکی و بررسی تنوع آن‌ها نمی‌توان اطمینان حاصل کرد که این ارقام، ارقام هیبرید هستند یا خیر. به‌دلیل مشکلات ذکر شده هر سال کشاورزان برای خریدن بذور اصلاح شده مجبور به صرف هزینه‌های کلانی هستند. اطلاع از نحوه‌ی توارث و کنترل ژنتیکی صفات از اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌های به‌نژادی برخوردار است (Amiri et al., 2021)؛ زیرا پارامترهای ژنتیکی صفات و وراثت‌پذیری به‌دلیل اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تغییر می‌کنند. اطلاع از نوع عمل

ژن، واریانس افزایشی، غالبیت، درجه غالبیت و همچنین تعیین اپیستازی در تعیین روش به نژادی کمک می‌کند. همچنین برآورد واریانس افزایشی تأثیر مستقیم بر وراثت‌پذیری خصوصی دارد و با کمک وراثت‌پذیری خصوصی می‌توان لاین‌های برتر و بهتری را شناسایی کرد. در تحقیق هانان و همکاران (Hannan et al., 2007) بر روی ۴۵ هیبرید سینگل‌کراس گوجه‌فرنگی اختلافات معنی‌داری برای صفات عملکرد در واحد سطح، ارتفاع گیاه، تعداد روز تا گلدهی، تعداد گل در گل‌آذین، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد میوه در بوته و وزن میوه مشاهده شد.

مطالعه‌ای با هدف ارزیابی لاین‌های تجاری گوجه‌فرنگی برای صفات عملکرد میوه، تعداد برگچه‌های برگ و تعداد گل در خوشه بر روی ۲۵ ژنوتیپ انجام شد (Peixot et al., 2017). در این مطالعه صفات تعداد برگچه‌های برگ و تعداد گل در گل‌آذین همبستگی مثبت نشان دادند. علاوه‌بر این، افزایش تعداد میوه‌ها با وزن میوه همبستگی منفی نشان دادند.

در مطالعه راجان و همکاران (Rajan et al., 2018) تجزیه میانگین نسل‌ها برای هفت صفت کیفی میوه در ۵ نسل از تلاقی EC 461070 × MTM گوجه‌فرنگی انجام شد. در این پژوهش مشخص شد که صفات تعداد دانه در هر میوه، ضخامت گوشت، میزان ویتامین C، محتوای کاروتن، pH، آب گوجه‌فرنگی، درصد مواد جامد محلول، مقدار قند و ماندگاری با اپیستازی مضاعف و تعداد حفره در هر میوه به‌وسیله اثر متقابل اپیستازی کنترل می‌شود (Rajan et al., 2018).

تجزیه میانگین نسل برای هشت صفت در شش نسل از تلاقی EC - 461070 × MTM گوجه‌فرنگی محلی در مطالعه راجان و همکاران (Rajan et al., 2019) انجام شد و مشخص شد اثر ژن‌های فوق‌غالبیت (غالبیت و غالبیت × غالبیت) صفات وزن میوه بر روی بوته، تعداد روز تا اولین چین میوه، تعداد روز تا گلدهی، حجم بوته و تعداد شاخه در هر گیاه را کنترل می‌کنند. در مطالعه‌ای زدراوایک و همکاران (Zdravković et al., 2011) گزارش شد عملکرد گوجه‌فرنگی به دو عامل یعنی وزن میوه و تعداد میوه کوچک در هر گل‌آذین بستگی دارد.

۱۰۰ کیلوگرم در هکتار متناسب با آزمایش خاک صورت گرفت و خاک‌ورزی لازم انجام شد.

به‌منظور تهیه نشاء در تاریخ ۲۰ ماه اسفند سال ۱۳۹۷، ۸۰ نشاء F₁، ۲۰۰ نشاء F₂ و ۱۲۶ نشاء برای F₃ از هر ژنوتیپ 8320, Xaman, Matin و Eden کشت شد. از پیت‌ماس در بستر سینی نشاءها استفاده شد. آبیاری به‌طور مرتب در هرروز صورت می‌گرفت و در سه مرحله کود شیمیایی NPK کامل برای رشد بهتر با رعایت زمانی یک هفته، به نشاءها داده شد. نشاءها در زمان ۴-۵ برگی به زمین اصلی منتقل شدند. عملیات وجین در طول دوره رویشی بوته‌ها، ۲ بار با تراکتور باغی و ۲ بار به‌صورت دستی انجام شد. هفته‌های دوم و چهارم خاک‌دهی توسط تراکتور باغی به پای بوته‌ها انجام شد. کود هیومکس کامل ۴ لیتر در هکتار و کود ضد تنش سامانتین در دو آبیاری اول به گیاهچه‌ها داده شد. کود ۱۰-۵۲-۱۰ جهت رشد سریع ریشه ۱۰ کیلو در هکتار داده شد. برای تقویت رشد رویشی کود ۲۰ ۲۰ ۲۰ به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار و کود اوره ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با هیومکس تزریق شد. زمانی‌که بوته‌ها به اندازه‌ی کافی تاج خود را پر کرده و شروع به رفتن به فاز زایشی نمودند، کود نترات پتاسیم ۱۰ کیلوگرم در هکتار به سیستم آبیاری همراه آب، پای بوته‌ها داده شد و با حفظ فاصله زمانی مناسب در دو تکرار جهت پر کردن میوه‌ها کود سولوپتاس ۱۰ کیلوگرم در هکتار به زمین داده شد.

ارقام شاهد در یک نسل و ژنوتیپ‌های تجاری در سه نسل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار به‌مدت یک‌سال کشت شدند. هر کرت شامل یک ردیف ۲۳ متری و فاصله بین و روی ردیف به‌ترتیب ۱۸۰ و ۷۰ سانتی‌متر بود.

این دو عامل جزء صفات کمی هستند. اثرات افزایشی ژن و غالبیت، اثر متقابل ژن غیرآلی برای اجزای عملکرد و عملکرد شناسایی شده است. همچنین مشخص شد اپیستازی مضاعف برای صفات وزن و عملکرد میوه وجود داشته است؛ بنابراین، وزن میوه و تعداد میوه کوچک در هر گل‌آذین می‌تواند کارآمدترین راهکار برای افزایش توانایی عملکرد گوجه‌فرنگی باشد (Zdravković et al., 2011).

از آنجایی که کشور ایران خاستگاه این گیاه نیست و ارقام بومی از عملکرد مطلوبی برخوردار نیستند؛ بنابراین یکی از روش‌های به‌نژادی ایجاد جمعیت اینبرد لاین‌های برتر و تلاقی آن‌ها جهت تولید هیبریدهای مشابه ارقام هیبرید خارجی می‌باشد. این مطالعه با هدف تولید اینبرد لاین‌ها و اطلاع از چگونگی کنترل ژنتیکی صفات در نسل‌های مورد ارزیابی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق نسل‌های F₁، F₂ و F₃ ژنوتیپ‌های 8320, Xaman, Matin و Eden و ژنوتیپ Early Orbana Y (رقم رایج منطقه به‌عنوان شاهد) کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. شکل میوه و شرکت تولیدکننده بذر این هیبریدها در جدول ۱ ذکر شده است. جهت تولید بذرهای نسل F₂ بوته‌های نسل F₁ و برای تولید بذر نسل F₃ بوته‌های نسل F₂ در سال‌های قبل از طریق پاکت گذاری خودگشن شده بودند.

این پژوهش در سال زراعی ۹۷-۹۸ در قطعه زمینی با مساحت ۲۳۰۰ مترمربع در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. قطعه زمین مورد کشت قبل از اجرای طرح و کاشت نشاء به‌مدت یک‌سال تحت آیش بود. اضافه نمودن کودهای شیمیایی مانند اوره، سوپرفسفات تریپل و پتاسیم و سولفات پتاسیم از هرکدام

جدول ۱- برخی از مشخصات رقم‌های F₁ هیبریدهای تجاری مورد مطالعه

Table 1. Some characteristics of evaluated commercial F₁ hybrids

ژنوتیپ Genotype	شرکت اصلاح کننده Breeder company	شکل میوه Fruit shape
Matin36	Hoger	Blocky
8320	Seminis	Flat-round
Eden	Seminis	Blocky
Xaman	Seminis	Oval

صفات مورد ارزیابی در این مطالعه: مهم‌ترین صفات به نژادی گوجه‌فرنگی نظیر عملکرد در بوته، تعداد گل‌آذین بر روی ساقه اصلی، تعداد روز تا گلدهی، متوسط وزن تک‌میوه، تعداد میوه‌های برداشت شده، اسیدیته و مواد جامد محلول بر اساس دستورالعمل ملی آزمون‌های تمایز، یکنواختی و پایداری در گوجه‌فرنگی (UPOV, 2002) اندازه‌گیری شدند.

نحوه برآورد پارامترهای ژنتیکی: بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS، SPSS و Excel صورت گرفت. مقایسات میانگین به روش دانکن انجام شد. مقادیر واریانس ژنتیکی برای هر ژنوتیپ به روش امیدریاضی میانگین مربعات (Mather and Jinks, 2013; Farshadfar, 2008) محاسبه شد. علاوه بر این واریانس فنوتیپی از رابطه (۱)، درجه غالبیت از رابطه (۲)، وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی به ترتیب از رابطه (۳ و ۴)، ضریب تغییرات ژنتیکی از رابطه (۵)، ضریب تغییرات فنوتیپی از رابطه (۶)، واریانس افزایشی و واریانس غالبیت به روش دستگاه دو معادله دو مجهول (Mather and Jinks, 2013)، از رابطه (۷) محاسبه شدند.

$$\text{رابطه (۱)} \quad V_p = V_G + V_E + V_{GE}$$

$$\text{رابطه (۲)} \quad D = \sqrt{V_D / V_A}$$

$$\text{رابطه (۳)} \quad H^2_b = V_g / V_p$$

$$\text{رابطه (۴)} \quad H^2_n = V_A / V_p$$

$$\text{رابطه (۵)} \quad CV_g = \left(\frac{\sqrt{V_g}}{\text{AVERAGE}} \right) \times 100$$

$$\text{رابطه (۶)} \quad CV_p = \left(\frac{\sqrt{V_p}}{\text{AVERAGE}} \right) \times 100$$

$$\text{رابطه (۷)} \quad \sigma^2_g F_2 = 1/2A + 1/4D$$

در رابطه‌های بالا V_A ، V_D ، V_G ، V_E و V_P به ترتیب برابر واریانس افزایشی، واریانس غالبیت، واریانس ژنتیکی، واریانس محیطی و واریانس فنوتیپی می‌باشد (Mather and Jinks, 2013). قابل ذکر است در مطالعه حاضر واریانس‌هایی که منفی برآورد شدند از محاسبات حذف شدند.

نتایج و بحث

عملکرد تک‌بوته: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین نسل‌های ژنوتیپ‌ها و شاهد در صفت عملکرد تک‌بوته (گرم در بوته) در سطح ۱ درصد وجود دارد.

درحالی‌که اثر بلوک برای این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد (جدول ۳) نسل F_1 ژنوتیپ 8320 بالاترین عملکرد تک‌بوته (۱۰/۱۰۹۲۰ گرم) را به خود اختصاص داد و ژنوتیپ F_3 Xaman پایین‌ترین سطح عملکرد (۶۷۰/۴۴۰ کیلوگرم در بوته) را داشت. مقایسه واریانس‌ها در نسل‌های مختلف همه ژنوتیپ‌ها نشان داد که بیشترین تنوع در نسل F_2 مشاهده شد. تفرق صفات از نسل F_1 به F_2 به ترتیب در ژنوتیپ‌های 8320، Eden، Matin، Xaman برابر با ۷۱۳۵۱۹۸، ۶۸۶۶۴۲۳، ۵۴۹۱۶۴۳ و ۲۷۳۳۲۸۸ بود که نشان می‌دهد بیشترین تفرق صفات در ژنوتیپ 8320 وجود داشت. تفرق صفات از نسل F_2 به F_3 به ترتیب در ژنوتیپ‌های 8320، Eden، Matin، Xaman برابر با ۲۱۶۴۷۹۲، ۲۶۰۰۵۳۲، ۱۲۲۵۷۵۳ و ۲۴۸۵۳۶۹ بود که نشان می‌دهد بیشترین تفرق در ژنوتیپ Eden مشاهده شده است.

در مطالعه‌ای رهایی و همکاران (Rahaee et al., 2017) برای صفت عملکرد تک‌بوته گزارش کردند ژن‌هایی که اثرهای ایستازی غالبیت $\times$ غالبیت دارند نسبت به ژن‌های دیگر از اهمیت بیشتری برخوردارند. وجود تنوع زیاد بین نسل‌های در حال تفرق و F_1 بیانگر تفکیک متجاوز در نسل‌ها می‌باشد و با نتایج حاضر مطابقت دارد.

در مطالعه راجان و همکاران (Rajan et al., 2019) مشخص شد ژن‌هایی با اثرات فوق‌غالبیت عملکرد تک‌بوته را کنترل می‌کنند. همچنین بیشترین مقدار عملکرد در نسل F_1 و کمترین مقدار آن را در نسل F_2 مشاهده کردند و بیان کردند که اثرات فوق‌غالبیت و غالبیت در وراثت‌پذیری این صفت مشاهده می‌شود.

در تحقیق زدراکوویک و همکاران (Zdravković et al., 2011) عامل اصلی عملکرد گوجه‌فرنگی را دو صفت وزن میوه و تعداد میوه در گل‌آذین اعلام کردند. این صفات کمی هستند و بنابراین تحت تأثیر چندین ژن قرار دارند و گزارش نمودند اثرات ژن (ایستازی، افزایشی و غالبیت) در تعیین نحوه وراثت‌پذیری برای عملکرد نقش دارد. در این تحقیق اثر ایستازی باعث دو برابر شدن عملکرد میوه شد که نسبت به اثرات فوق‌غالبیت قابل توجه است. همچنین مشخص شد افزایش تعداد میوه در هر گل‌آذین می‌تواند کارآمدترین استراتژی برای افزایش توانایی عملکرد گوجه‌فرنگی باشد (Zdravković et al., 2011). در

۴ تا ۷ مقادیر پارامترهای ژنتیکی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی گزارش گردیده است. مقایسه واریانس‌ها در نسل‌های مختلف نشان داد به غیر از ژنوتیپ *Matin* بیشترین تنوع در نسل F_2 مشاهده می‌شود. تفرق صفات از نسل F_1 به F_2 به ترتیب در ژنوتیپ‌های 8320, *Eden*, *Matin* و *Xaman* برابر با ۱۶۱۱، ۱، ۱۹/۰۶ و ۱۹/۰۴ بود. تفرق صفات از نسل F_2 به F_3 به ترتیب در ژنوتیپ‌های 8320, *Eden*, *Matin* و *Xaman* برابر با ۵/۵۶، ۱/۱، ۶/۵۹ و ۱۰/۸ بود که نشان می‌دهد کمترین تفرق برای این صفت در ژنوتیپ *Eden* وجود داشت.

مطالعه حاضر در ژنوتیپ *Matin* مقدار واریانس غالبیت بیشتر از واریانس افزایشی می‌باشد با توجه به ضریب غالبیت بالاتر از یک احتمالاً عمل ژن‌ها از نوع فوق‌غالبیت می‌باشد.

تعداد روز تا گلدهی: نتایج نشان داد در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین تعداد روز تا گلدهی نشان داد بیشترین تعداد روز تا گلدهی در F_2 *Xaman* و F_3 *Eden* (۴۷/۰۱ و ۴۵/۹۳) و کمترین تعداد روز تا گلدهی در F_1 8320 (۳۹/۵۶) وجود دارد. طبق جداول

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در پنج ژنوتیپ گوجه‌فرنگی شامل رقم استاندارد و نسل‌های مختلف ارقام هیبرید *Matin*, 8320, *Eden* و *Xaman*

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares						
		عملکرد در بوته Single plant yield	تعداد گل‌آذین No. of inflorescences	روز تا گلدهی Days to flowering	متوسط وزن تک‌میوه Average single fruit weight	تعداد میوه‌های برداشت شده No. of harvested fruit	اسیدیته pH	مواد جامد محلول Soluble Solids components
بلوک Block	3	889675.40 ^{ns}	4.91 [*]	3.19 ^{ns}	17.47 ^{ns}	291.60 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.17 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	12	11534584.45 ^{**}	2.41 ^{ns}	19.67 ^{**}	328.53 ^{**}	1137.11 ^{**}	0.27 ^{**}	0.22 [*]
خطا Error	36	1427445.70	1.51	4.02	108.06	68	0.03	0.10
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		15.89	19.36	4.65	10.56	15.07	3.85	7.06

^{ns}, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده به روش دانکن در نسل‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف گوجه‌فرنگی
Table 3. Means comparison of evaluated traits based on Duncan method for different generations and genotypes of tomato

ژنوتیپ Genotype	عملکرد در بوته (گرم) Single plant Yield (g)	روز تا گلدهی Days to flowering	متوسط وزن تک‌میوه (گرم) Average single fruit weight (g)	تعداد میوه‌های برداشت شده No. of harvested fruit	اسیدیته pH	مواد جامد محلول Soluble Solids
8320 F_1	10920.10 ^a	39.56 ^c	95.91 ^{ac}	90.60 ^{ab}	4.10 ^e	4.78 ^a
<i>Eden</i> F_1	8620.90 ^{ad}	41.20 ^{bc}	111.64 ^{ab}	103.75 ^a	4.86 ^{ab}	4.46 ^b
<i>Matin</i> F_1	9539.5 ^{ab}	41.19 ^{bc}	107.96 ^{ab}	102.60 ^a	4.92 ^{ab}	4.26 ^b
<i>Xaman</i> F_1	9282.30 ^{ac}	41.52 ^{bc}	115.50 ^a	106.62 ^a	4.84 ^{ac}	4.36 ^b
8320 F_2	7159.20 ^{bd}	43.90 ^{ac}	92.94 ^{bc}	82.64 ^{ac}	4.45 ^{ce}	4.91 ^a
<i>Eden</i> F_2	7387.20 ^{bd}	43.58 ^{ac}	95.56 ^{ac}	80.80 ^{ac}	4.86 ^{bd}	4.78 ^a
<i>Matin</i> F_2	6895.60 ^{ce}	44.48 ^{ab}	93.29 ^{ac}	72.66 ^{bc}	4.76 ^{ad}	4.77 ^a
<i>Xaman</i> F_2	6367.40 ^{de}	47.01 ^a	98.74 ^{ac}	58.05 ^c	5.02 ^a	4.42 ^b
8320 F_3	6451.20 ^{de}	42.75 ^{ac}	99.52 ^{ac}	67.90 ^{bc}	4.41 ^{ab}	4.54 ^a
<i>Eden</i> F_3	6886.70 ^{ce}	45.93 ^a	92.94 ^{ac}	69.82 ^{bc}	4.74 ^{ad}	4.49 ^a
<i>Matin</i> F_3	6277.40 ^{de}	44.85 ^{ab}	93.69 ^{ac}	68.76 ^{bc}	4.60 ^{bd}	4.96 ^a
<i>Xaman</i> F_3	4406.60 ^e	44.06 ^{ab}	82.37 ^c	57.05 ^c	4.91 ^{ab}	4.86 ^a
Control	7501.40 ^{bc}	40.53 ^{bc}	101.29 ^{ac}	89.82 ^{ab}	4.90 ^{ab}	4.78 ^a

وجود حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

For each column the same letters indicate non-significant difference at the p value of 0.01

نتایج حاضر با گزارش رهایی و همکاران (Rahaee et al., 2017) برای صفت تعداد روز تا تشکیل گل مطابقت دارد. در مطالعه مذکور این صفت بین دو والد معنی دار نبوده اما در نسل BC₂ (F₃) معنی دار شد. به عبارتی در هر دو مطالعه تفکیک متجاوز در نسل‌های در حال تفرق مشاهده می‌شود (Rahaee et al., 2017).

متوسط وزن تک‌میوه: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد تیمارهای اعمال شده بر متوسط وزن تک‌میوه (برحسب گرم) در سطح ۱ درصد معنی دار می‌باشد (جدول ۲). در جدول مقایسه میانگین، بیشترین مقدار میانگین به Xaman F₁ (۱۱۵/۵۰ گرم) و کمترین مقدار در Xaman F₃ (۸۲/۳۷ گرم) اختصاص یافته است. اختلاف کم بین واریانس‌های ژنتیکی و فنوتیپی بیانگر تأثیر ناچیز محیط در بروز این صفت را پررنگ می‌کند و به نوبه‌ی خود باعث افزایش وراثت‌پذیری عمومی آن می‌شود. مقایسه واریانس‌ها در نسل‌های مختلف نشان داد در ژنوتیپ Eden بیشترین تنوع در نسل F₂ مشاهده می‌شود. تفرق صفات از نسل F₁ به F₂ به ترتیب در ژنوتیپ‌های 8320، Eden، Matin و Xaman برابر با ۶۷۷/۴۵، ۶۱۱/۷۶، ۷۴۵/۶۳ و ۸۹۴/۵۵ بود که نشان می‌دهد بیشترین تفرق صفات در ژنوتیپ Xaman وجود داشت. تفرق صفات از نسل F₂ به F₃ به ترتیب در ژنوتیپ‌های 8320، Eden، Matin و Xaman برابر با ۱۱۵/۳۳، ۲۶۷/۹۶، ۵۰/۹ و ۱۴۲/۰۸ بود که نشان می‌دهد بیشترین تفرق در ژنوتیپ Eden مشاهده شده است (جدول ۳).

نتایج به دست آمده در برخی از پارامترها با گزارش کرکتا و بهادر (Kerketta and Bahadur, 2019) مطابقت دارد. صفت وزن میوه در مطالعه ذکر شده در سطح یک درصد معنی دار بوده و مقدار واریانس ژنتیکی (۲۵۱/۳۸)، واریانس فنوتیپی (۳۰۱/۲۵)، ضریب تغییرات ژنتیکی (۲۶/۸۹) و ضریب تغییرات فنوتیپی (۲۹/۴۴) و وراثت‌پذیری عمومی (۸۳/۴) گزارش شد. این صفت دارای ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی بالایی بوده اما اختلاف زیادی بین این دو پارامتر مشاهده نشد؛ این امر بدین معنی است که صفت وزن تک‌میوه توسط ژن‌های کنترل می‌شود که کمتر تحت تأثیر محیط هستند و اختلاف کم بین دو ضریب تغییرات باعث افزایش وراثت‌پذیری عمومی شد (Kerketta and Bahadur, 2019).

در مطالعه رهایی و همکاران (Rahaee et al., 2017) برای صفت میانگین وزن میوه، واریانس غالبیت پایین ولی واریانس افزایشی، وراثت‌پذیری عمومی و وراثت‌پذیری خصوصی بالایی گزارش شد.

در مطالعه محمد و همکاران (Mohamed et al., 2012) مقدار واریانس ژنتیکی (۱۶۴۲)، واریانس فنوتیپی (۱۷۷۹)، ضریب تغییرات ژنتیکی (۴۸/۸۵)، ضریب تغییرات فنوتیپی (۴۹/۰۵)، وراثت‌پذیری عمومی (۹۲) برای صفت وزن میوه گوجه‌فرنگی گزارش شد. سراوانان و همکاران (Saravanan et al., 2019) پارامترهای ضریب تغییرات ژنتیکی (۲۵/۶۸) و ضریب تغییرات فنوتیپی (۲۵/۹۲)، وراثت‌پذیری عمومی (۹۸/۱۶) را برای صفت متوسط وزن میوه برآورد کردند.

تعداد میوه‌های برداشت شده: نتایج تجزیه واریانس نشان داد میوه‌های برداشت شده در سطح احتمال یک درصد معنی دار می‌باشد و اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها و نسل‌ها موجود می‌باشد (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) نشان داد که بیشترین مقدار در Xaman F₁ (۱۰۶/۶۲) و کمترین مقدار در Xaman F₃ (۵۷/۰۵) وجود دارد. مقایسه واریانس‌ها در نسل‌های مختلف نشان داد در همه ژنوتیپ‌ها به غیر از Xaman بیشترین تنوع در نسل F₂ مشاهده شد. تفرق صفات از نسل F₁ به F₂ به ترتیب در ژنوتیپ‌های 8320، Eden، Matin و Xaman برابر با ۲۴۵۳/۳۴، ۳۰۳/۱۷، ۳۲۸/۲۴ و ۴۱۱/۱۵ بود. تفرق صفات از نسل F₂ به F₃ به ترتیب در ژنوتیپ‌های 8320، Eden، Matin و Xaman برابر با ۱۶۹۲/۶۷، ۱۶۷/۱۲، ۱۸۲/۲۲ و ۴۳۴/۷۶ بود که نشان می‌دهد بیشترین تفرق صفات در ژنوتیپ 8320 وجود داشت.

در پژوهش سراوانان و همکاران (Saravanan et al., 2019) مقادیر ضریب تغییرات ژنتیکی و ضریب تغییرات فنوتیپی بالا و نزدیک به هم گزارش شد. همچنین وراثت‌پذیری عمومی بسیار بالای (۹۹) برای صفت میوه‌های برداشت شده عنوان گردید. همچنین در گزارش دیگری مقادیر واریانس ژنتیکی، واریانس فنوتیپی، ضریب تغییرات ژنتیکی و ضریب تغییرات فنوتیپی، بالا و وراثت‌پذیری عمومی (۵۴) گزارش شد (Kerketta and Bahadur, 2019) که با پارامترهای به دست آمده مطالعه حاضر مطابقت دارد.

مواد جامد محلول: نتایج تجزیه واریانس نشان داد، مواد جامد محلول در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده شده است (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) بیشترین مقدار مواد جامد محلول را در نسل Matin F₃ (۴/۹۶) و کمترین مقدار در Matin F₁ (۴/۲۶) نشان داد. بیشترین و کمترین مقدار برای وراثت‌پذیری عمومی به‌ترتیب در ژنوتیپ Eden و Xaman (۶۳/۶۳ و ۱۴/۳۵) و وراثت‌پذیری خصوصی در ژنوتیپ Matin و Xaman (۱۲/۰۰ و ۱/۰۸) به‌دست آمد (جدول ۴ تا ۷).

مقایسه واریانس‌ها در نسل‌های مختلف نشان داد در همه ژنوتیپ‌ها به‌غیر از 8320 بیشترین تنوع در نسل F₃ مشاهده می‌گردد. تفرق صفات از نسل F₁ به F₂ به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های 8320، Eden، Matin و Xaman برابر با ۰/۴۲، ۰/۲۷، ۰/۲۷ و ۰/۰۹ بود. تفرق صفات از نسل F₂ به F₃ به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های 8320، Eden، Matin و Xaman برابر با ۰/۲۱، ۰/۱، ۰/۱۲ و ۰/۰۳ بود که نشان می‌دهد بیشترین تفرق صفات در ژنوتیپ Xaman وجود دارد.

پایین بودن واریانس ژنتیکی و واریانس فنوتیپی احتمال عدم تنوع ژنتیکی در لاین‌های والدی را زیاد می‌کند. این ژنوتیپ‌ها با هدف مصرف تازه، اصلاح شده‌اند و از طرفی این صفت با عملکرد رابطه عکس دارد. در مطالعه ردی و همکاران (Reddy et al., 2013) در ۱۹ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی مشخص شد صفت مذکور از ضریب تغییرات ژنتیکی و ضریب تغییرات فنوتیپی، وراثت‌پذیری عمومی بالایی برخوردار بود. نتایج به‌دست آمده از این مطالعه با نتایج کرکتا و بهادر (Kerketta and Bahadur, 2019) مطابقت دارد. در مطالعه‌ای کابودیوا و همکاران (Cabodevila et al., 2017) گزارش شد که در بین جمعیت نسل F₂ مورد مطالعه، مواد جامد محلول در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و مقدار واریانس محیطی (۰/۱۱) مقدار واریانس ژنتیکی (۱/۷۰)، واریانس فنوتیپی (۱/۸۱)، ضریب تغییرات ژنتیکی (۲۱/۹۰) و ضریب تغییرات فنوتیپی (۲۳/۰۵) و وراثت‌پذیری عمومی را (۰/۹۴) برآورد گردید.

واریانس ژنتیکی (۱۷۰/۱۱)، واریانس فنوتیپی (۱۷۴/۵۸)، ضریب تغییرات ژنتیکی (۳۵/۸۴) و ضریب تغییرات فنوتیپی (۳۵/۳۷)، وراثت‌پذیری عمومی (۰/۲۶۵۱) در مطالعه دیگری برای صفت تعداد کل میوه‌های برداشت شده برآورد شد (Bhandari et al., 2017). در مطالعه حاضر تنوع زیادی برای پارامترهای ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌ها برای این صفت مشاهده شد که می‌توان به‌راحتی بهترین خانواده‌ها را انتخاب کرد.

اسیدیته (pH): تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد اسیدیته در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشد. جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) اسیدیته نشان داد که بیشترین مقدار pH به Xaman F₂ (۵/۰۲) و کمترین مقدار به 8320 F₁ (۴/۱۰) اختصاص یافته است. در جداول ۴ تا ۷ مقادیر پارامترهای ژنتیکی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی آورده شده است. بزرگ‌تر شدن یا مساوی بودن درجه غالبیت از یک بیانگر وجود فرضیه فوق‌غالبیت در کنترل صفت اسیدیته می‌باشد، اما با افزایش خلوص در درون خانواده‌ها، مقدار درجه غالبیت کاهش می‌یابد زیرا واریانس افزایشی در هر نسل افزایش می‌یابد. همچنین اختلاف بسیار اندک بین واریانس‌های ژنتیکی و واریانس فنوتیپی بیانگر عدم تأثیر محیط بر بروز این صفت می‌باشد و به‌نوبه‌ی خود باعث افزایش وراثت‌پذیری عمومی آن می‌شود. در مطالعه‌ای که به‌منظور تعیین مقادیر وراثت‌پذیری برای ۱۸ خانواده گوجه‌فرنگی F₃ انجام شده بود، مشخص شد که برخی صفات در نسل‌های مختلف ثابت بوده و برخی تفاوت نشان داده‌اند و مقدار وراثت‌پذیری برای صفت اسیدیته در F₃ برابر با ۰/۱۱ گزارش شد (Medico et al., 2019).

در مطالعه ردی و همکاران (Reddy et al., 2013) مقدار ضریب تغییرات ژنتیکی (۳۲/۸۵)، ضریب تغییرات فنوتیپی (۳۴/۹۳) و وراثت‌پذیری عمومی (۰/۸۸) برای صفت اسیدیته گزارش شد.

جدول ۴- برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در ژنوتیپ 8320 گوجه‌فرنگی

Table 4. Estimate of genetic parameters of evaluated traits in genotype 8320 of tomato

صفات Traits	واریانس F_1 VF_1	واریانس F_2 VF_2	واریانس F_3 VF_3	واریانس ژنتیکی V_g	واریانس فنونیتی V_p	واریانس افزایشی V_A	واریانس غالبیت V_D	ضریب تغییرات ژنتیکی CV_g	ضریب تغییرات فنونیتی CV_p	درجه غالبیت D	وراثت‌پذیری عمومی H_b	وراثت‌پذیری خصوصی H_n
عملکرد در بوته (گرم) Single plant Yield (g)	1305542.50	8440738.40	6275946.44	5515788.00	6821330.51	-	7643186.54	28.72	31.94	-	80.86	-
روز تا گلدهی Days to flowering	3.70	19.81	14.25	3.45	7.15	-	18.15	4.41	6.35	-	48.24	-
متوسط وزن تک‌میوه (گرم) Average single fruit weight (g)	103.39	780.84	896.17	66.8	177.05	37.58	27.86	8.37	13.63	0.86	37.72	21.22
تعداد میوه‌های برداشت شده No. of harvested fruit	151.15	2604.49	911.82	85.42	236.57	-	3892.45	11.49	19.13	-	36.11	-
اسیدیته pH	0.041	0.132	0.045	0.02	0.06	-	0.17	3.46	5.81	-	33.33	-
مواد جامد محلول Soluble solids components	0.09	0.51	0.30	0.55	0.64	-	0.55	15.35	16.56	-	85.93	-

جدول ۵- برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در ژنوتیپ Eden گوجه‌فرنگی

Table 5. Estimate of genetic parameters of evaluated traits in genotype Eden of tomato

صفات Traits	واریانس F_1 VF_1	واریانس F_2 VF_2	واریانس F_3 VF_3	واریانس ژنتیکی V_g	واریانس فنونیتی V_p	واریانس افزایشی V_A	واریانس غالبیت V_D	ضریب تغییرات ژنتیکی CV_g	ضریب تغییرات فنونیتی CV_p	درجه غالبیت D	وراثت‌پذیری عمومی H_b	وراثت‌پذیری خصوصی H_n
عملکرد در بوته (گرم) Single plant Yield (g)	1739070.23	8605492.80	6004960.45	352551.91	4431420.17	196324.22	526524.74	7.78	30.48	1.64	7.95	4.4
روز تا گلدهی Days to flowering	3.22	4.22	3.12	3.62	6.36	1.32	1.20	8.41	14.79	0.95	56.92	20.75
متوسط وزن تک‌میوه (گرم) Average single fruit weight (g)	560.88	1022.64	754.68	78.23	639.15	22.04	36.36	8.45	25.26	1.28	12.24	3.45
تعداد میوه‌های برداشت شده No. of harvested fruit	522.45	825.62	657.50	320.87	952.34	-	450.22	22.41	40.78	-	33.69	-
اسیدیته pH	0.005	0.005	0.035	0.003	0.008	0.0002	0.0002	1.18	1.91	1	37.50	25.79
مواد جامد محلول Soluble solids components	0.09	0.36	0.46	0.14	0.22	0.024	0.021	7.72	9.70	0.93	63.63	10.90

جدول ۶- برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در ژنوتیپ Matin گوجه‌فرنگی

Table 6. Estimate of genetic parameters of evaluated traits in genotype Matin of tomato

صفات Traits	واریانس F_1 VF_1	واریانس F_2 VF_2	واریانس F_3 VF_3	واریانس ژنتیکی V_g	واریانس فنونیتی V_p	واریانس افزایشی VA	واریانس غالبیت VD	ضریب تغییرات ژنتیکی CV_g	ضریب تغییرات فنونیتی CV_p	درجه غالبیت D	وراثت‌پذیری عمومی H^2_b	وراثت‌پذیری خصوصی H^2_a
عملکرد در بوته (گرم) Single plant Yield (g)	1739075.65	7230718.78	6004966.17	2553112.27	4292187.92	196210.88	529543.25	21.10	27.36	1.64	59.48	4.57
روز تا گلدهی Days to flowering	3.74	22.80	29.39	3.07	6.82	1.55	1.91	4.03	6.00	1.11	45.14	22.72
متوسط وزن تک‌میوه (گرم) Average single fruit weight (g)	288.02	1033.64	1084.54	60.55	348.58	16.41	29.20	7.91	18.98	1.33	17.37	4.71
تعداد میوه‌های برداشت شده No. of harvested fruit	623.87	952.11	769.89	319.97	943.85	-	461.87	21.99	37.76	-	33.90	-
اسیدیته pH	0.030	0.083	0.040	0.01	0.04	-	0.069	2.94	4.70	-	25.00	-
مواد جامد محلول Soluble solids	0.08	0.35	0.47	0.12	0.20	0.024	0.021	7.77	9.77	0.94	60.12	12.00

جدول ۷- برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در ژنوتیپ Xaman گوجه‌فرنگی

Table 7. Estimate of genetic parameters of evaluated traits in genotype Xaman of tomato

صفات Traits	واریانس F_1 VF_1	واریانس F_2 VF_2	واریانس F_3 VF_3	واریانس ژنتیکی V_g	واریانس فنونیتی V_p	واریانس افزایشی VA	واریانس غالبیت VD	ضریب تغییرات ژنتیکی CV_g	ضریب تغییرات فنونیتی CV_p	درجه غالبیت D	وراثت‌پذیری عمومی H^2_b	وراثت‌پذیری خصوصی H^2_a
عملکرد در بوته (گرم) Single plant Yield (g)	4092983.33	6826270.88	4340901.95	5576530.65	9669513.32	-	5136016.94	35.32	46.51	-	57.67	-
روز تا گلدهی Days to flowering	4.74	23.78	12.98	6.24	10.98	-	27.09	5.65	7.47	-	56.83	-
متوسط وزن تک‌میوه (گرم) Average single fruit weight (g)	110.49	1005.04	1147.12	267.02	377.51	187.62	106.92	16.51	19.64	0.75	70.73	49.69
تعداد میوه‌های برداشت شده No. of harvested fruit	80.63	491.78	926.54	749.45	830.08	716.72	-	36.97	38.91	-	90.29	86.34
اسیدیته pH	0.002	0.02	0.07	0.002	0.005	0.001	-	1.06	1.43	-	40.61	20.84
مواد جامد محلول Soluble solids components	0.32	0.41	0.44	0.05	0.37	0.04	0.022	5.41	13.41	0.74	14.35	1.08

به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد تنوع ژنتیکی وسیعی در نسل‌های ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود دارد. در اکثر صفات مورد بررسی بیشترین مقدار واریانس‌های محیطی و ژنتیکی در بین ۳ نسل اندازه‌گیری شده، در نسل F_2 مشاهده شد. همچنین بیشترین پراکندگی داده‌ها به‌طور فراگیر در صفات نسل F_2 مشاهده شد و به‌ندرت در نسل سوم برخی صفات قابل مشاهده است. تنوع ژنتیکی بالا همراه با وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی بالا برای صفات مورد ارزیابی در این مطالعه نشان‌دهنده پتانسیل بالا جهت بهبود این صفات طی انتخاب هدفمند در برنامه‌های به‌نژادی می‌باشد. ضریب تغییرات فنوتیپی در تمام صفات مورد بررسی بیشتر از ضریب تنوع ژنتیکی به‌دست آمد با این وجود تنوع زیادی از این دو در صفات دیده شد که به‌نوبه‌ی خود تأثیرپذیری متفاوت آن‌ها از عوامل محیطی را نشان می‌دهد. همچنین می‌توان افزود در اکثر یا قریب به‌اتفاق در همه صفات، اختلاف زیادی بین تغییرات ژنتیکی و

فنوتیپی صفات مورد ارزیابی وجود نداشت. این امر بیان می‌کند که محیط در بروز این صفات نقش کم‌رنگی ایفا می‌کند. ارزیابی و محاسبه این ضریب تغییرات در بین خانواده‌ها، امکان انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از درون نمونه‌های مورد بررسی را نوید می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه اکثر صفات مورد بررسی در نسل F_1 بهتر از دیگر نسل‌های F_2 و F_3 بودند و ژنوتیپ 8320 به‌دلیل داشتن عملکرد تک‌بوته ۱۰۹۲۰ گرم در بوته، متوسط وزن تک‌میوه ۹۵ گرم، کم‌ترین اسیدیته ۴/۱۰ و بیشترین مقدار مواد جامد محلول ۴/۷۸ و دارا بودن شکل میوه‌ای گرد به‌عنوان ژنوتیپ برتر در این تحقیق شناخته شد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از جهاد دانشگاهی برای تأمین اعتبار اجرای طرح (با شماره قرارداد ۹/۱۷۴۷۹/ص) و مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به‌خاطر فراهم کردن امکانات لازم برای کشت و ارزیابی صفات تشکر می‌گردد.

References

- Amiri, R., Bahraminejad, S. and Cheghamirza, K.** (2021). Estimation of genetic control model for agronomic traits in the progeny of Marvdasht and MV-17 wheat cross under normal and terminal drought stress conditions. *Plant Genetic Researches*, **8(1)**: 61-80 (In Persian).
- Bhandari, H.R., Srivastava, K. and Reddy, G.E.** (2017). Genetic variability, heritability and genetic advance for yield traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, **6(7)**: 4131-4138.
- Cabodevila, V.G., Picardi, L.A. and Pratta, G.R.** (2017). A multivariate approach to explore the genetic variability in the F_2 segregating population of a tomato second cycle hybrid. *BAG - Journal of Basic and Applied Genetics*, **28(1)**: 7-17.
- Farshadfar, E.** (2008). *Use of Quantitative Genetic in Plant Breeding*, Razi University, Kermanshah, Iran (In Persian).
- Hajiahmadi, Z., Shirzadian-Khorramabad, R., Kazemzad, M. and Sohani, M.M.** (2018). Expression of cryIAb driven by a wound inducible promoter (MPI) in tomato to enhance resistance to *Tuta absoluta*. *Plant Genetic Researches*, **4(2)**: 1-16 (In Persian).
- Hannan, M.M., Ahmed, M.B., Razvy, M.A., Karim, R., Khatun, M., Haydar, A., Hossain, M. and Roy, U.K.** (2007). Heterosis and correlation of yield and yield components in tomato (*Lycopersicon esulentum* Mill.). *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, **2(2)**: 146-150.
- Kerketta, A. and Bahadur, V.** (2019). Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and yield contributing characters in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. *Plant Archives*, **7(3)**: 577-582.
- Mather, K. and Jinks, J.L.** (2013). *Biometrical Genetics: The Study of Continuous Variation*. Springer, New York, USA.
- Medico, A.P., Del, Cabodevila, V.G., Vitelleschi, M.S. and Pratta, G.R.** (2019). Multivariate estimate of heritability for quality traits in tomatoes by the multiple factor analysis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **3**: 54-58.

- Mohamed, S., Ali, E. and Mohamed, T.** (2012). Study Of heritability and genetic variability among different plant and fruit characters of tomato (*Solanum Lycopersicum* L.). *International Journal of Scientific & Technology Research*, **1(2)**: 55-58.
- Peixoto, J.V.M., Neto, C.M., Campos, L.F., Dourado, W.D.S., Nogueira, A.P. and Nascimento, A.D.** (2017). Industrial tomato lines: morphological properties and productivity. *Genetic and Molecular Research*, **16(2)**: 1-15.
- Rahae, J., Hamidoghli, Y. and Rabiei, B.** (2017). Evaluation of gene effects and heritability of quantitative traits in tomato through generation mean analysis. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, **17(4)**: 423-438 (In Persian).
- Rajan, R.E.B., Kumar, C.P.S. and Joshi, J.L.** (2018). Generation means analysis for some quality traits in tomato (*Lycopersicum Esculentum* Mill.). *Plant Archives*, **18(2)**: 2083-2086.
- Rajan, R.E.B., Kumar, C.P.S., Joshi, J.L. and Muraleedharan, A.** (2019). Generation means analysis for yield and component trait in tomato (*Lycopersicum Esculentum* Mill.). *Plant Archives*, **19**: 448-451.
- Reddy, B.R., Reddy, D.S., Reddaiah, K. and Sunil, N.** (2013). Studies on genetic variability, heritability and genetic advance for yield and quality traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, **2(9)**: 238-244.
- Saravanan, K.R.R., Vishnupriya, V., Prakash, M. and Anandan, R.** (2019). Variability, heritability and genetic advance in tomato genotypes. *Indian Journal of Agricultural Research*, **53(1)**: 92-95.
- UPOV.** (2002). General introduction to the examination of distinctness, uniformity and stability and the development of harmonized descriptions new varieties of plants. *International Union of the Protection of New Varieties of Plants*. Geneva, Switzerland.
- Xiukang, W. and Yingying, X.** (2016). Evaluation of the effect of irrigation and fertilization by drip fertigation on tomato yield and water use efficiency in greenhouse. *International Journal of Agronomy*, **2016**: 1-11.
- Zdravković, J., Pavlović, N., Girek, Z., Brdar-Jokanović, M., Savić, D., Zdravković, M. and Cvikić, D.** (2011). Generation mean analysis of yield components and yield in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Pakistan Journal of Botany*, **43(3)**: 1575-1580.

Estimation of Gene Action and Genetic Parameters for Morphological Traits in F₁, F₂ and F₃ Generations of Tomato (*Lycopersicum esculantum* L.)

Jawed Rahimi¹, Fatemeh Amini^{2*}, Hossein Ramshini³, Mahyar Abedi⁴ and Mahmood Lotfi⁵

- 1- Former M.Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran
- 2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran
- 3- Associate Professor, Department of Agronomy and plant breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran
- 4- Instructor, Vegetables and Irrigated Pulses Research Department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
- 5- Associate Professor, Department of Horticulture, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran

(Received: November 1, 2022 – Accepted: January 14, 2023)

Abstract

Tomato is the second most important vegetables, after potato, which has the highest area of cultivation worldwide. According to FAO statistics, Iran is the sixth producer of tomato cultivation in the world. However, more than 95 percent of vegetable seeds are imported into the country. The present study was conducted in order to evaluate commercial imported hybrids (8320, Eden, Matin and Xaman) and the F₂ and F₃ generations resulting from their self-breeding. In this regard, after the production of F₂ and F₃ generations, three generations (F₁, F₂ and F₃) together with the control variety (Early Orban y) were evaluated in the research farm of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran, based on a randomized complete block design with four replications during 2019-2020. The analysis of variance showed that the difference among genotypes for single plant yield, days to flowering, average single fruit weight, number of fruits harvested and acidity (pH), was significant at the level of 1% probability and total soluble solids (TSS) was significant at the level of 5%. The results of the mean comparison showed that the highest mean of single plant yield belonged to 8320 F₁ (10920/10g), the highest days to flowering was observed in Xaman F₂ (47.01 days), the highest mean weight of single fruit was observed in Xaman F₁ (115.50 g), the highest number of fruits harvested was in Xaman F₁ (106.62), the highest amount of total soluble solids was in Matin F₃ generation (4.96) and the lowest amount of acidity (pH) was in 8320 F₁ (4.10). The results of estimating genetic parameters showed that most of the evaluated traits had high genetic and phenotypic variances, but a slight difference was observed between the coefficient of phototypic variation and the coefficient of genotypic variation, which indicates a small effect of environment on the control of these traits. Higher variance of dominance than additive variance in most traits caused the degree of dominance to be greater than one, Therefore, the possibility of control of traits by genes with dominance or over-dominance effects is high, and in order to improve these traits, the methods for hybrid development are suggested.

Keywords: Tomato, Segregating generations, Genetic variance

* Corresponding Author, E-mail: aminif@ut.ac.ir