

ارزیابی روابط عملکرد، صفات مرتبط با عملکرد و کیفیت میوه با استفاده از ضرایب همبستگی و تجزیه خوشه‌ای در برخی رگه‌های گوجه‌فرنگی

محمد بوجاریان^۱، حسینعلی اسدی قارنه^{۲*} و مریم گل‌آبادی^۳

۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۶)

چکیده

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) گیاهی از تیره سیب‌زمینی‌سانان (Solanaceae) و دومین سبزی پرمصرف جهان است که ارزیابی عملکرد میوه و صفات مؤثر بر آن در گزینش رقم‌های مطلوب حائز اهمیت می‌باشد. به‌منظور بررسی روابط عملکرد، صفات مرتبط با عملکرد و کیفیت میوه در ۸۳ رگه S3 گوجه‌فرنگی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس تفاوت معنی‌داری برای رگه‌ها در تمام صفات مورد بررسی نشان داد. عملکرد میوه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با صفات متوسط تعداد و وزن میوه در هر رگه، طول و قطر میوه، ضخامت پریکارپ و اسید قابل تیتراسیون و همبستگی منفی و معنی‌داری با صفات تعداد روز تا رسیدگی ۵۰ درصد میوه و شاخص رسیدگی داشت. تجزیه خوشه‌ای، رگه‌ها را در پنج گروه قرار داد و برای تمام صفات به‌جز میزان مواد جامد محلول، تفاوت بسیار معنی‌داری بین گروه‌ها وجود داشت. بر اساس مقایسه میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای، رگه‌های گروه پنجم شامل ۲۸۲، ۲۶۹، ۲۶۰، ۲۸۰، ۲۷۶، ۲۴۴، ۲۱۳، ۲۴۷ و ۴۱۲ زودرس و دارای مقادیر بالای صفات مرتبط با عملکرد میوه بودند. همچنین بر اساس نمودارهای سه‌بعدی رسم‌شده، برخی از رگه‌ها دارای میزان اسید قابل تیتراسیون و نسبت طول به عرض میوه بالاتر و شاخص رسیدگی پایین‌تری نسبت به سایر رگه‌ها بودند و به‌دلیل خاصیت ماندگاری بالا، به‌عنوان رگه‌های مناسب جهت مصارف تازه‌خوری و فرآوری قابل توجه بوده و می‌توانند برای تولید هیبریدهای مطلوب استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: اسید قابل تیتراسیون، شاخص رسیدگی، ضخامت پریکارپ، مواد جامد محلول.

Assessment of yield, yield related traits and quality properties by correlation coefficients and cluster analysis in some tomato lines

Mohammad Bojarian¹, Hossein Ali Asadi-Gharneh^{2*} and Maryam Golabadi³

1, 2. Former M. Sc. Student and Assistant Professor, Department of Horticulture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

3. Assistant Professor, Department of Agronomy and plant Breeding, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

(Received: Aug. 28, 2017- Accepted: Jan. 16, 2018)

ABSTRACT

In order to evaluate yield, yield-related traits and fruit quality in 83 tomato lines, this experiment was conducted using Completely Randomized Block Design with three replications. Results of analysis of variance indicated highly significant genotypic differences for all studied traits. Fruit yield showed a positive and highly significant correlation with average of fruit number and weight, fruit length and diameter, pericarp thickness and titratable acidity (TA), and negative significant correlation with days to 50% maturing and ripening index (TSS/TA) traits. Cluster analysis classified all lines in five groups and there was highly significant difference among the clusters for all traits except TSS. Based on mean comparison between cluster analysis groups, the lines in cluster 5 including, 282, 276, 244, 213, 247 and 412 were early maturing and had a high value of yield related traits. Among the cluster 5 lines, some of them had a high titratable acidity and length to diameter ratio, and a lower TSS/TA than other line. These lines could introduce as suitable lines for fresh consumption and also for processing as a result of their long shelf life and could be used for production of suitable hybrids.

Keywords: Pericarp thickness, ripening index, total soluble solids, titratable acidity.

* Corresponding author E-mail: h.asadi@khuisf.ac.ir

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) گیاهی از تیره سیب‌زمینی‌سانان (Solanaceae) و دومین سبزی پر مصرف جهان است (Foolad, 2007). اگرچه مصرف گوجه‌فرنگی به صورت تازه معمول است، اما روز به روز بر مصرف آن در صنعت فرآوری نیز افزوده می‌گردد (Takeoka et al., 2001). مطابق آمار ارائه شده در سال ۲۰۱۶ میلادی ایران با تولید ۶/۳۷ میلیون تن از این محصول، در رده هفتم دنیا قرار دارد (FAO, 2016). در حال حاضر این سبزی ۲۵ درصد از کل تولیدات سبزی جهان را به خود اختصاص داده است (Faalian et al., 2009). وجود عواملی مثل بازار وسیع مصرف داخلی و امکان صادرات به کشورهای همسایه، از عوامل اساسی در توجه بیشتر به این محصول و افزایش سطح زیرکشت آن در مناطق مختلف ایران به‌ویژه در سال‌های اخیر به‌عنوان یک محصول استراتژیک بوده است (Mireki et al., 2014).

تنوع و انتخاب دو رکن اصلی هر برنامه اصلاحی بوده و انجام انتخاب منوط به وجود تنوع مطلوب در مواد اصلاحی مورد بررسی می‌باشد (Mwirigi et al., 2009). تنوع ژنتیکی گیاه گوجه‌فرنگی با استفاده از صفات ریخت‌شناسی میوه در بسیاری از تحقیقات در نقاط مختلف دنیا مورد مطالعه قرار گرفته است (Agong et al., 2001; Mazzucato et al., 2008; Al-Aysh et al., 2014; Osei et al., 2012). از مهم‌ترین صفات در گوجه‌فرنگی عملکرد میوه است و اساساً این صفت، صفت پیچیده‌ای است که در ارتباط با صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مختلفی شکل می‌گیرد (Sinebo, 2002). صفات مورفولوژیک و همچنین صفات وابسته به عملکرد، به دقت و با سادگی زیادی قابل اندازه‌گیری هستند و توارث‌پذیری نسبتاً بالایی نیز دارند؛ بنابراین گزینش بر اساس این صفات، ممکن است راه مطمئن و سریعی برای غربال کردن جوامع گیاهی و بهبود عملکرد باشد (Garcia et al., 2003). همبستگی بین صفات مختلف با عملکرد به تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی این صفات و ارزش آن‌ها به‌عنوان معیارهای انتخاب، کمک فراوانی می‌کند (Samadia et al., 2006). اگر هر کدام از اجزای عملکرد دارای وراثت‌پذیری بالاتری

نسبت به عملکرد باشند و همبستگی آن با عملکرد مثبت باشد، می‌توان این اجزاء را به تنهایی، برای بهبود عملکرد مورد گزینش قرار داد (Kumar et al., 2011). در مطالعه‌ای با بررسی صفات مختلف ۹۷ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی همبستگی منفی بین عملکرد میوه و تعداد روز تا رسیدگی ۵۰ درصد میوه و میزان مواد جامد محلول میوه مشاهده شد (Henareh et al., 2015). در پژوهشی که بر روی ارقام مختلف گوجه‌فرنگی صورت گرفت، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین عملکرد میوه گوجه‌فرنگی با تعداد گل در گل‌آذین مشاهده شد (Singh, 2005). در پژوهش انجام‌شده توسط Joshi et al. (2004) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ضخامت پریکارپ با عملکرد میوه مشاهده گردید. همچنین ارتباط مثبت و معنی‌داری بین تعداد میوه در بوته و عملکرد در گیاه گوجه‌فرنگی گزارش شده است (Dhankhar & Dhankhar, 2006).

با افزایش تعداد ژرم‌پلاسما، گروه‌بندی و تنظیم تنوع به گروه‌های مجزا براساس صفات مهم ضروری است. گروه‌بندی نمونه‌های حاوی تنوع بالا، استفاده از روش‌های آماری چند متغیره مانند تجزیه خوشه‌ای را ایجاب می‌کند. در تحقیقی ۳۰ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی بر اساس ۱۶ صفت اندازه‌گیری شده با استفاده از تجزیه خوشه‌ای در ۶ گروه قرار گرفتند (Shashikant et al., 2010).

از آنجایی‌که عملکرد و کیفیت مناسب میوه از مهم‌ترین صفات مورد ارزیابی در گوجه‌فرنگی می‌باشند؛ از طرفی دیگر این صفات متأثر از صفاتی مانند اجزای عملکرد می‌باشند، بنابراین تعیین روابط میان عملکرد و اجزای آن، از اهمیت ویژه‌ای در افزایش عملکرد برخوردار می‌باشد. لذا در این تحقیق صفات کمی و صفات مرتبط با کیفیت ۸۳ رگه S₃ گوجه‌فرنگی مورد مطالعه قرار گرفتند تا روابط میان این صفات مورد بررسی قرار گیرد. همچنین از روش آماری تجزیه خوشه‌ای، جهت گروه‌بندی رگه‌های مورد مطالعه استفاده شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه

جامد محلول به اسیدیتة کل) اندازه‌گیری شدند (Aoun *et al.*, 2013). تجزیه واریانس، ضرایب همبستگی و تجزیه خوشه‌ای با استفاده از نرم‌افزارهای آماری MSTAT-C و SPSS انجام شد.

جدول ۱. ارقام تجاری مورد استفاده به‌عنوان والد

Table 1. Used Commercial cultivars as parent

Cultivar	Producer country	Cultivar	Producer country
PETOPRID 5	American	SUPER CHIEF	Italy
XAMAN	American	CHIEF	Italy
IDEN	American	RIOGRAND	Italy
PETOPRID 2	American	ROCK STONE	Italy
ALEX	American	EARLY	Italy
FIRINZEH	American	URBANA Y	Italy
COMODORO	American	TITAN	Italy
WADISTAR	American	KIMIA	Iran
Ps 6515	American	ATRAK	Iran
SUPER	American	POULAD	Iran
URBANA	American	NAEEN	Iran

نتایج و بحث

تجزیه واریانس، میانگین، دامنه تغییرات و انحراف استاندارد صفات

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین رگه‌های S_3 گوجه‌فرنگی مورد مطالعه از لحاظ همه صفات بررسی‌شده، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت که دلیل بر وجود تنوع ژنتیکی زیاد برای صفات ارزیابی‌شده می‌باشد (جدول ۲)؛ لذا امکان انتخاب رگه‌ها برای صفات مختلف وجود دارد. بسیاری از محققین با بررسی صفات مختلف عملکرد و اجزای عملکرد، در بین ارقام مورد مطالعه گوجه‌فرنگی، تفاوت معنی‌داری گزارش کردند که حاکی از متغیربودن و تنوع بالای این صفات در بین ارقام می‌باشد (Eshteshabul *et al.*, 2010; Lemma, 2002; Kaushik *et al.*, 2011). نتایج آمار توصیفی صفات برای رگه‌های S_3 گوجه‌فرنگی ارزیابی‌شده در جدول ۳ نشان داده شده است. دامنه تغییرات برای اکثر صفات طیف وسیعی را نشان داد که وجود تنوع بالا بین رگه‌های مورد مطالعه را تأیید می‌نماید. وجود دامنه تغییرات وسیع برای اکثر صفات مورد مطالعه، از جهت اصلاح ژرم‌پلاسماها بسیار مفید است. به‌عنوان مثال دامنه تغییرات برای تعداد روز لازم برای ۵۰ درصد رسیدگی از ۱۴۰ روز برای رگه ۱۳۵ تا ۱۸۰ روز برای

تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، واقع در شرق اصفهان، با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ارتفاع ۱۵۵۰ متری از سطح دریا اجرا شد. اقلیم منطقه بر اساس تقسیم‌بندی کوپن، خشک بسیار گرم با تابستان‌های خشک و میانگین درازمدت بارندگی و درجه حرارت سالیانه منطقه به‌ترتیب ۱۲۰ میلی‌متر و ۱۶ درجه سانتی‌گراد بود. خاک محل مورد مطالعه دارای بافت سیلتی لومی با هدایت الکتریکی ۳ دسی زیمنس بر متر با pH ۷/۸ و ۰/۸ درصد کربن آلی بود. هشتاد و سه رگه S_3 که از جمعیت متنوع حاصل از تلاقی ارقام تجاری گوجه‌فرنگی (جدول ۱)، بعد از چهار نسل خودگشنی در بوته‌های انتخابی به‌دست آمده بودند، در ۳ تکرار و در هر تکرار ۹ بوته (نشاء) در اوایل بهار در مزرعه کشت شدند. پس از شخم مزرعه، پشته‌هایی با فاصله ۹۰ سانتی‌متر و عرض ۶۰ سانتی‌متر ایجاد و بوته‌ها در دو ردیف در لبه‌های پشته و با فاصله ۵۰ سانتی‌متر روی ردیف‌ها کشت شدند. در طی مراحل رشد گیاه، مراقبت‌های معمول زراعی بر حسب ضرورت انجام پذیرفت. صفات تعداد روز تا پنجاه درصد رسیدگی (تعداد روز از زمان کاشت تا زمانی که اولین میوه در پنجاه درصد بوته‌های هر رگه به‌طور کامل رسیده باشد)، تعداد میوه در گل‌آذین و درصد ریزش گل در طی مراحل رشد اندازه‌گیری شدند. برداشت میوه در طی سه نوبت انجام شد. در هر نوبت برداشت میوه، تعداد میوه برای هر رگه بر روی پنج بوته میانی از ۹ بوته هر تکرار محاسبه گردید. میوه‌ها در مرحله رسیده قرمز برداشت شدند و عملکرد میوه نیز بر اساس وزن میوه‌ها بر حسب گرم بر روی پنج بوته میانی از ۹ بوته هر تکرار اندازه‌گیری شد. جهت بررسی صفات ریخت‌شناختی میوه و کیفیت آن، تعداد ۱۰ میوه در برداشت از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل و صفات طول و قطر میوه بر حسب میلی‌متر، نسبت طول به قطر میوه، ضخامت پریکارپ میوه بر حسب میلی‌متر، درصد مواد جامد محلول (با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی، درصد اسیدیتة کل (به‌روش تیتراسیون) و شاخص رسیدگی (نسبت مواد

همبستگی صفات

بررسی همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که تعداد روز تا رسیدگی ۵۰ درصد میوه همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با تعداد میوه در گل‌آذین ($r = -0/346^{**}$) و عملکرد میوه ($r = -0/336^{**}$) و همبستگی منفی و معنی‌داری با قطر میوه ($r = -0/240^{**}$) دارد (جدول ۴). همبستگی منفی بین تعداد روز تا رسیدگی اولین میوه با عملکرد نشان می‌دهد که شروع زودتر باردهی رگه‌ها می‌تواند یک صفت مهم در ایجاد عملکرد بالا باشد. این امر می‌تواند به این دلیل باشد که گیاه در بازه زمانی بیشتری فرصت تولید میوه و افزایش عملکرد را خواهد داشت. این نتایج با یافته‌های *Regassa et al.* (2012) همخوانی دارد. همچنین همبستگی تعداد میوه در گل‌آذین با درصد ریزش گل، منفی و بسیار معنی‌دار بود ($r = -0/717^{**}$). متوسط تعداد میوه برای هر رگه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار با صفات ضخامت پریکارپ ($r = 0/359^{**}$)، عملکرد میوه ($r = 0/758^{**}$) و میزان اسید قابل تیتراسیون ($r = 0/373^{**}$) و همبستگی مثبت و معنی‌داری با قطر میوه ($r = 0/258^{**}$) داشت (جدول ۳). *Hannan et al.* (2007) همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین عملکرد میوه گوجه‌فرنگی با صفات تعداد میوه در گیاه گزارش نمودند. همبستگی متوسط تعداد میوه در هر رگه با شاخص رسیدگی میوه منفی و معنی‌دار بود ($r = -0/307^{**}$). این موضوع می‌تواند ناشی از این امر باشد که با افزایش تعداد میوه در گیاه، تعداد مخزن‌های دریافت مواد فتوسنتزی زیاد می‌شود و بنابراین رگه‌هایی مناسب‌تر هستند که توانسته‌اند بین ظرفیت منبع و مخزن و تجمع مواد جامد محلول تعادل برقرار نمایند.

متوسط وزن میوه در هر رگه با صفات قطر میوه ($r = 0/301^{**}$)، ضخامت پریکارپ ($r = 0/283^{**}$) و عملکرد میوه ($r = 0/597^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. طول میوه با صفات قطر میوه ($r = 0/512^{**}$)، نسبت طول به قطر میوه ($r = 0/605^{**}$)، ضخامت پریکارپ ($r = 0/456^{**}$)، عملکرد میوه ($r = 0/304^{**}$)، میزان اسید قابل تیتراسیون

رگه ۵۴ متغیر بود. در تحقیقی که *Henareh & Dursan* (2015) بر روی ۳۳ رقم بومی گوجه‌فرنگی ایران انجام دادند، دامنه تغییرات صفت تعداد روز تا رسیدگی پنجاه درصد میوه را ۱۴۰ تا ۱۷۳ روز گزارش نمودند. صفات تعداد میوه در گل‌آذین و متوسط تعداد میوه برای هر رگه S_3 به ترتیب دارای دامنه تغییرات ۱ تا ۶ و ۱/۵۵ تا ۱۰/۵۵ بودند (جدول ۳).

در تحقیقی که *Regassa et al.* (2012) بر روی ۹ رقم گوجه‌فرنگی انجام دادند، دامنه تغییرات تعداد میوه در گل‌آذین را بین ۲ تا ۵ عدد گزارش نمودند. وزن میوه که به‌طور مستقیم با عملکرد میوه در ارتباط می‌باشد، دارای مقادیر ۸/۲۹ گرم برای رگه ۱۲۸ و ۹۰/۰۶ برای رگه ۴۱۸ بود. صفات طول میوه در رگه‌های مختلف بین ۳۵/۳۳ تا ۸۹/۶۷ میلی‌متر و قطر میوه بین ۳۲/۱۷ و ۷۴/۶ میلی‌متر متغیر بودند. میانگین صفت نسبت طول به عرض میوه ۱/۰۹۲ بود که نشان‌دهنده بیشتر بودن طول میوه نسبت به قطر آن در بیشتر رگه‌های مورد بررسی می‌باشد (جدول ۲). چندین مطالعه بر روی گوجه‌فرنگی نشان دادند که طول میوه گوجه‌فرنگی دارای میانگین بالاتر از قطر میوه می‌باشد و مقادیر این صفات به ترتیب برابر با ۳۲ تا ۱۰۷ و ۴۷ تا ۹۰ میلی‌متر گزارش شده است (*Khokhar & Magnusdottir, 2002; Znidarcic et al., 2003; Kacjanmarsic et al., 2005; Eshteshabul et al., 2010*). تغییرات عملکرد بیشترین دامنه را در بین صفات مورد بررسی نشان داد. کم‌ترین میزان انحراف معیار مشاهده شده در بین صفات مربوط به صفت درصد اسید قابل تیتراسیون بود. همچنین دامنه تغییرات شاخص رسیدگی در رگه‌های S_3 گوجه‌فرنگی مورد مطالعه بین ۴/۴۵ تا ۱۳/۲۴ بود. بررسی ضریب تغییرات نشان داد که تنوع موجود در بین صفات مورد مطالعه متفاوت است، به‌طوری‌که در برخی صفات تنوع زیاد و در برخی تنوع کم‌تر وجود داشت. بیشترین ضریب تغییرات در صفت عملکرد مشاهده شد که نشان‌دهنده درصد تنوع بیشتر این صفت در بین صفات مورد مطالعه بود. کم‌ترین میزان ضریب تغییرات نیز مربوط به صفت تعداد روز تا رسیدگی ۵۰ درصد میوه بود (جدول ۳).

جامد محلول ($r=0/318^{**}$) و صفت عملکرد با صفات
 مواد جامد محلول ($r=0/314^{**}$) و صفت مواد جامد
 محلول با شاخص رسیدگی ($r=0/414^{**}$) مشاهده گردید
 (جدول ۴).
 رابطه مثبت و بسیار معنی‌دار و با شاخص
 رسیدگی ($r=0/292^{**}$) رابطه منفی و معنی‌داری داشت.
 در این نتایج همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین
 صفات ضخامت پریکارپ با عملکرد ($r=0/498^{**}$) و مواد

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در رگه‌های S_3 گوجه‌فرنگی

Table 3. Analysis of variance for studied traits in tomato lines

SOV	df	Mean of Squares						
		Days to 50% maturing	Fruit number per cluster	Fruit number average per plant	Single fruit weight	Percentage of flower loss	Fruit length	Fruit diameter
Replication	2	28.5	0.007	4.12	3.15	80.74	170.33	156.57
Lines	82	170.57**	3.07**	2498.2**	1988.6**	902.35**	401.18**	255.19**
Error	164	16.48	0.127	7.60	6.80	39.71	6.81	7.95
CV (%)	-	2.62	6.33	7.60	10.07	16.90	4.80	4.88

ادامه جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در رگه‌های S_3 گوجه‌فرنگی

Continued table 2. Analysis of variance for studied traits in tomato lines

SOV	df	Mean of Squares					
		L/D fruit	Pericarp thickness	Fruit yield	TSS	TA	TSS/TA
Replication	2	137.78	0.134	22940	0.129	0.001	0.271
Lines	82	265.08**	4.42**	13868833**	1.79**	0.094**	9.07**
Error	164	4.56	0.001	9456	0.063	0.004	0.657
CV (%)	-	4.15	7.41	3.50	4.80	9.20	7.10

** Significantly different at 1% of probability levels.

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۳. مقادیر میانگین، دامنه تغییرات و انحراف معیار صفات مورد مطالعه

Table 3. Mean, range and Standard deviation values of studied traits

Traits	Mean \pm Std. Error	Range			Std. Deviation	Coefficient of variation
		Minimum	Maximum	Lines Min - Max		
Days to maturing of 50% fruits	154.68 \pm 0.826	140	180	L135-L54	7.53	4.8
number of fruits per cluster	2.5984 \pm 0.100	1	6	L30-L108	0.92	35.18
number of fruit per line	31.658 \pm 2.249	1.55	100.55	L54-L269	20.49	64.73
Single fruit weight (gr)	30.755 \pm 1.861	8.29	90.06	L128-L418	16.96	55.15
LOSS%	7.113 \pm 1.905	0	75	L276-L258	17.35	46.77
Fruit length (mm)	53.4 \pm 1.180	35.33	89.67	L412-L31	10.83	20.28
Fruit diameter (mm)	49.49 \pm 0.959	32.17	74.6	L244-L229	8.74	17.65
L/D fruit	1.092 \pm 0.028	0.72	1.68	L412-L135	0.21	19.10
Thickness of pericarp (mm)	6.6839 \pm 0.123	4.18	9.04	L183-L282	1.12	16.85
Fruit yield (gr)	2725.2 \pm 236.000	83	12420.33	L54-L282	2150.1	78.89
TSS%	5.2786 \pm 0.084	3.47	7.67	L110-L267	0.78	14.66
TA%	0.7255 \pm 0.016	0.38	1.17	L269-L163	0.15	20.73
TSS/TA	7.566 \pm 0.198	4.45	13.24	L163-L267	1.81	23.95

جدول ۴. همبستگی بین صفات مورد بررسی در رگه‌های S_3 گوجه‌فرنگی

Table 4. Correlation between studied traits in tomato lines

	DM	F/C	F/P	FW	LOSS	FL	FD	L/D	PT	FY	%TSS	%TA	TSS/TA
Days to 50% maturing (DM)	1												
Fruit number per cluster (F/C)	-0.034	1											
Fruit number per line (F/P)	-0.346**	0.098	1										
Single fruit weight (FW)	-0.200	-0.090	0.144	1									
Percentage of flower loss (LOSS)	0.154	-0.717**	-0.127	0.008	1								
Fruit length (FL)	0.005	0.014	0.188	0.156	-0.071	1							
Fruit diameter (FD)	-0.240*	0.082	0.258*	0.301**	-0.189	0.512**	1						
L/D fruit (L/D)	0.238	-0.053	-0.051	-0.113	0.086	0.605**	-0.365*	1					
Pericarp thickness (PT)	-0.129	-0.021	0.359**	0.283**	-0.095	0.456**	0.252*	0.245*	1				
Fruit Yield (FY)	-0.336**	0.023	0.758**	0.597**	-0.080	0.304*	0.337*	0.012	0.498**	1			
TSS	0.009	0.049	0.050	0.040	0.114	-0.023	-0.096	0.043	-0.096	-0.003	1		
TA	0.070	-0.037	0.373**	0.180	0.057	0.292**	0.273*	0.031	0.318**	0.314**	0.194	1	
TSS/TA	-0.023	0.078	-0.307**	-0.172	0.030	-0.234*	-0.301*	0.039	-0.303**	-0.293**	0.414**	-0.783**	1

** و * : معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

DM: تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی، F/C: تعداد میوه در گل‌آذین، F/P: متوسط تعداد میوه در هر رگه، FW/P: متوسط وزن میوه در هر رگه بر حسب گرم، LOSS: درصد ریزش گل، FL: طول میوه بر حسب میلی‌متر، FD: قطر میوه بر حسب میلی‌متر، L/D: نسبت طول به قطر میوه، PT: ضخامت پریکارپ بر حسب میلی‌متر، FY: عملکرد میوه بر حسب گرم در متر مربع، TSS: درصد مواد جامد محلول، TA: درصد اسید قابل تیتراسیون، TSS/TA: شاخص رسیدگی.

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

DM: Days to 50% maturing, F/C: Fruit number per cluster, F/P: Average fruit number per each line, FW: Single fruit weight, FW/P: Average fruit weight per each line (g), LOSS: Percentage of flower loss, FL: Fruit length (mm), FD: Fruit diameter (mm), L/D: Fruit length to diameter ratio, PT: Pericarp thickness (mm), FY: Fruit Yield (g/m²), TSS: Total soluble solids, TA: Titratable acidity, Maturity index: TSS/TA.

در تحقیق *Joshi et al.* (2004) همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین صفات ضخامت پریکارپ و عملکرد میوه گوجه‌فرنگی مشاهده شد. بین شاخص رسیدگی با صفات ضخامت پریکارپ ($r = -0.303^{**}$)، عملکرد ($r = -0.293^{**}$) و اسید قابل تیتراسیون ($r = -0.783^{**}$) رابطه منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود داشت. در پژوهشی دیگر با بررسی کیفیت میوه سیزده رقم گوجه‌فرنگی، بین وزن میوه با میزان اسید قابل تیتراسیون همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r = 0.689^{**}$) و با شاخص رسیدگی همبستگی منفی و معنی‌دار ($r = -0.277^{**}$) گزارش شده است (Aoun et al., 2013).

تجزیه خوشه‌ای

به منظور گروه‌بندی رگه‌های S_3 گوجه‌فرنگی مورد مطالعه بر اساس صفات مورد بررسی، تجزیه خوشه‌ای با استفاده داده‌های استاندارد شده و روش ward انجام شد (شکل ۱). این تجزیه رگه‌های مورد مطالعه را بر اساس آزمون F بیل در ۵ گروه دسته‌بندی نمود. گروه‌ها، تعداد و رگه‌های موجود در هر گروه در جدول ۵ نشان داده شده‌اند. محققین در پژوهشی ۶۰ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی را به ۱۰ گروه تقسیم‌بندی نمودند و ژنوتیپ‌ها را بر اساس دارا بودن مقادیر صفتهایی مانند وزن میوه، تعداد میوه، ضخامت پریکارپ و عملکرد نهایی برای اهداف مختلف معرفی نمودند (Sharma & Verma 2001).

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای

نتایج مربوط به تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای (جدول ۶) نشان داد که برای صفت میزان مواد جامد محلول بین گروه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها برای متوسط وزن میوه در هر رگه در سطح احتمال ۵ درصد و برای سایر صفات در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. رگه‌های گروه اول دارای کم‌ترین مقدار از لحاظ صفات تعداد گل در گل‌آذین، طول میوه و ضخامت پریکارپ بودند. درصد ریزش گل در رگه‌های این گروه بیشتر از

سایر گروه‌ها بود. رگه‌های این گروه از نظر سایر صفات نیز در حد متوسطی قرار داشته و چندان قابل توجه نبودند. گروه دوم از لحاظ صفات تعداد روز تا رسیدن، نسبت طول به قطر میوه و شاخص رسیدگی بیشترین میانگین و از نظر صفات متوسط تعداد و وزن میوه برای هر رگه، قطر میوه، عملکرد و میزان اسید قابل تیتراسیون کمترین میانگین را دار بودند. در واقع این گروه شامل دیررس‌ترین و کم عملکردترین رگه‌ها بود. رگه‌های گروه سوم دارای بیشترین تعداد گل در گل‌آذین و کم‌ترین میزان درصد ریزش گل بودند. گروه چهارم دارای رگه‌هایی با بیشترین میزان اسید قابل تیتراسیون نسبت به سایر رگه‌ها بود. بنابراین رگه‌های این گروه دارای شاخص رسیدگی کمتری بوده و عملکرد پایین‌تری نسبت به رگه‌های پرعملکرد داشته و لذا تنها از نظر صفات مرتبط با کیفیت میوه مورد توجه هستند. در نهایت رگه‌های گروه پنجم دارای بیشترین میانگین صفات وابسته به عملکرد مانند متوسط تعداد و وزن میوه در هر رگه، همچنین صفات طول و قطر میوه، ضخامت پریکارپ و عملکرد میوه بودند. ضمن اینکه زودرس‌ترین رگه‌ها متعلق به این گروه بودند. میزان شاخص رسیدگی در رگه‌های این گروه نسبت به سایر گروه‌ها کم‌تر بود. پایین بودن میزان شاخص رسیدگی نشان‌دهنده بیشتر بودن میزان اسید قابل تیتراسیون نسبت به میزان مواد جامد محلول می‌باشد. اسید قابل تیتراسیون در زمان شروع رسیدگی میوه گوجه‌فرنگی در حداکثر میزان خود می‌باشد و با ادامه فرآیند رسیدن و حتی تا بعد از آن، این مقدار کاهش می‌یابد و برعکس میزان مواد جامد محلول در طی این دوره افزایش می‌یابد. با افزایش اسید قابل تیتراسیون نسبت به میزان مواد جامد محلول و در واقع کاهش شاخص رسیدگی در رگه‌ها، قابلیت ماندگاری میوه رسیده در مزرعه و حتی پس از زمان برداشت بیشتر می‌گردد و در نتیجه علاوه بر طولانی‌تر شدن زمان مورد نیاز برای برداشت، امکان استفاده میوه در جهت فرآوری نیز بالاتر می‌رود (Anthon et al., 2011).

پس از انجام تجزیه خوشه‌ای، با توجه به این‌که افراد هر گروه دارای کم‌ترین فاصله ژنتیکی می‌باشند،

دورگ‌گیری مفید است. با توجه به این‌که بیشترین فاصله ژنتیکی در بین گروه‌های اول و پنجم و گروه‌های چهارم و پنجم مشاهده شد و با توجه به این‌که گروه چهارم پس از گروه پنجم از نظر صفات وابسته به عملکرد در وضعیت مطلوب قرار دارد، بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به این مطلب و با توجه به این‌که اکثر ژن‌های گزارش شده در گوجه‌فرنگی، برای صفات مهم اقتصادی دارای اثر افزایشی می‌باشند، با انجام تلاقی بین رگه‌های این گروه‌ها، امکان بهره‌گیری از تفکیک متجاوز در نسل‌های بعدی گوجه‌فرنگی وجود دارد (Kumar *et al.*, 2017).

بنابراین در برنامه‌های اصلاحی جهت رسیدن به حداکثر تنوع ژنتیکی، باید افراد واقع در گروه‌های دور از هم را جهت تلاقی انتخاب نمود و با انجام تلاقی بین آن‌ها، امکان دستیابی به هیبریدهای مطلوب‌تر از نظر عملکرد میوه، صفات مرتبط با عملکرد و کیفیت میوه را فراهم نمود. بدین منظور، فاصله بین گروه‌ها به روش مربع فاصله اقلیدسی محاسبه گردید (جدول ۷). دورترین گروه‌ها، گروه‌های اول و پنجم با فاصله ۵/۷۰ و چهارم و پنجم با فاصله ۴/۶۹ و نزدیک‌ترین گروه‌ها، گروه‌های دوم و چهارم با فاصله ۲/۵۱ بودند. این اطلاعات برای تعیین والدین مناسب در برنامه‌های

جدول ۵. پراکنش ۸۳ رگه s_3 گوجه‌فرنگی در ۵ گروه حاصل از تجزیه خوشه‌ای

Table 5. Distribution of 83 tomato lines in 5 groups of cluster analysis

Cluster	No. Lines	Lines Code
Cluster 1	32	L2,L8,L18,L31,L52,L54,L58,L73,75,L83,L94,L102,L108,L110,L113,L117,L118,L131,L135,L142,L165,L203,L207,L229,L232,L238, L252,L258,L324,L358,L384,L418
Cluster 2	8	L1, L44, L68, L128, L163, L180, L197, L200
Cluster 3	15	L25, L30, L35, L43, L62, L66, L77, L133, L176, L183, L187, L192, L206, L237, L249
Cluster 4	19	L6, L38, L40, L85, L86, L96, L122, L151, L154,L161, L181, L196, L217, L218, L223, L242, L253, L256, L267
Cluster 5	9	L213, L244, L247, L260, L269, L276, L280, L282, L412

جدول ۶. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات برای گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای

Table 6. Analysis of variance and mean comparison in cluster analysis groups for studied traits

Traits	Mean Square		Mean of groups				
	Between Groups	Within Groups	Group1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
Days to 50% maturing)	209.99**	48.89	153.7603 ^b	164.0000 ^a	153.8447 ^b	154.6142 ^b	151.2244 ^b
Fruit number per cluster	22.24**	46.31	2.1719 ^c	2.6250 ^{bc}	3.6000 ^a	2.3947 ^{bc}	2.8522 ^b
Fruit number	12749.99**	21686.98	30.3300 ^b	13.1246 ^c	23.3558 ^{bc}	33.3974 ^b	63.0237 ^a
Single fruit weight	2916.17*	18910.35	28.3297 ^b	23.9038 ^b	25.3920 ^b	30.6647 ^b	45.6578 ^a
Percentage of flower loss	9796.14**	14911.73	45.8728 ^a	35.1588 ^{ab}	18.0553 ^c	43.4605 ^a	26.0744 ^{bc}
Fruit length	4944.57**	4675.49	45.3141 ^c	61.1388 ^{ab}	51.0380 ^c	59.2226 ^b	66.9211 ^a
Fruit diameter	2552.27**	3715.82	45.5913 ^c	41.8538 ^c	52.3927 ^b	51.0274 ^b	62.0867 ^a
L/D fruit	1.62**	1.94	1.0066 ^c	1.4623 ^a	0.9798 ^c	1.1674 ^b	1.0961 ^{bc}
Pericarp thickness	36.58**	67.43	6.1022 ^c	6.6775 ^{bc}	6.3667 ^c	7.2405 ^b	8.1122 ^a
Yield	202000000**	177100000	2354.8850 ^{bc}	1334.0000 ^c	1625.5333 ^{bc}	2781.5968 ^b	6992.5922 ^a
TSS	0.47 ^{ns}	48.64	5.3544 ^a	5.2588 ^a	5.2173 ^a	5.2837 ^a	5.1189 ^a
TA	0.75**	1.10	0.6741 ^b	0.6075 ^b	0.6553 ^b	0.8668 ^a	0.8322 ^a
TSS/ TA	87.71**	181.70a	8.1196 ^a	9.0234 ^a	8.2140 ^a	6.2508 ^b	6.2315 ^b

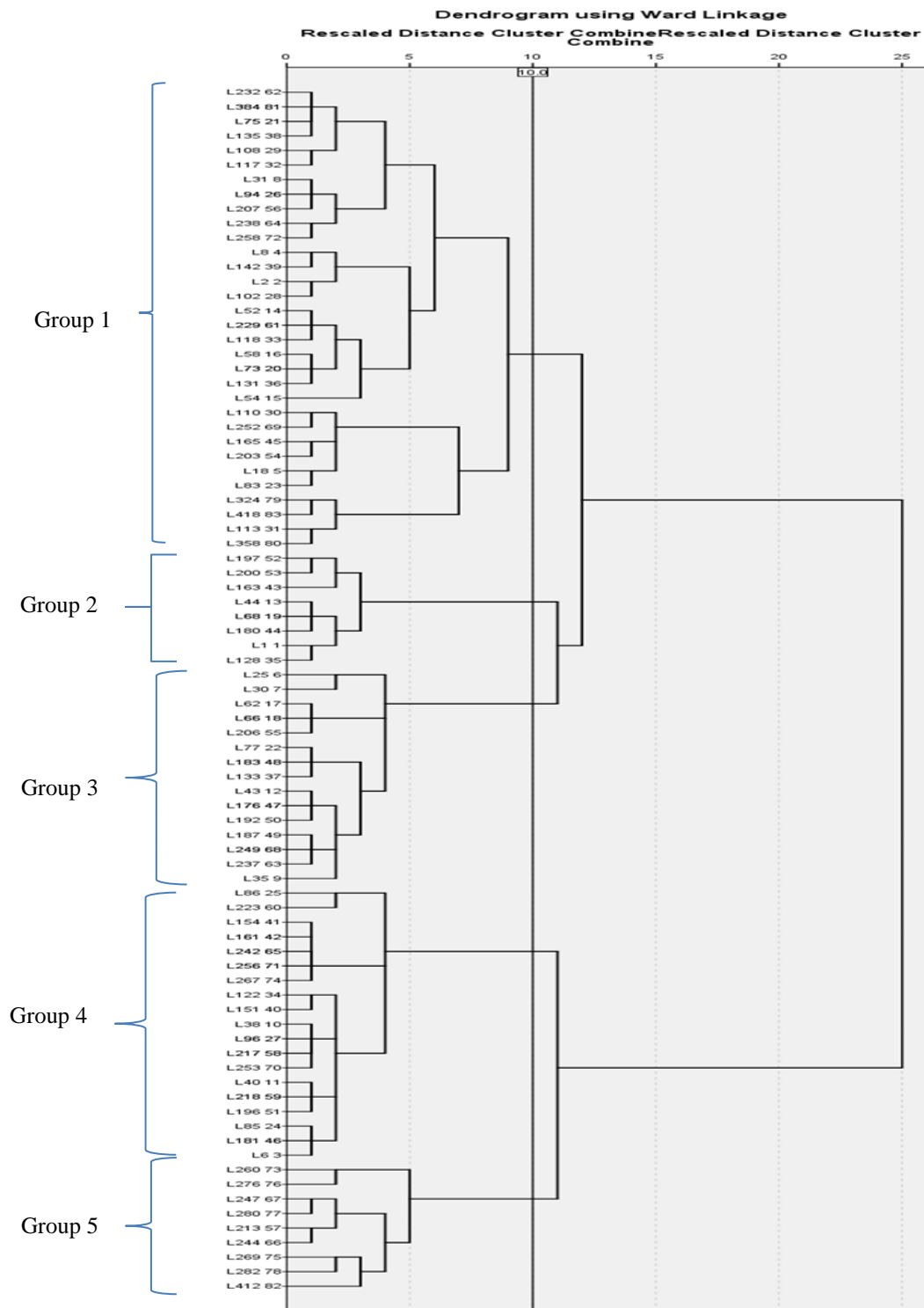
حروف غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین رگه‌ها، مطابق آزمون دانکن است ($P \leq 0.05$).

Different letters indicate significant difference between genotypes, according to Duncan's test ($P \leq 0.5$).

جدول ۷. فاصله مربع اقلیدسی بین پنج گروه حاصل از تجزیه خوشه‌ای

Table 7. Squared Euclidean Distance between cluster analysis groups

	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Cluster4	Cluster5
Cluster 1	-	3.37	3.50	3.51	5.70
Cluster 2		-	2.57	2.51	4.59
Cluster 3			-	3.13	3.32
Cluster 4				-	4.69
Cluster5					-



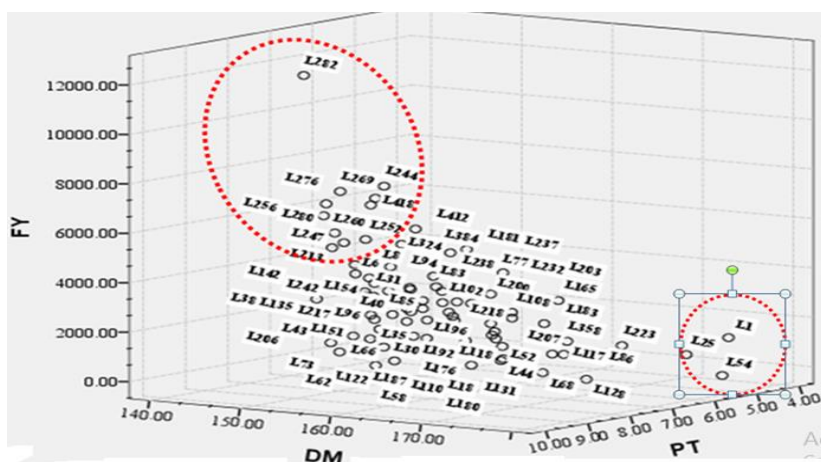
شکل ۱. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۸۳ رگه S₃ گوجه‌فرنگی بر اساس صفات مورد مطالعه با استفاده از روش WARD
 Figure 1. Dendrogram showing relationship between 83 S₃ tomato lines based on studied traits using cluster analysis through Ward method

(Bargel & Neinhuis, 2005). هم‌چنین میوه‌هایی که طول بیشتری نسبت به قطرشان دارند، در هنگام نقل و انتقال، کم‌تر دچار آسیب‌های مکانیکی می‌گردند و

نمودار سه‌بعدی برخی صفات مهم مورد بررسی رفتار مکانیکی پوست میوه گوجه‌فرنگی مانند ضخامت پریکارپ دارای اهمیت اقتصادی قابل توجهی می‌باشد،

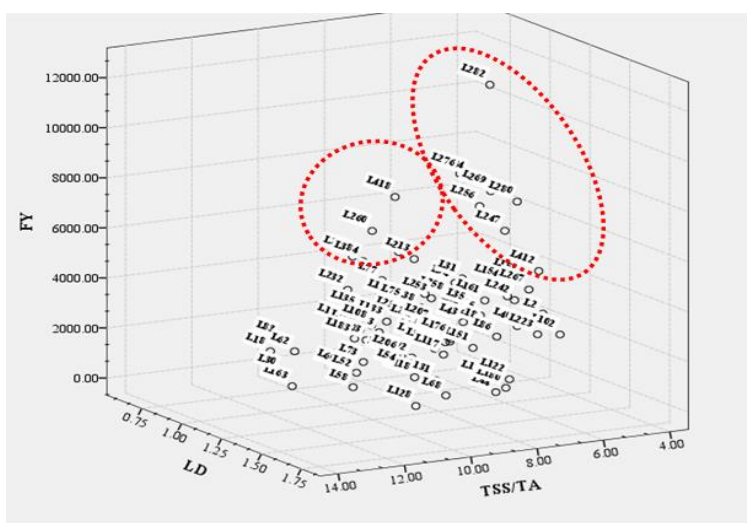
کمترین رتبه نسبت به سایر رگه‌ها قرار گرفته‌اند. شکل ۳ نشان می‌دهد که رگه‌های ۴۱۲، ۲۴۷، ۲۵۶، ۲۶۹، ۲۸۲، ۲۷۶ دارای شاخص رسیدگی پایین، نسبت طول به عرض و عملکرد مناسب نسبت به سایر رگه‌ها می‌باشند، بنابراین می‌توانند به دلیل قابلیت ماندگاری بالای پس از برداشت، به مصرف فرآوری برسند. رگه‌های ۲۱۳، ۳۸۴، ۲۶۰، ۴۱۸ در رتبه بعدی عملکرد پس از رگه‌های گروه اول قرار می‌گیرند در صورتی که شاخص رسیدگی بالاتری دارند، بنابراین به نظر می‌رسد مصرف میوه این رگه‌ها به‌عنوان تازه‌خوری مناسب‌تر باشد.

برای فرآوری نیز مناسب‌تر می‌باشند (Ziaf *et al.*, 2016). به این ترتیب نمودارهای سه‌بعدی پراکنش رگه‌ها یک‌بار بر اساس صفات ضخامت پریکارپ، تعداد روز تا رسیدگی ۵۰ درصد میوه و عملکرد (شکل ۲) و بار دیگر بر اساس صفات شاخص رسیدگی، نسبت طول به قطر میوه و عملکرد رسم گردید (شکل ۳). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، رگه‌های ۲۸۲، ۲۴۴، ۲۷۶، ۲۶۹، ۲۸۰، ۲۵۶، ۲۶۰، ۲۱۳، ۴۱۲، ۲۴۷ زودرس، دارای ضخامت پریکارپ مناسب و عملکرد بالاتر نسبت به سایر رگه‌ها می‌باشند. همچنین رگه‌های ۵۴، ۲۵ و ۱ از لحاظ این صفات در



شکل ۲. نمودار پراکنش بین عملکرد میوه (FY)، تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدن (DM) و ضخامت پریکارپ (PT) در ۸۳ رگه S_3 گوجه‌فرنگی

Figure 2. Three dimensions scheme of yield, days to 50% maturing and pericarp thickness in 83 tomato lines



شکل ۳. نمودار پراکنش عملکرد میوه (FY)، نسبت طول به عرض میوه (L/D) و شاخص رسیدگی (TSS/TA) در ۸۳ رگه گوجه‌فرنگی

Figure 3. Three dimensions scheme of Fruit yield, length to diameter ratio and TSS/TA in 83 tomato lines

نتیجه‌گیری کلی

افزایش مقدار صفاتی که دارای همبستگی مثبت با عملکرد می‌باشند، بهبود عملکرد را در پی خواهد داشت. همچنین با توجه به کاربرد چندمنظوره گوجه‌فرنگی و با بررسی نتایج تجزیه خوشه‌ای و نمودار سه‌بعدی پراکنش رگه‌ها بر اساس صفات مهم، مشاهده شد که رگه‌های ۲۴۴، ۲۷۶، ۲۶۹، ۲۸۰، ۲۵۶، ۲۶۰، ۲۱۳ و ۴۱۲ که دارای مقادیر بالایی از صفات مرتبط با عملکرد می‌باشند، به‌عنوان رگه‌های برتر گزینش می‌شوند. ضمن این‌که در این بین، رگه‌های ۴۱۲، ۲۴۷، ۲۵۶، ۲۶۹، ۲۷۶ و ۲۸۲ که علاوه بر خصوصیات قبل دارای میزان اسیدیته قابل تیتراسیون بالا و شاخص رسیدگی پایین‌تر و نسبت طول به عرض میوه بیشتری بودند، به‌دلیل خاصیت ماندگاری بالا می‌توانند در مصارف مختلف شامل تازه‌خوری و فرآوری به‌کار روند.

با توجه به این‌که در بین رگه‌های مورد مطالعه از لحاظ همه صفات تفاوت معنی‌داری وجود داشت، بنابراین در مجموع نتایج این تحقیق، تنوع بالای بین رگه‌های به‌دست آمده از تلاقی‌های انجام‌شده را نشان می‌دهد. بنابراین با بهره‌گیری از روش‌های مناسب اصلاحی امکان انتخاب رگه‌های مفید با عملکرد و کیفیت مناسب وجود خواهد داشت. با توجه به اینکه صفت عملکرد با صفات متوسط تعداد و وزن میوه در هر رگه، طول و قطر میوه و ضخامت پریکارپ همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت تعداد روز تا رسیدگی ۵۰ درصد میوه و شاخص رسیدگی همبستگی منفی و معنی‌دار دارد، بنابراین گزینش برای رگه‌هایی که زودتر به مرحله باردهی می‌رسند و همچنین شاخص رسیدگی کم‌تری دارند، به‌همراه

REFERENCES

1. Agong, S. G., Schittenhelm, S. & Friedt, W. (2001). Genotypic variation of Kenyan tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) germplasm. *Journal of Food Technology African*, 6(1), 13-17.
2. Al-Aysh, F., Kutma, H. & Al-Zouabi, A. (2012). Genetic variation, heritability and interrelationships of some important characteristics in Syrian tomato landraces. *Oasis Academy Arena*, 4(10), 1-5.
3. Anthon, G. E., LeStrange, M. & Barrett, D. M. (2011). Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing 346 tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 1175-1181.
4. Aoun, A. B., Lechiheb, B., Benyahya, L. & Ferchichi, A. (2013). Evaluation of fruit quality traits of traditional varieties of tomato grown in Tunisia. *African Journal of Food Science*, 7(10), 350-354.
5. Bargel, H. & Neinhuis, C. (2005). Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit growth and ripening as related to the biomechanical properties of fruit skin and isolated cuticle. *Journal of Experimental Botany*, 56, 1049-1060.
6. Dhankhar, S. K. & Dhankhar, B. S. (2006). Variability, heritability, correlation and path coefficient studies in tomato. *Journal of Horticultural Science*, 35 (1&2), 179-181.
7. Eshteshabul, M., Hakim, M. A., Amanullah, A. S. M. & Ahsanullah, A. S. M. (2010). An assessment of physiochemical properties of some tomato genotypes and varieties grown at Rangnur. *Bangladesh Research Publication Journal*, 4 (3), 135-243.
8. Faalian, A., Ansari, H. & Kafi, M. (2009). Evaluation of the effects of different irrigation water salinity on quality and quantity indices of cherry tomato in hydroponics. *Journal of Water and Soil*, 26(2), 451-459.
9. FAO. (2016). Faostat. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
10. Foolad, M. R. (2007). Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics*, 6 (1), 1-52.
11. Garcia, L. F., Del Moral, Y., Rharrabti, D. & Royo, C. (2003). Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An oncogenic approach. *Agronomy Journal*, 95, 266-274.
12. Henareh, M., Dursan, A. & Mandoulakani, B. A. (2015). Genetic diversity in tomato landraces collected from turkey and Iran revealed by morphological characters. *Acta Scientiarum Polonorum Horticulture*, 14(2), 87-96.
13. Joshi, A., Vikram, A. & Thakur, M. C. (2004). Studies on genetic variability, correlation and path analysis for yield and physico-chemical traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Progressive Horticulture*, 36 (1), 51-58.

14. Kacjanmarsic, N., Osvald, J. & Jakse, M. (2005). Evaluation of ten cultivars of determinate tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown under different climatic conditions. *Journal of Agricultural Science*, 85, 321-328.
15. Kaushik, S. K., Tomar, D. S. & Dixit, A. K. (2011). Genetics of fruit yield and its contributing characters in tomato. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 3(10), 209-213.
16. Khokhar, S. & Magnusdottir, S. G. M. (2002). Total phenol, catechin, and caffeine contents of teas commonly consumed in the United Kingdom. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 565-570.
17. Kumar, M. & Dudi, B. S. (2011). Study of correlation for yield and quality characters in tomato. *Electron. Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 2(3), 453-460.
18. Kumar, M., Bhardwaj, M. L., Sharma, A. & Kumar, N. (2017). Assessment of Genetic Divergence in Tomato through Clustering and Principal Component Analysis under Mid Hills Conditions of Himachal Pradesh India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences (IJCMAS)*, 6(5), 1811-1819.
19. Lemma, D. (2002). Tomatoes Research Experience and Production Prospects. Research Report # 43, *Ethiopia Agricultural Research Organization, EARO*.
20. Mazzucato, A., Papa, R., Bitocchi, E., Mosconi, P., Nanni, L., Negri, V., Picarella, M. E., Siligato, F., Soressi, G. P., Tiranti, B. & Veronesi, F. (2008). Genetic diversity, structure and marker-trait associations in a collection of Italian tomato landraces. *Theoretical and Applied Genetics*, 116 (5), 657-669.
21. Mireki, K., Abdollahi, M. & Dehdari, M. (2014). Resistance of some Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Cultivars to Root Knot Nematode (*Meloidogyne javanica*) Based on Microsatellite Marker. *Seed and Plant Improvement Journal*, 1(2), 367-382. (in Farsi)
22. Mirshamsi Kakhki, A., Farsi, M., Shahriari, F. & Nemati, H. (2006). Estimation of heterosis and combining ability for yield components and earliness in seven tomato lines using diallel crossing method. *Agricultural Sciences and Technology Journal*, 20 (3), 1-12
23. Mwirigi, P. N., Kahangi, E. M., Nyende, A. B. & Mamati, E. G. (2009). Morphological variability within the Kenyan yam (*Dioscorea* spp.). *Journal of Applied Biosciences*, 16, 894-901.
24. Regassa, M. D., Mohammed, A. & Bante, K. (2012). Evaluation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Genotypes for yield and yield component. *African Journal of Plant Science and Biotechnology*, 6(1), 45-49.
25. Samadia, D. K., Aswani, R. C. & Dhandar, G. (2006). Genetic analysis for yield components in tomato land races. *Haryana Journal of Horticultural Science*, 35(1&2), 116-119.
26. Sharma, K. C. & Verma, S. (2001). Analysis of genetic divergence in tomato. *Annals of Agricultural Research*, 22, 71-73.
27. Shashikant, B. N., Hosamani, R. M. & Patil, B. C. (2010). Genetic variability in tomato. *Karnataka Journal of Agricultural Science*, 23(3), 536-537.
28. Sinebo, W. (2002). Yield relationship of barley grown in tropical highland environments. *Crop Science*, 42, 428-437.
29. Singh, A. K. (2005). Genetic variability, correlation and path coefficient studies in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under cold arid region of Ladakh. *Progressive Horticulture*, 37(2), 437-443.
30. Takeoka, G. R., Dao, L., Flessa, S., Gillespie, D. M., Jewell, W. T. & Huebner, B. (2001). Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 3713-3717.
31. Ziaf, Kh., Amjad, M., Shakeel, M., Azhar, M. & Saeed, A. (2016). Assessment of genetic diversity in tomato for fruit morphology, composition and yield. *Pakistan Journal of Botany*, 48(6), 2477-2483.
32. Znidarcic, D., Trdan, S. & Zlatic, E. (2003). Impact of Various Growing Methods on Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Yield and Sensory Quality. *Zbornik Biotehni.ke fakultete Univerze Ljubljani. Kmetijstvo*, 81, 341-348.