دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

وراثت‌پذیری صفات مرتبط با میوه و برآورد اثر دانه گرده بر میوه‌بندی برخی توده‌های گوجه‌فرنگی (*Solanum esculentum* Mill.)

قربان‌نظر فرود[۱]، سیدجواد موسوی‌زاده[۲]، وحید اکبرپور[۳] و کامبیز مشایخی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲- استادیار گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (نویسنده مسوول: mousavizadeh@gau.ac.ir)
۳- استادیار گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- دانشیار گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۹
صفحه: ۷۷ تا ۸۶

چکیده

در این تحقیق، وراثت‌پذیری صفات مرتبط با میوه ۱۵ توده گوجه فرنگی ایران (ارومیه، گرگان، کفشگیری، ساری، رشت، کردستان، کرمانشاه، سمنان، شاهرود، زنجان، ورامین، اسفراین، نیشابور، سیرجان، همدان) و همچنین اثر منبع دانه گرده برخی توده ها بر میوه بندی گوجه فرنگی در شهرستان کلاله استان گلستان در سال ۹۸ مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۵ جمعیت در سه تکرار (پنج گیاه برای هر جمعیت) اجرا شد. پس از گرده‌افشانی، تعداد میوه در بوته، وزن میوه، تعداد حجره و تعداد بذر مورد ارزیابی قرار گرفتند. میزان تنوع فنوتیپی، ژنوتیپی، محیطی و توارث‌پذیری عمومی صفات نیز محاسبه گردید. نتایج نشان داد که صفات وزن میوه، طول میوه و تعداد حجره به‌ترتیب با مقادیر ۲۰۰ گرم، ۸/۸۳ میلی‌متر و ۱۲ عدد در توده ورامین بیشترین مقدار را دارد. در توده کرمانشاه بیشترین تعداد بذر میوه با ۳۲۳ عدد در هر میوه ثبت شد. توده کفشگیری، با طول ۳/۳۳ میلی‌متر و وزن میوه ۹/۱۷ گرم، به عنوان یکی از کوچک‌ترین میوه ها می باشد. صفات وزن میوه، طول میوه، تعداد حجره و تعداد بذر دارای وراثت‌پذیری بالایی از ۸۸ تا ۹۲ درصد بودند. در همه صفات مورد مطالعه ضریب تنوع ژنتیکی بیشتر از ضریب تنوع فنوتیپی بود که نشان‌دهنده تأثیر کمتر عوامل محیطی بر این صفات بود. همچنین نتایج نشان داد که میوه های حاصل از تلاقی توده‌های مختلف (نتاج حاصل از دگرگشنی) کمترین مقدار وزن میوه و تعداد بذر دارا بودند و نتاج حاصل از خودگشنی مقدار بیشتری را داشتند و لیکن دانه گرده غیرخودی بر طول میوه و تعداد حجره تاثیری نداشته است. از نتایج تحقیق حاضر می‌توان استنباط کرد که نوع دانه گرده می‌تواند بر خصوصیات کمی بذر و میوه گوجه فرنگی تأثیرگذار باشد بطوریکه اکثر صفات در حالت دگرگشنی به‌طور معنی‌داری دارای مقادیر کمتری نسبت به حالت خودگشنی بودند. بنابراین به منظور افزایش راندمان تولید در این گیاه، گرده افشانی با دانه گرده خودی قابل توجه می باشد.

واژه‌های کلیدی: تلاقی، توارث‌پذیری عمومی، دانه گرده، دگرگشنی، خودگشنی

مقدمه

گوجه‌فرنگی با نام علمی *Solanum esculentum* Mill. از خانواده بادنجانیان (Solanaceae) است که به صورت خام یا فرآوری مصرف می‌شود. خاستگاه گوجه‌فرنگی آمریکای جنوبی می‌باشد.گوجه‌فرنگی در اوایل قرن نوزدهم در خاورمیانه گسترش یافت. گوجه‌فرنگی دارای انواع ویتامین‌ها، اسیدهای مفید، کاروتن، قند و املاح معدنی است و به این خاطر نقش مهمی در سلامت انسان ایفا می‌کند (۱۲). بررسی سهم ایران از تولید جهانی گوجه‌فرنگی نشان می‌دهد که دست کم طی ۱۰ سال گذشته ایران همواره به عنوان یکی از هشت کشور عمده تولیدکننده گوجه فرنگی بوده است تا جایی که میزان تولید این محصول در سال ۲۰۱۹ به حدود ۵/۲۵ میلیون تن افزایش یافته و توانسته مقام هفتم تولید جهانی را به خود اختصاص دهد (۵).

گوجه‌فرنگی گیاهی خودگشن است اما درجه مشخصی از دگرگرده‌افشانی دارد که عمدتاً توسط زنبورها صورت می‌گیرد که مقدار آن از ۱ تا ۴۷ درصد متفاوت است و بستگی به محل رشد این گیاه دارد اما تحت تأثیر دما نیز، ممکن است درصدی دگرگشنی هم نشان دهد به‌طوری که با افزایش دما طول مادگی افزایش یافته و دگرگشنی صورت می‌گیرد (۱۲). برای انجام یک فرایند تولید مثلی موفق، باید دانه‌های گرده کافی به سطح کلاله منتقل شوند و لوله گرده تولید شده بتوانند بطور کامل در مادگی رشد کرده و تخمک‌ها را تلقیح نمایند. هر گونه تغییر در هر یک از این موارد، می تواند تولید میوه را دچار اختلال نماید (۱۷). دمای بالا در روز قبل از شکوفایی بساک، توانایی زیست دانه‌های گرده را به شدت کاهش می‌دهد. در گرده‌افشانی، زنده بودن تخمک‌ها و رشد لوله گرده به منظور انجام لقاح ضرورت دارد (۷). اگر نوع گرده در آندوسپرم و جنین دانه تاثیر داشته باشد، این پدیده را ردگذاری[1] و اگر در کیفیت فرابر میوه موثر باشد آن را فرا ردگذاری[2] می‌نامند. اثر زنیا یک اثر مستقیم است که خصوصیات مشخصی از جمله شکل و اندازه بذر را کنترل می‌کند (۱). انجام گرده‌افشانی جهت تولید عملکرد مطلوب ضروری می‌باشد. نوع رقم، شرایط آب و هوایی، آبیاری، حاصلخیزی خاک و آفات و بیماری‌ها از جمله عواملی هستند که روی عملکرد نهایی محصول تاثیر می‌گذارند. تلقیح ناقص

1- Xenia
2- Metaxenia

گل‌های گوجه‌فرنگی نیز سبب تشکیل بذرهای غیریکنواخت می‌گردد که منجر به تشکیل میوه‌های بدشکل و با کیفیت پایین می‌شود (۲۵،۱۲).

ارقام اولیه‌ی گوجه فرنگی هنوز در بسیاری از نقاط کشور به صورت وحشی رشد می‌کنند. این ارقام به صورت خودرو جوانه زده، رشد کرده و میوه‌های کوچک تشکیل می‌دهند که از نظر ظاهری دارای انواع ویژگی‌های ارقام اصلاح شده‌ی امروزی می‌باشند. به نظر می‌رسد به مرور زمان انواع امروزی از این نوع گوجه‌فرنگی‌های خودرو بوجود آمده‌اند (۲۳). از آنجائی که کاهش تنوع ژنتیکی در گیاهان در مقایسه با خویشاوندان وحشی آن‌ها محسوس است، یک راه افزایش میزان تنوع ژنتیکی و نیز بهبود پتانسیل واریته‌های زراعی، بهره‌گیری از ژرم‌پلاسم گونه‌های وحشی یا جمعیت‌های محلی است که بصورت خودرو در مناطق مختلف رشد می‌کنند. به دلیل بی توجهی به مسائل بهنژادی و به ویژه تولید بذر دورگه گوجه‌فرنگی در داخل کشور، هم اکنون عمده بذر مصرفی کشاورزان از خارج وارد می‌گردد. لذا با توجه به اهمیت این محصول و لزوم افزایش عملکرد در واحد سطح، تولید رقم‌های اصلاح شده با خواص کیفی بالا و نیز فراهم آوردن مواد اصلاحی برای پروژه‌های اصلاحی ضروری به نظر می‌رسد (۱۴). توده‌های بومی به ارقامی گفته می‌شود که تحت تاثیر انتخاب طبیعی به شرایط محیطی منطقه‌ای که در آن قرار دارد سازگار شده باشد. بسیاری از توده‌های بومی حامل ژن‌های ارزشمندی چون مقاومت به بیماری‌ها، آفات و تحمل به تنش‌های خشکی، سرما و شوری می‌باشند، که می‌توان از این منابع ژنی جهت اصلاح و معرفی ارقام زراعی برتر در آینده بهره برد. راه رسیدن به چنین هدفی، شناسایی و جمع آوری توده‌های بومی و شناخت ویژگی‌های آن‌ها از طریق بررسی و ثبت مشخصات و ارزیابی آن‌ها است (۱۱). بسیاری از محققین با بررسی صفات مختلف کمی و کیفی میوه در بین ارقام مورد مطالعه گوجه فرنگی، تفاوت معنی‌داری گزارش کردند که حاکی از متغیر بودن و تنوع بالای این صفات در بین ارقام می‌باشد (۲۳). همچنین در تحقیقی گزارش شده است که بین ۹۷ جمعیت گوجه فرنگی ارومیه و قسمتی از ترکیه از نظر صفات مورفولوژیکی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد (۸). بنابراین با وجود تنوع فراوان جمعیت‌های وحشی و خودروی گوجه فرنگی که در ایران یافت می‌شوند می‌توان از آن‌ها در جهت گزینش ارقام با کیفیت بالا و تولید دورگه‌های مطلوب بهره برد (۲۴،۲۲).

انتخاب یکی از روش‌های اصلاحی در گیاهان است که به وراثت‌پذیری صفات و نحوه انتخاب بستگی دارد. وراثت‌پذیری به دو حالت عمومی و خصوصی تفکیک می‌گردد. نسبت واریانس ژنتیکی به واریانس فنوتیپی، وراثت‌پذیری عمومی نامیده می شود. وراثت‌پذیری خصوصی، نسبت واریانس افزایشی به واریانس فنوتیپی تعریف می‌شود (۴). از طریق وراثت‌پذیری می توان نحوه پاسخ به انتخاب را در نسل بعد پیش‌بینی کرد. آگاهی از نحوه وراثت و وراثت‌پذیری صفات در انتخاب روش اصلاحی مناسب و صفات برتر برای برنامه های اصلاحی بسیار مهم می‌باشد (۲۶،۱۹).

اهداف پژوهش حاضر بررسی میوه‌بندی ۱۵ توده مختلف گوجه فرنگی ایران، وراثت‌پذیری صفات مرتبط با میوه و همچنین اثر نوع دانه گرده بر میوه گوجه فرنگی می باشد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های جغرافیایی محل انجام آزمایش

این پژوهش در مزرعه‌ای با مختصات عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه و ۱۴ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۳۳ دقیقه و ۴۵ ثانیه شرقی واقع در روستای اجن سنگرلی از توابع بخش مرکزی شهرستان کلاله در استان گلستان در سال ۱۳۹۸ انجام پذیرفت. شهرستان کلاله از زمستان‌های نسبتا سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و مرطوب برخوردار است که میانگین درجه حرارت در این شهرستان در طول سال حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالیانه حدود ۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد (جدول ۱). شهرستان کلاله از شرق به خراسان شمالی، ازغرب با شهرستان گنبد، از شمال با شهرستان مراوه تپه و از جنوب با شهرستان گالیکش هم مرز می باشد.

جدول ۱- پارامترهای هواشناسی شهرستان کلاله (استان گلستان) مربوط به زمان اجرای طرح در سال ۱۳۹۸
Table 1.Meteorological parameters of Kalaleh city (Golestan province) related to the time of project implementation in 2019

پارامترهای جوی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
میانگین حداقل دما (درجه سانتی‌گراد)	۹/۹	۱۳/۱	۱۹/۶	۲۳/۸	۲۲/۲	۱۹/۲
میانگین حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۱/۳	۲۷/۱	۳۴/۵	۳۵/۲	۳۴/۴	۳۲
میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۵/۱	۲۰/۱	۲۷/۱	۲۹/۵	۲۸/۳	۲۵/۶
میانگین رطوبت نسبی هوا (درصد)	۸۰	۶۸	۵۷	۶۳	۶۳	۶۲
مجموع میزان بارندگی (میلی متر)	۱۰۴/۶	۶۳/۱	۳۶/۹	۲۸	۲۳/۸	۲۳/۳
مجموع ساعت آفتابی (ساعت)	۱۴۱/۶	۲۴۷/۱	۲۹۸/۶	۲۷۳/۳	۲۵۹/۷	۲۴۶/۹
مجموع میزان تبخیر (میلی متر)	۷۵/۴	۱۴۳/۹	۲۳۰/۷	۲۴۸	۲۱۸/۱	۱۹۴/۵

مواد گیاهی، رشد و نمو و عملیات زراعی

توده‌های گوجه فرنگی از ۱۵ شهر مختلف ایران (ارومیه، گرگان، کفشگیری، ساری، رشت، کردستان، کرمانشاه، سمنان، شاهرود، زنجان، ورامین، اسفراین، نیشابور، سیرجان، همدان) جمع‌آوری شدند. به منظور تهیه نشاء یکدست و مطلوب، بذرهای ارقام مختلف گوجه فرنگی در شاسی روی ردیف‌هایی به فواصل ۱۵ سانتی‌متر در ۱۵ فرودین ماه کشت شدند. برای جلوگیری از خشک شدن بستر و بذور تا زمان سبز شدن، عملیات آبیاری در چند روز اول منظم تکرار شد و پس از سبز شدن بذور آبیاری به صورت روزانه انجام گرفت. در طول دوره جوانه زنی تا مرحله انتقال نشا عملیات‌های زراعی از قبیل آبیاری، کوددهی و وجین علف‌های هرز به صورت مرتب صورت گرفت. در مرحله ۵-۴ برگی، نشاهای گوجه فرنگی به زمین اصلی انتقال داده شدند.

بدین منظور ۱۵ رقم گوجه‌فرنگی به صورت ۱۵ ردیف کاشته شدند. کاشت تیمارها در ردیف‌ها به صورت جوی و پشته‌ای بود و در هر ردیف ۲۰ بوته از همان رقم کشت شد. فواصل کشت به صورت ۸۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۵۰ سانتی‌متر بین بوته‌ها روی ردیف انتخاب شدند. عمق کاشت نشا ۱۵ سانتی‌متر بود و یک نشا در هر چاله کشت گردید. انتقال نشاهای گوجه‌فرنگی در اردیبهشت ماه انجام شد. کشت نشاها به صورت دستی و در قسمت داغاب بود. بلافاصله پس از کاشت، آبیاری نشاءها به منظور استقرار بهتر گیاه صورت گرفت. به منظور جلوگیری از خسارت راب و حلزون از سم سوین و سبوس (طعمه مسموم) استفاده گردید. همزمان از هر توده تعدادی نشا در گلدان نشائی نگهداری گردید تا در صورت نیاز به واکاری از آن‌ها استفاده شود. بیست روز پس از کاشت نشاها نسبت به تکمیل تعداد بوته اقدام شد. با توجه به تبخیر و تعرق بالا و تامین رطوبت مورد نیاز گیاه، آبیاری دو الی سه نوبت در طول هفته انجام شد. به منظور رفع نیازهای غذایی در مراحل رشد و نموی گیاه از محلول pro plex استفاده شد. همزمان با رشد و نمو نشاها و بهتر شدن سرعت رشدی دو بار عملیات وجین و مبارزه باعلف های هرز صورت گرفت. توده‌های مختلف با استفاده از توریی های نازک از همدیگر جدا شدند تا گرده افشانی ناخواسته توسط حشرات بین توده‌ها انجام نشود. سپس در مرحله برداشت و رسیدن میوه در هر ماه طول میوه، وزن میوه، تعداد بذر و تعداد حجره اندازه گیری شد.

تجزیه واریانس ژنتیکی و برآورد وراثت‌پذیری صفات

تجزیه واریانس ژنتیکی و برآورد وراثت‌پذیری صفات روی میوه‌های حاصل از خودگشنی گوجه فرنگی انجام گرفت. برای محاسبه واریانس ژنتیکی (رابطه ۱)، واریانس محیطی (رابطه ۲)، واریانس فنوتیپی (رابطه ۳)، وراثت‌پذیری عمومی (رابطه ۴)، ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی (رابطه ۵ و ۶)، ضرایب تغییرات محیطی (رابطه ۷) و بازده ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها (رابطه ۸) از امید ریاضی میانگین مربعات در جدول تجزیه واریانس استفاده شد.

$$Vg = \frac{MSg - MSe}{r}$$ واریانس ژنتیکی، (رابطه ۱)

$$Ve = MSe$$ واریانس محیطی (رابطه ۲)

$$Vp = Vg + Ve$$ واریانس فنوتیپی (رابطه ۳)

$$h_b^2 = \frac{Vg}{Vp}$$ وراثت‌پذیری عمومی (رابطه ۴)

$$CVp = \frac{\sqrt{Vp}}{\overline{X}} \times 100$$ ضریب تنوع فنوتیپی (رابطه ۵)

$$CVg = \frac{\sqrt{Vg}}{\overline{X}} \times 100$$ ضریب تنوع ژنتیکی (رابطه ۶)

$$CVe = \frac{\sqrt{Ve}}{\overline{X}} \times 100$$ ضریب تغییرات محیطی (رابطه ۷)

$$GA = K \times h_b^2 \times \sqrt{Vp}$$ بازده ژنتیکی (رابطه ۸)

در روابط بالا MSg و MSe به ترتیب واریانس یا میانگین مربعات تیمار و خطای آزمایشی، r تعداد تکرار آزمایشی، Vp، Vg و Ve به ترتیب اجزای واریانس فنوتیپی، ژنوتیپی و محیطی و $\bar{x}$ میانگین کل برای هر صفت می‌باشد. مقادیر نسبی این ضرایب برآورد شده نشانگر مقادیر تنوع موجود در ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد (۶).

تلاقی بین توده ها و ارزیابی نقش دانه گرده روی صفات میوه

تلاقی‌های برنامه ریزی شده با والدهای مشخص، روی بوته‌های جدا از آزمایش قبل و در همان کرت‌ها انجام گرفت. هر یک خوشه بوته فقط برای گرده‌افشانی یک والد استفاده شده و بعد از گرده افشانی اتیکت‌گذاری گردید. مراحل کلی عملیات تلاقی شامل : ۱- اخته کردن گل‌های والد مادری ۲ - جداسازی گلبرگ و پرچم‌های والد پدر و استخراج گرده از گیاهان پدری ۳- نگهداری گرده (نگهداری در دمای اتاق به مدت حداکثر ۲۴ ساعت) ۴- انتقال گرده به صورت دستی به گل‌های اخته شده.

والدهای مادری و پدری برای تلاقی بر اساس آزمایش‌های قبلی مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مقاومت به تنش خشکی انتخاب شدند (۲۲، ۲۳ و ۲۴). تمامی خوشه های گرده افشانی شده به منظور جلوگیری از گرده افشانی ناخواسته با استفاده از توری ریز کاملا ایزوله شدند. اثر دانه گرده والدهای پدری بر طول میوه، وزن میوه، تعدا حجره و تعداد بذر مورد آنالیز آماری قرار گرفت. در زمان رسیدگی کامل میوه‌ها، از هر کرت به طور تصادفی ۲۰ میوه انتخاب شد و طول میوه‌ها به وسیله کولیس دیجیتالی و وزن میوه‌ها به وسیله ترازوی دیجتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شدند. تعداد بذر و تعداد حجره هر میوه از طریق شمارش ثبت گردیدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار (پنج گیاه برای هر جمعیت) اجرا شد. تیمارها شامل ۱۵ جمعیت مختلف گوجه فرنگی می‌باشند. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده به‌صورت یک‌طرفه با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. اجزای واریانس، وراثت‌پذیری عمومی، ضرایب تنوع فنوتیپی، ژنوتیپی و محیطی نیز محاسبه شدند.

نتایج و بحث

صفات مرتبط با میوه حاصل از خودگشنی گوجه فرنگی

نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف مورفولوژیکی میوه نشان داد بین توده‌های مورد مطالعه از نظر صفات طول میوه، وزن میوه، تعداد حجره میوه و تعداد بذر میوه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۲). معنی‌دار بودن صفات، نشان دهنده وجود دامنه وسیعی از تنوع در جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر صفات مورد بررسی می‌باشد. از آنجائیکه تنوع و انتخاب دو رکن اصلی هر برنامه اصلاحی هستند و انجام انتخاب منوط به وجود تنوع مطلوب در مواد اصلاحی مورد بررسی می‌باشد، لذا با توجه به تنوع مشاهده شده بین جمعیت‌ها، امکان انتخاب آن‌ها برای صفات مختلف وجود دارد. همچنین وجود این تنوع در جمعیت‌های مورد مطالعه، به درک بهتر مکانیزم‌های مولکولی تولیدکننده هر کدام از صفات اندازه‌گیری شده نیز کمک می‌کند (۱۶). بسیاری از پژوهش‌گرها با بررسی صفات مختلف کمی و کیفی میوه در بین ارقام مورد مطالعه گوجه فرنگی، تفاوت معنی‌داری گزارش کردند که حاکی از متغیر بودن و تنوع بالای این صفات در بین ارقام می‌باشد (۱۵،۱۰). همچنین در تحقیقی روی ۹۷ جمعیت گوجه فرنگی ارومیه و قسمتی از ترکیه، گزارش شده است که بین جمعیت‌های مورد مطالعه از نظر تمامی صفات مورفولوژیکی گیاه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد (۸).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در توده‌های گوجه فرنگی حاصل از خودگشنی
Table 2. Analysis of variance of traits in self-pollination tomato accessions

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن میوه	طول میوه	تعداد حجره میوه	تعداد بذر	تعداد روز تا ظهور میوه
بلوک	۲	۴۲/۳۱ ns	۰/۶۰ ns	۱/۶۲ ns	۴۱۲/۲ ns	۰/۰۳ **
توده	۱۴	۸۳۸۷/۴ **	۱۰/۰۹ **	۲۶/۸۷ **	۱۵۴۱۹/۱ **	۹۰/۷۱ **
خطا	۲۸	۲۱۸/۰۷	۰/۳۳	۱/۱۴	۴۰۴/۴	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۲۴/۲۶	۱۰/۸۵	۲۶/۱۸	۱۹/۵۴	۰/۳

*و**: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد. ns: عدم اختلاف معنی‌دار.

مقایسه میانگین صفات نشان داد صفات وزن میوه، طول میوه و تعداد حجره به‌ترتیب با مقادیر ۲۰۰ گرم، ۸/۸۳ میلی‌متر و ۱۲ عدد در توده ارومیه بیشترین مقدار را دارد. در توده کرمانشاه بیشترین تعداد بذر میوه با ۳۲۳ عدد در هر میوه ثبت شد. توده کفشگیری با طول ۳/۳۳ میلی‌متر و وزن میوه ۹/۱۷ گرم، به عنوان یکی از کوچک‌ترین میوه‌ها می‌باشد (جدول ۳ و ۴) که مناسب استفاده در واحدهای فراوری برای کنسرو کردن و نگهداری در قوطی است. توده سمنان به عنوان یک میوه متوسط دارای وزن میوه به اندازه ۱۴۴ گرم بود. اندازه نهایی میوه در گوجه‌فرنگی به عوامل متعددی از جمله تعداد برچه‌های تخمدان، تعداد دانه، ترتیب میوه بستن در یک خوشه و شرایط محیطی غالب در دوره رشد بستگی دارد. از بین این عوامل، موقعیت و ترتیب میوه‌دهی در خوشه عامل مهم‌تری در تعیین اندازه میوه گوجه‌فرنگی است که به نوبه خود تحت تأثیر نوع رقم و ویژگی‌های آن قرار دارد (۲). طبق گزارش منتشر شده، اندازه مطلوب میوه از نظر بازاریابی حدود ۱۵۰-۱۴۰ گرم است و میوه‌های خیلی درشت یا ریز بازارپسندی ندارند، اگرچه میوه‌های درشت ممکن است باعث افزایش عملکرد شوند (۳). از آنجائیکه جمعیت‌های مورد مطالعه در این پژوهش، جمعیت‌های محلی و خودرو هستند، دارای میانگین وزن کمتری نسبت به حد نصاب بازارپسندی می‌باشند. به نظر می‌رسد به همین دلیل است که این جمعیت‌ها علی‌رغم داشتن انواع مقاومت‌ها و ارزش غذایی بالا، هنوز به صورت تجاری پرورش داده نمی‌شوند. با این حال میوه جمعیت ارومیه، به عنوان سنگین‌ترین میوه، می‌تواند برای مصارف تازه خوری مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده توده های مختلف گوجه فرنگی حاصل از خودگشنی
Table 3. Mean comparison of self-pollination tomato traits in different accessions

توده	وزن میوه (گرم)	طول میوه (میلیمتر)	تعداد حجره میوه	تعداد بذر	تعداد روز تا ظهور میوه
ارومیه	۲۰۰ a	۸/۸۳ a	۱۲ a	۱۹۶/۶ b	۱۲۵ a
سمنان	۱۴۴ b	۶/۸۳ b	۶/۳۳ c	۹۳/۳۳ d	۱۱۰ d
سیرجان	۸۰/۹۷ c	۷/۰۳ b	۲/۶۶ d	۸۰/۳۳ de	۱۱۰ d
شاهرود	۷۹/۴۸ c	۵/۴۶ c	۵/۶۶ c	۹۴/۶۷ d	۱۱۵ c
کرمانشاه	۷۲/۳۳ c	۷/۰۳ b	۹/۳۳ b	۳۲۳ a	۱۲۰ b
ورامین	۶۸/۳۳ cd	۶/۹۳ b	۲/۳۳ d	۷۲/۳۳ der	۱۱۵ c
همدان	۶۵/۳۰ cd	۵/۸ c	۲/۶۶ d	۷۱/۶۷ der	۱۱۰ d
نیشابور	۵۶ cd	۶/۱۳ bc	۳/۶۶ d	۷۶/۳۳ der	۱۱۰ d
زنجان	۴۳/۳۳ de	۵/۳۳ c	۲/۳۳ d	۳۹ f	۱۲۵ a
گرگان	۲۲ ef	۳/۶۶ d	۲/۳۳ d	۱۴۲ c	۱۱۵ c
کردستان	۲۱/۶۷ ef	۳/۰۳ d	۲/۶۶ d	۶۷/۶۷ der	۱۲۵ a
رشت	۱۸/۵۰ ef	۳/۶۰ d	۲/۳۳ d	۷۵ der	۱۱۵ c
اسفراین	۱۸/۳۳ ef	۳/۸۳ d	۲/۳۳ d	۵۳/۳۳ ef	۱۲۰ b
ساری	۱۳/۳۳ f	۲/۸۳ d	۲/۳۳ d	۸۹/۶۷ de	۱۱۵ c
کفشگیری	۹/۱۷ f	۳/۳۳ d	۲/۳۳ d	۶۸/۶۷ der	۱۱۵ c

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری بر اساس آزمون دانکن ندارند.

جدول ۴- میانگین، دامنه، نام توده دارای مقدار بیشتر، کمتر و ضریب تغییرات صفات مورد مطالعه در توده‌های گوجه فرنگی حاصل از خودگشنی
Table 4. Mean, range, name of the accession with more, less and coefficient of variation of traits in self-pollination tomato accessions

صفات	میانگین	دامنه		توده	ضریب تغییرات
		بیشترین	کمترین	بیشتر-کمتر	
وزن میوه (گرم)	۶۰/۸۵	۲۰۰	۹/۱۷	ارومیه-کفشگیری	۲۴/۲۶
طول میوه (میلیمتر)	۵/۳۱	۸/۸۳	۲/۸۳	ارومیه -ساری	۱۰/۸۵
تعداد حجره میوه	۴/۰۸	۱۲	۲/۳۳	ارومیه - گرگان	۲۶/۱۸
تعداد بذر میوه	۱۰۲/۹۱	۳۲۳	۳۹	کرمانشاه- زنجان	۱۹/۵۴
تعداد روز تا میوه دهی	۱۱۶/۳۶	۱۲۵	۱۱۰	ارومیه -سمنان	۰/۳

توارث‌پذیری

از ضرایب تنوع ژنوتیپی، فنوتیپی و محیطی برای تعیین وجود یا عدم وجود تنوع استفاده می‌شود. مقایسه این ضرایب تاثیر عوامل محیطی را بر روی صفت مورد بررسی نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل از توارث پذیری (جدول ۵)، در همه صفات مورد مطالعه ضریب تنوع ژنتیکی بیشتر از ضریب تنوع فنوتیپی بود که نشان‌دهنده تأثیر کمتر عوامل محیطی بر این صفات بود. هرچه اختلاف مقدار ضریب تغییرات ژنوتیپی از ضریب تغییرات فنوتیپی کمتر باشد، نشان می‌دهد که اثر محیط روی صفت مورد نظر کمتر است و لذا گزینش در جهت اصلاح چنین صفتی کارآیی لازم را دارد.

همچنین توارث‌پذیری عمومی صفات (h^2) نیز برآورد شد. صفات وزن میوه، طول میوه، تعداد حجره و تعداد بذر دارای وراثت‌پذیری بالایی از ۸۸ تا ۹۲ درصد بودند (جدول ۴). چنانچه توارث‌پذیری صفتی بیشتر از ۵۰ درصد باشد، صفت دارای توارث‌پذیری بالا، چنانچه توارث‌پذیری عمومی صفتی بین ۲۰ تا ۵۰ درصد باشد، صفت دارای توارث‌پذیری متوسط و چنانچه توارث‌پذیری صفت مورد نظر کمتر از ۲۰ درصد باشد، صفت دارای توارث‌پذیری پایین می‌باشد (۶). طبق این نظریه وراثت‌پذیری صفات مورد ارزیابی در مطالعه حاضر در حد بالایی بود، زیرا مقادیر ضرایب تنوع ژنتیکی بزرگ‌تر از فنوتیپی بود که نشان‌دهنده دخالت کمتر اثر محیط می‌باشد (جدول ۴). صفات با وراثت‌پذیری بالا توسط تعداد کمی ژن با اثر زیاد، کنترل می‌شوند که این نشان‌دهنده نقش بالای عمل افزایشی ژن‌ها و تأثیر کم عامل‌های محیطی بر کنترل این صفات است (۲۱). با توجه به توارث‌پذیری بالای صفات مذکور، برای اصلاح این صفات می‌توان از روش‌های گزینش بر اساس فنوتیپ استفاده کرد.

جدول ۵- مقادیر ضرایب تنوع فنوتیپی، ژنوتیپی، محیطی و وراثت‌پذیری عمومی صفات مرتبط با میوه حاصل از خودگشنی گوجه فرنگی
Table 5. Values of phenotypic, genotypic, environmental and general heritability coefficients of fruit traits resulting from self-pollination tomato

صفات	واریانس محیطی	واریانس ژنتیکی	واریانس فنوتیپی	وراثت‌پذیری عمومی	ضریب تنوع محیطی (درصد)	ضریب تنوع ژنتیکی (درصد)	ضریب تنوع فنوتیپی (درصد)
وزن میوه	۲۲۱/۸	۲۷۲۱/۸	۲۹۴۳/۶	۹۲	۲۴/۴۷	۸۵/۷۷	۸۹/۱۶
طول میوه	۰/۳۳	۳/۲۵	۳/۵۸	۹۰	۱۰/۸۱	۳۳/۹۵	۳۵/۶۳
تعداد حجره	۱/۱۴	۸/۵۷	۹/۷۱	۸۸	۲۶/۱۶	۷۱/۷۵	۷۶/۳۷
تعداد بذر	۴۰۴/۴	۵۰۰۴/۹	۵۴۰۹/۳	۹۲	۱۹/۵۴	۶۸/۷۴	۷۱/۴۶

اثر دانه گرده بر میوه‌بندی گوجه فرنگی

در آزمایش اثر دانه گرده، وزن میوه و تعداد بذر میوه در هر سه توده رشت، اسفراین و کردستان به طور معنی داری در سطح یک درصد تحت تأثیر اثر دانه گرده قرار گرفتند و کاهش معنی داری را نشان دادند. میانگین وزن میوه توده های گرده افشانی شده با توده‌های کفشگیری، اسفراین، سیرجان و کردستان کمتر از میانگین وزن میوه در حالت خودگشنی هست (جدول ۶ و ۷ و ۸). کاهش وزن میوه‌های تولید شده توسط گرده غیرخودی احتمالا به علت نفوذ کم لوله‌ی گرده‌ی به خامه و کاهش لقاح با تخمک‌ها می باشد. بنابراین، وزن میوه در هنگام برداشت به تعداد بذرهای تشکیل‌شده در طول دوره‌ی گرده‌افشانی و باروری بسیار وابسته است. انتخاب تلاقی‌های صحیح و انجام گرده‌افشانی مصنوعی با کارایی بالا باعث افزایش بذر در میوه در نتیجه باعث افزایش وزن میوه می‌شود (۱۲). تاثیر نوع دانه گرده بر افزایش یا کاهش وزن میوه در مقایسه با شاهد (خودگشنی) بیانگر وجود پدیده متازنیا در گوجه فرنگی در این تحقیق می‌باشد. زنیا به اثر دانه گرده بر جنین و آندوسپرم و متازنیا به اثر دانه گرده بر بافت میوه گفته می‌شود. برخی نیز زنیا را به عنوان اثر ژن‌های گرده بر نمو میوه و بذر تعریف کردند (۱). در هندوانه، اثر زنیا سبب تردشدن بخش گوشتی، سرعت بخشیدن در رسیدگی بذرها و افزایش میزان قند می‌شود (۹). زنیا و متازنیا در خیار نیز گزارش شده است (۱). تولید بذر بیشتر، افزایش تقسیم سلولی سلول‌های فرابر میوه و در نتیجه افزایش وزن میوه را به دنبال دارد. از آنجایی که بذرهای در حال رشد هورمون‌هایی تولید می‌کنند که این هورمون‌ها رشد میوه را تحت تاثیر قرار می‌دهد، تفاوت در مواد درونی بذر باعث اختلاف در ابعاد و وزن میوه‌ها می‌شود. هورمون‌های تولیدشده اغلب از نوع جیبرلین است که رشد دیواره‌ی تخمدان را تحریک می‌کند. این هورمون نیز تولید اکسین‌ها را تحریک می‌کند. اکسین تولید شده قابلیت ارتجاعی دیواره‌ی سلول را افزایش می‌دهد (۹). در این حالت فشار دیواره‌ی سلول کاهش یافته آنگاه آب به داخل سلول راه پیدا نموده و یاخته بزرگ می‌شود. بذر، یکی از منابع تولید و ذخیره‌ی

سیتوکینین است (۹). سیتوکینین‌ها با تغییری که در متابولیسم ایجاد می‌کنند باعث جمع‌آوری برخی از مولکول‌ها مانند اسیدهای آمینه، فسفات‌های معدنی، قندها و مواد محلول دیگر می‌شوند. بنابراین اختلاف در نوع بذر، باعث ایجاد اختلاف در میزان سیتوکینین و در نتیجه در میزان مواد جامد محلول در میوه خواهد شد (۱۲).

یک ژنوتیپ وحشی گوجه فرنگی با نام علمی *Solanum galapagense* دارای کرکهای زیاد در سطح میوه و بذرهای کوچک است. تلاقی این گیاه به عنوان گرده زا با دو رقم اهلی Puse Ruby و Micro-Tom که دارای کرکهای خیلی کم در سطح میوه و بذرهای بزرگ بودند باعث تولید میوه‌های با کرک زیاد و بذرهای کوچکتر نسبت به میوه‌های اهلی خودگشن شد که نشان‌دهنده تأثیر متازنیا و زنیا است (۷). در گزارشی بیان شده است که اثر گرده گوجه فرنگی رقم و زرد گلابی سبب افزایش وزن و حجم میوه های گوجه فرنگی رقم های نارنجی زیتونی و قرمز زیتونی شده است (۱۳) که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی ندارد. دانه‌ی گرده‌ی گونه‌های مختلف یک جنس با توجه به شرایط رشد و نمو، سن و تغذیه‌ی گیاه می‌توانند دارای مقادیر مختلفی از عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف، هیدرات‌های کربن، اسیدهای آمینه، پروتئین، اسید نوکلئیک، آنزیم‌ها و هورمون‌های گیاهی باشند که تفاوت در میزان هر یک می‌تواند به تنهایی باعث بسیاری از تغییرها شود. برای مثال، مقادیر کمتر از حد لازم از هیدرات‌های کربن و یا عناصر کلسیم و بور می‌تواند باعث کاهش زیوایی و میزان تندش دانه‌ی گرده گردد (۲۰). دانه‌های گرده‌ی گونه‌های مختلف یک جنس دارای مقادیر متفاوتی از اسید آمینه‌های تریپتوفان و متیونین هستند که به ترتیب پیش‌سازهای اکسین و اتیلن که در رشد و رسیدن میوه نقش عمده‌ای دارند می‌باشند. به طور کلی، تاثیر دانه‌ی گرده بر ویژگی‌های میوه و بذر و همچنین بافت مادری، از مکانیزم‌های پیچیده‌ای برخوردار است و مربوط به عمل ژن‌های دخالت‌کننده در مکانیزم رشد تخمدان و رویان و هورمون‌های ترشح‌کننده از رویان و داندرون می‌باشد (۱۲).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر دانه گرده توده‌های سیرجان، کفشگیری و اسفراین بر صفات میوه توده رشت
Table 6. Mean comparison of the of pollen grains effect of Sirjan, Kafshgiri and Esfarayen accessions on fruit set of Rasht accession

منبع دانه گرده	وزن میوه (گرم)	طول میوه (میلیمتر)	تعداد حجره میوه	تعداد بذر
سیرجان	۱۰/۱۶ b	۳/۰۳ a	۲/۰۰ b	۳۴/۶۶ b
کفشگیری	۸/۱۰ b	۲/۹۳ a	۳/۰۰ a	۳۷/۶۶ b
اسفراین	۹/۰۰ b	۳/۱۰ a	۲/۶۶ ab	۴۱/۰۰ b
خودگشنی رشت	۱۸/۵ a	۳/۶۰ a	۲/۳۳ ab	۷۵/۰۰ a
سطح معنی داری	۰/۰۰۰۱	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۰۰۰۵
ضریب تغییرات	۹/۱۸	۱۲	۱۸/۸۵	۱۲/۶۲

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری بر اساس آزمون دانکن ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر دانه گرده توده‌های کفشگیری و کردستان بر صفات میوه توده اسفراین
Table 7. Mean comparison of the of pollen grains effect of Kafshgiri and Kurdestan accessions on fruit set of Esfarayen accession

منبع دانه گرده	وزن میوه (گرم)	طول میوه (میلی‌متر)	تعداد حجره میوه	تعداد بذر
کفشگیری	۹/۱۶ b	۳/۷۰ a	۲/۶۶ a	۳۹/۳۳ b
کردستان	۸/۵۳ b	۳/۵ a	۳/۰۰ a	۳۶/۶۶ b
خودگشنی اسفراین	۱۸/۳۳ a	۳/۸۳ a	۲/۳۳ a	۵۳/۳۳ a
سطح معنی داری	۰/۰۱	۰/۸۲	۰/۱۱	۰/۰۳
ضریب تغییرات	۱۹/۲۸	۱۷/۵	۱۹/۲۴	۱۲/۴۴

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری بر اساس آزمون دانکن ندارند.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر دانه گرده توده‌های اسفراین و کفشگیری بر صفات میوه توده کردستان
Table 8. Mean comparison of the of pollen grains effect of Esfarayen and Kafshgiri accessions on fruit set of Kurdestan accession

منبع دانه گرده	وزن میوه (گرم)	طول میوه (میلیمتر)	تعداد حجره میوه	تعداد بذر
اسفراین	۸/۱۴ b	۲/۶ a	۲/۰۰ a	۴۱/۰۰ b
کفشگیری	۸/۷۶ b	۳/۰۶ a	۲/۳۳ a	۳۶/۳۳ b
خودگشنی کردستان	۲۱/۶۶ a	۳/۰۶ a	۲/۶۶ a	۶۷/۶۶ a
سطح معنی داری	۰/۰۰۱	۰/۳۷	۰/۴۴	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات	۱۴/۱۷	۱۴/۲۷	۲۴/۷۴	۷/۸۳

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری بر اساس آزمون دانکن ندارند.

نتیجه‌گیری کلی

در جمع‌بندی نتایج اثر دانه گرده می‌توان بیان کرد که گرده توده‌های گوجه فرنگی روی وزن میوه و تعداد بذر تاثیر چشمگیری داشته است که از جنبه مصرف خوراکی و اقتصادی مهم تلقی می شوند و لیکن بر طول میوه و تعداد حجره تاثیری نداشته است. این نتایج نشان می‌دهند که انتخاب نوع گرده زا در مزارع متراکم گوجه فرنگی دارای اهمیت است و در مزارعی که اصول علمی رعایت نشده و

انواع مختلفی از توده‌ها بطور مخلوط یا نزدیک به هم کشت شده باشند امکان ایجاد تلاقی‌های ناخواسته و اثرات خاص بر میوه‌ها وجود دارد که بسته به صفت ممکن است مثبت یا منفی تلقی شود. بذور بدست آمده از تلاقی ها در پژوهش حاضر، قابلیت جوانه زنی مطلوبی داشته و هم اکنون در حال غربالگری و ارزیابی بوده تا در آینده به عنوان رقم مورد استفاده قرار گیرند. همچنین با توجه به توارث‌پذیری بالای صفات وزن میوه، طول میوه، تعداد حجره و تعداد بذر، برای اصلاح این صفات می‌توان از روش‌های گزینش بر اساس فنوتیپ استفاده کرد.

منابع

1. Bulant, C. and A. Gallais. 1998. Xenia effects in maize with normal endosperm. I. Importance and stability. Crop Science, 39: 1517-1525.
2. Cockshull, K.E., C.G. Graves and C.R.J. Cave. 1992. The Influence of shading on yield different stages of maturity on the quality of three cultivars of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill). Science Biology, 5: 371-375.
3. Daftarian, F. and M. Golabadi. 2018. Evaluation of Fruit Yield and Quality in some GreenhouseTomato Genotypes . Journal of Crop Production and Processing, 8(1): 113-126
4. Falconer, D.S. and T.F. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics. Elsevier. New York, USA. pp: 325-330.
5. FAO. 2019. Agricultural production, crops primary. http://www.fao.org/faostat.
6. Farshadfar, E. 1998. Application of Biometrical genetics in plant Breeding. Razi University Press, 528 (In Persian).
7. Fernando, A.P., D.B. Katherine, A. Marcilio and Giancarlo, C.X.O. 2013. Interspecific xenia and metaxenia in seeds and fruit of tomato. Scientia Agricola, 70(2): 102-107.
8. Henareh, M., A. Dursun and B.A. Mandoulakani. 2015. Genetic diversity in tomato landraces collected from Turkey and Iran revealed by morphological characters. Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus, 14(2): 87-96.
9. Hopping, M.E. 1990. Floral biology, pollination and fruit set. Aukland, New Zealand, 71: 96.
10. Isack, M.E. and L. Monica. 2013. Effect of post-harvest handling practices on physico-chemical composition of tomato. Journal of Agricultural Technology, 9(6): 1655-1664.
11. Johns, M.A., P.W. Skroch, J. Nienhuis, P. Hinrichsen, G. Bascur and C. Munoz-Schick. 1997. Gene pool classification of common bean landraces from Chile based on RAPD and morphological data. Crop Science, 37(2): 605-613.
12. Mashayekhi, K. and A. Shomali. 2018. Botany, physiology and culture of vegetable. Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources press. pp 502.
13. Olfati, J. and T. Ekram-Nosratian. 2019. Pollen Source and Grafting Effects on Morphological Characteristics and Lycopene Pigment of Tomato Fruit. Journal of Soil and Plant Interactions, 10(2): 79-87.
14. Rahaii, J., M. Hassanpour Asil, H. Samizadeh Lahiji and R. Onsinejad. 2016. Investigation the relationship between fruit morphologic characteristics and quality in tomato lines via correlation coefficients and path analysis. Iranian Journal of Horticultural Science, 47(2): 233-245.
15. Regassa, M.D., A. Mohammed and K. Bantte. 2012. Evaluation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes for yield and yield components. African Journal of Plant Science and Biotechnology, 6(1): 45-49.
16. Roberts, R., S. Mainiero, A.F. Powell, A.E. Liu, K. Shi, S.R. Hind and G.B. Martin. 2019. Natural variation for unusual host responses and flagellin-mediated immunity against Pseudomonas syringae in genetically diverse tomato accessions. New Phytologist, 223(1): 447-461.
17. Sanzol, J. and M. Herrero. 2001. The "Effective pollination period" in fruit trees. Scientia Horticulturae, 90. 1-17.
18. Sato, S., M.M. Peet and R.G. Gardner. 2004. Altered flower retention and developmental patterns in nine tomato cultivars under elevated temperatures. Scientia Horticulturae, 101: 95-101.
19. Shabarish Rai, P., R. Mulge, M.S. Kulkarni, T.B. Allolli, N.K. Hegde and G. Prabhuling. 2018. Gene effects for fruit yield and its component traits in cucumber (*Cucumis sativus* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7: 193-198.
20. Shivanna, K.R. 2003. Pollen biology and biotechnology. Sci. Pub. 301 p.
21. Shukla, S., A. Bhargava, A. Chatterjee, A. Srivastava and S. Singh. 2006. Genotypic variability in vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) for foliage yield and its contributing traits over successive cuttings and years. Euphytica, 151:130-110.
22. Sousaraei, N., K. Mashayekhi, S.J. Mousavizadeh, V. Akbarpour, J. Medina and S. Aliniaeifard. 2021a. Screening of tomato landraces for drought tolerance based on growth and chlorophyll fluorescence analyses. Horticulture, Environment and Biotechnology, https://doi.org/10.1007/s13580-020-00328-5.
23. Sousaraei, N., K. Mashayekhi, S.J. Mousavizadeh and A. Dadrasi. 2020. Evaluation of Morpho-physiological Fruit Traits of Some Tomato Populations in Iran Using Correlation Coefficients and Cluster Analysis. Journal of Horticultural Science and Technology, 21(1): 61-74.

24. Sousaraei, N., B. Torabi, K. Mashaiekhi, E. Soltani and S.J. Mousavizadeh. 2021b. Variation of seed germination response to temperature in tomato landraces: An adaptation strategy to environmental conditions. Scientia horticulturae, 281, . doi: 10.1016/j.scienta.2021.109987.
25. Nouri, M., A. Motallebi-azar, M. Saidi, J. Panahandeh, D. Zarehaghi and S. Rasooliazar. 2019. Combining Ability Estimates for Yield Some Traits in Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) by Line×Tester. Journal of Crop Breeding, 11(32): 22-32 (In Persian).
26. Pezeshkpour, P. and S. Afkar. 2018. The Study of Genetic Diversity, Heritability and Genetic Advance of Morphological Traits, Yield and Yield Components in Different Chickpea (Cicer arietinum) Genotypes Journal of Crop Breeding, 9(24): 61-68 (In Persian).

Fruit heritability and the Effect of Pollen on Fruit Set of Some Tomato (*Solanum esculentum* Mill.) Accessions

Ghorban Nazar Foroud[1], Seyyed Javad Mousavizadeh[2], Vahid Akbarpoor[3] and Kambiz Mashayekhi[4]

1- M.Sc. Student, Department of Horticultural Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
2- Assistance Professor, Department of Horticultural Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran, (Corresponding author: mousavizadeh@gau.ac.ir)
3- Assistance Professor, Department of Horticultural Science, Sari University of Agricultural Science and Natural Resources, Sari, Iran
4- Associated Professor, Department of Horticultural Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
Received: February 7, 2021 Accepted: July 31, 2021

Abstract

In this study, the fruit heritability of 15 different accessions of Iranian tomato (Urmia, Gorgan, Kafshgiri, Sari, Rasht, Kurdistan, Kermanshah, Semnan, Shahroud, Zanjan, Varamin, Esfarayen, Neishabour, Sirjan, Hamedan) and fruit set through pollen grain source, were measured in in Kalaleh city of Golestan province in 2019. The experiment was conducted in a randomized complete block design with 15 populations in three replications (five plants per population). After pollination, the fruits were evaluated in the laboratory and their seeds were extracted and collected. Traits including number of fruits per plant, fruit weight, number of cells and number of seeds were evaluated. Phenotypic diversity, genotypic diversity, environmental diversity and general heritability of traits were calculated. The results showed that fruit weight, fruit length and number of locular cavity respectively with 200 g, 8.83 mm and 12 had the highest value in Varamin accession. In Kermanshah accession, the highest number of fruit seeds was recorded with 323 pieces per fruit. Kafshgiri accession, with a length of 3.33 mm and a fruit weight of 9.17 g, is one of the smallest fruits. Fruit weight, fruit length, number of locular cavity and number of seeds had high heritability from 88 to 92%. In all studied traits, the coefficient of genetic diversity was higher than the coefficient of phenotypic diversity, which showed less impact of environmental factors on these traits. The results also showed that the fruits obtained from the cross-pollination of different accessions (offspring from cross-pollination) had the lowest amount of fruit weight and number of seeds and the offspring from self-pollination had a higher amount. However, non-self pollen grains had no effect on fruit length and locular cavity. From the results of the present study, it can be inferred that the type of pollen grain can affect the quantitative characteristics of tomato seeds and fruits so that most traits in the cross-pollination had significantly lower values than the self-pollination. In order to increase the production efficiency of tomato, pollination with self pollen grains should be considered.

Keywords: Crossbreeding, Cross-pollination, General heritability Pollen grains, Self-pollination