

Assessment of Phenotypic Diversity in Tomato Genotypes Based on Morphological, Physico-chemical, and Descriptive Traits

ABSTRACT

This study evaluated the phenotypic diversity among 39 tomato genotypes (*Solanum lycopersicum* L.). The plant materials included a variety of local genotypes and commercial cultivars, which were examined to identify valuable traits for breeding and crop improvement. The experiment was carried out under field conditions using a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The evaluated traits encompassed morphological characteristics (such as fruit shape and size), physical attributes (firmness and density), chemical properties (pH, titratable acidity (TA), total soluble solids (TSS), and TSS/TA ratio), as well as descriptive traits like fruit color and pericarp thickness. The results of the analysis of variance revealed significant differences among genotypes at the 1% probability level. Traits such as total fruit weight per plant, number of fruits per plant, fruit firmness and TSS/TA ratio showed the greatest variation among the genotypes. To identify phenotypic clustering patterns, hierarchical cluster analysis using Ward's method was performed. The TN-1099 genotype was separated into an individual group, while the remaining genotypes were divided into two main groups. The highest morphological distance was observed between TN-1099 and Mamaghan genotypes. The findings of this study provide a valuable basis for selecting superior parental lines of tomato in breeding programs aimed at enhancing yield, improving fruit quality, and developing cultivars adapted to various production goals and market demands.

Keywords: Cluster analysis, Local genotypes, yield

Extended Abstract

Introduction

Tomato is one of the most important horticultural crops worldwide due to its high nutritional value and wide applicability in the food industry. As a self-pollinated, day-neutral plant extensively cultivated in both tropical and temperate regions, tomato holds significant potential in breeding programs thanks to its broad genetic diversity. Morphological, physical, and chemical traits, such as fruit weight, firmness, color, flavor, and nutritional composition, directly influence market value and product quality. In the context of growing population, limited agricultural land, and increasing demand for higher-quality produce, developing improved tomato cultivars requires a focus that goes beyond yield alone. In this regard, precise characterization and evaluation of phenotypic diversity among genotypes are essential steps toward selecting superior parental lines and advancing cultivar development. Genetic diversity is often analyzed through morphological, biochemical, or molecular markers, which provide insight into genotype performance under diverse production and market conditions. Morphological characterization, in particular, remains a foundational and widely used method for identifying genetic differences, typically involving field trials and detailed trait evaluation. Systematic phenotypic assessments not only contribute to understanding population structure but also guide targeted breeding decisions. Continued research in this field is critical for optimizing selection strategies, enhancing fruit quality, and meeting the evolving needs of both producers and consumers.

Materials and Method

This study was conducted as a field experiment under open-field conditions from 2018 to 2021. A total of 62 tomato seed samples were collected from various sources, including local and commercial cultivars, as well as gene bank accessions originating from Sarab, Razliq, Mamaghan, and Tabas regions of Iran. In 2021, 39 genotypes were selected for final evaluation. The genotypes were cultivated based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications. Each plot contained 20 plants arranged in two rows, with a spacing of 50 cm between plants in the row. The evaluations included morphological traits (fruit color, length and width, pericarp and locule thickness, longitudinal and cross-sectional shape, tip shape, and blossom-end depth), physical traits (fruit volume, density, firmness, mean and total weight of 10 fruits, average fruit weight and fruit number per plant), and chemical traits (pH, total soluble solids [TSS], titratable acidity [TA], and TSS/TA ratio). TSS was measured using a refractometer, and TA was determined by titration with 0.1 N NaOH. Fruit firmness was assessed using a handheld penetrometer, pH was measured with a digital pH meter, and fruit density was calculated by dividing the fruit's weight by its volume, which was determined through water displacement. All data were recorded at the physiological maturity stage on a per-plant basis. Cluster analysis was performed using Ward method, and data were analyzed using SAS 9.4 and graphs were drawn using Excel 2010 softwares.

Results and Discussion

The results of this study revealed significant genetic diversity among the tomato genotypes in terms of physical, chemical, and mechanical traits. This diversity can play an important role in breeding programs and in selecting suitable cultivars for specific purposes. The Mamaghan genotype showed high values across all three color components (*L, *a, *b), indicating a bright red to yellowish hue. Additionally, the genotype of TN-957 exhibited superior redness compared to others. Regarding mechanical characteristics, genotypes like King Stone, known for their desirable firmness, are recommended for transportation. Genotypes such as Cuor Di Bue, TN-941, and Super Urbana, due to their higher fruit weight and volume, are more suitable for fresh consumption. Meanwhile, TN-906, with its higher fruit yield per plant, is ideal for improving field productivity. Chemical traits such as acidity, total soluble solids (TSS), and the TSS/TA ratio significantly impact taste, shelf life, and market acceptance. Genotypes like TN-944 and Aghmiyon possess a well-balanced flavor that makes them ideal for fresh consumption. In contrast, genotypes such as Super Urbana and Super Major, which exhibit higher acidity and lower TSS, are more appropriate for processed products like tomato paste. Morphologically, genotypes with larger size and appropriate skin thickness, like Cour di Boe and TN-1089, are considered more marketable. Conversely, smaller genotypes such as Torsh Riz-e-Tabas or TN-941 are better suited for specific cultivation purposes. Furthermore, the number of locules in a tomato fruit can significantly affect the internal tissue quality and its suitability for processing. Overall, the high phenotypic diversity observed in this germplasm highlights its valuable potential for breeding, production, and commercial applications.

Conclusions

This study indicates a remarkable genetic diversity among the evaluated tomato genotypes in terms of morphological, physical, and chemical characteristics. The wide variations observed in these traits suggest a high potential for targeted selection in breeding programs. Some genotypes, characterized by attributes such as firmness, desirable color, good yield, or marketable appearance, are suitable for various production pathways. Moreover, traits like acidity, soluble solids, and the TSS/TA ratio play significant roles in the quality and shelf life of the product. The combination of these traits can facilitate the selection of optimal genotypes for specific applications. The observed diversity underscores the opportunity to identify and utilize these genotypes for improved quality, increased yield, and the development of products tailored to market demands.

Author Contributions

MR. Hassandokht and M. Shokrpour conceived and planned the experiments. N. Ashrafi carried out the experiments. M. Shokrpour and N. Ashrafi analyzed data. N. Ashrafi and MR. Hassandokht wrote the first manuscript. MR. Hassandokht and M. Shokrpour contributed to the interpretation of the results. All authors provided critical feedback and helped shape the research, analysis and manuscript.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank the research council of the University of Tehran, Iran for the financial support of this research.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ارزیابی تنوع فنوتیپی ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی بر پایه صفات مورفولوژیکی، فیزیکی-شیمیایی و توصیفی

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی تنوع فنوتیپی بر پایه صفات مورفولوژیکی، فیزیکی-شیمیایی و توصیفی در ۳۹ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) انجام شد. مواد گیاهی مورد استفاده شامل طیفی از ژنوتیپ‌های بومی و رقم‌های تجاری بود که به‌منظور شناسایی ویژگی‌های ارزشمند برای اصلاح و توسعه کشت مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط مزرعه‌ای اجرا گردید. صفات مورد ارزیابی شامل ویژگی‌های مورفولوژیکی (شکل، حجم و اندازه میوه)، فیزیکی (سفتی، چگالی، وزن)، شیمیایی (اسیدیت، اسیدیت قابل تیتر، مواد جامد محلول کل و نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدیت قابل تیتر) و صفات توصیفی نظیر رنگ و ضخامت پریکارپ بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات حاکی از تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال یک درصد بود. صفاتی مانند وزن کل میوه‌ها در بوته، تعداد میوه در بوته، سفتی بافت و نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدیت قابل تیتر بیشترین تنوع را در میان ژنوتیپ‌ها نشان دادند. به‌منظور شناسایی الگوهای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها، تجزیه خوشه‌ای با روش وارد نیز انجام گرفت. ژنوتیپ TN-1099 در یک گروه مجزا قرار گرفت، درحالی‌که بقیه ژنوتیپ‌ها در دو گروه عمده دسته‌بندی شدند. بیشترین فاصله مورفولوژیکی در میان ژنوتیپ ممقان و TN-1099 مشاهده شد. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به‌عنوان مبنایی مؤثر در انتخاب والدین مناسب برای برنامه‌های به‌نژادی گوجه‌فرنگی با اهداف ارتقای عملکرد، کیفیت میوه و توسعه ارقام سازگار با نیازهای مختلف تولیدی و بازار مصرف مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های بومی، عملکرد

مقدمه

میوه‌ها و سبزی‌ها، اجزای مهمی برای رژیم غذایی انسان فراهم می‌کنند و به همین دلیل در سراسر جهان مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار دارند. در میان محصولات باغبانی، گوجه‌فرنگی با نام علمی *Solanum lycopersicum* L. که به تیره Solanaceae تعلق دارد، از نظر میزان تولید، پس از سیب‌زمینی^۱ در رتبه دوم قرار دارد و به دلیل دارا بودن مواد مغذی فراوان (از جمله ویتامین‌ها، فیبرهای غذایی، آنتی‌اکسیدان‌ها و رنگ‌دانه‌ها) و منبع غنی از متابولیت‌های ثانویه (مانند فلاونوئیدها، فنولیک‌ها، آلکالوئیدها و غیره) است که آن را به منبعی عالی برای مواد مغذی تبدیل کرده است (Liu et al., 2022).

عملکرد گوجه‌فرنگی تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل ژنتیکی و محیطی قرار دارد. با توجه به رشد روزافزون جمعیت، گسترش شهرنشینی و کاهش اراضی کشاورزی، نیاز به تولید ارقامی فراتر از صرفاً عملکرد بالا احساس می‌شود. هنوز شکاف قابل‌توجهی میان نیاز بازار و ارقام موجود از نظر عملکرد، کیفیت تغذیه‌ای و مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی وجود دارد. در این میان، ارزیابی و بهره‌برداری از پتانسیل ژنتیکی ارقام موجود، گامی ضروری در جهت توسعه ارقام برتر و پاسخگویی به نیازهای متنوع مصرف‌کنندگان و کشاورزان به شمار می‌رود (خزاعی و زارع فیض آبادی، ۱۳۹۲).

گوجه‌فرنگی گیاهی خودبارور و روزخنی است که به‌طور گسترده در مناطق گرمسیری و معتدل کشت می‌شود. این گیاه یکی از مهم‌ترین گونه‌ها در برنامه‌های به‌نژادی محسوب می‌شود که به دلیل تنوع ژنتیکی وسیع در ژنوتیپ‌های آن، امکان بهبود قابل توجه صفات مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی میوه فراهم آمده است. این تنوع ژنتیکی زمینه را برای افزایش عملکرد، بهبود مقاومت به تنش‌های محیطی و ارتقاء کیفیت محصول فراهم می‌کند (Foolad, 2007). صفات مورفولوژیکی و فیزیکی، از جمله وزن میوه، سفتی و ترکیبات شیمیایی، به همراه ویژگی‌های کیفی مانند رنگ، شکل و طعم، از عوامل مهمی هستند که مستقیماً بر ارزش تجاری و پذیرش محصول توسط بازار تأثیرگذارند (Khan et al., 2017). از این رو گوجه‌فرنگی به عنوان یک گونه کلیدی در اصلاح نباتات، پتانسیل بالایی برای بهبود صفات زراعی مختلف دارد (فرزانه و همکاران، ۱۳۹۲؛ Shankara et al., 2005).

گوجه‌فرنگی دارای تعداد زیادی ژنوتیپ متنوع است که از نظر ویژگی‌های رشد، کیفیت و شکل میوه و همچنین عملکرد محصول، تفاوت‌های قابل توجهی با یکدیگر دارند. مطالعات سیستماتیک و توصیف دقیق خصوصیات ژرمپلاسما گوجه‌فرنگی، اهمیت بالایی برای کشاورزان و متخصصان علم اصلاح محصولات باغبانی دارد و می‌تواند راهنمای موثری برای انتخاب و توسعه ژنوتیپ‌های برتر باشد (Alves et al., 2020).

در برنامه‌های اصلاحی، «تنوع» و «انتخاب» دو رکن اساسی هستند و فرآیند انتخاب موفق مستلزم وجود تنوع مطلوب و کافی در مواد اصلاحی است تا امکان شناسایی صفات مورد نظر فراهم شود. به منظور شناسایی و ارزیابی تنوع ژنتیکی گیاهان، روش‌های متعددی از جمله استفاده از نشانگرهای مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی مورد استفاده قرار می‌گیرد. توصیف و طبقه‌بندی مورفولوژیکی به عنوان یک رویکرد سنتی و پایه‌ای برای تعیین میزان تفاوت‌های ژنتیکی شناخته می‌شود و به طور گسترده‌ای در تحلیل تنوع ژنتیکی کاربرد دارد. این روش معمولاً شامل کشت جمعیت‌ها و ارزیابی دقیق خصوصیات مورفولوژیکی و زراعی آن‌ها است که زمینه لازم برای تحلیل و درک بهتر ساختار ژنتیکی جمعیت‌ها را فراهم می‌آورد (گل چشمه و همکاران، ۱۴۰۱).

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی در زمینه شناخت، دسته‌بندی و اصلاح ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی انجام شده است که هر یک به شیوه‌ای به بهبود فرآیندهای اصلاحی کمک کرده‌اند. این پژوهش‌ها علاوه بر شناسایی ویژگی‌های فنوتیپی، به بررسی ارتباط بین صفات کمی و کیفی نیز پرداخته‌اند که این امر می‌تواند در ارتقاء روش‌های انتخاب و برنامه‌های اصلاحی بسیار مؤثر باشد. به همین دلیل، ادامه مطالعات گسترده و جامع در این حوزه برای بهینه‌سازی تولید و کیفیت گوجه‌فرنگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (محسنی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۰؛ Hannan et al., 2007؛ Hassan, 2021؛ Mirshamsi et al., 2008).

پیشینه پژوهش

¹ . *Solanum tuberosum*

در سال‌های اخیر، تحلیل دقیق ویژگی‌های فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی گیاهان به عنوان کلید درک عمیق‌تر تنوع ژنتیکی و ارتقاء عملکرد محصولات کشاورزی مطرح شده است. گوجه‌فرنگی، به عنوان یکی از پرمصرف‌ترین سبزیهای جهان، فرصت مناسبی را برای کشف صفات متمایز و بهبود ژنوتیپ‌های مقاوم و با کیفیت فراهم آورده است. در بررسی ۲۶ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین ژنوتیپ‌ها از نظر طول و عرض برگ، طول و عرض برگچه، طول و عرض میوه، نسبت طول به قطر، ضخامت دیواره میوه، نسبت اندازه مغز به قطر کل مشاهده شد، اما در مقابل برخی صفات بیوشیمیایی مانند رنگ میوه هنگام رسیدن و رنگ گوشت تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها نشان ندادند (رضوی و همکاران، ۱۳۹۵).

در یک بررسی ۸ صفت مورفولوژیکی در ۷۱ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی شامل نحوه رشد گیاه، ارتفاع گیاه، رنگ برگ، اندازه میوه، شکل میوه، زمان رسیدگی و دسته‌بندی میوه مورد مطالعه قرار گرفت. هدف این بررسی تحلیل ارتباط این صفات با برنامه‌های اصلاحی بازار تازه‌خوری گوجه‌فرنگی بود. نتایج حاصل از روش‌های خوشه‌بندی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که ژنوتیپ‌ها در شش خوشه متمایز گروه‌بندی شدند و پنج مؤلفه اصلی بیش از ۹۲ درصد واریانس فنوتیپی را توجیه کردند. همچنین، صفات میوه از جمله اندازه، شکل و دوره رسیدگی نقش برجسته‌ای در تعیین ساختار گروه‌ها داشتند (Panthee et al., 2016).

در مطالعه‌ای مشابه، به بررسی ویژگی‌های فیزیکی و ترکیبات تغذیه‌ای دو ژنوتیپ جدید گوجه‌فرنگی به نام‌های ARTH-3 و Hisar 7 پرداخته شد که شامل اندازه‌گیری صفات متنوعی همچون سفتی میوه، محتوای آب میوه و پالپ، درصد مواد جامد محلول کل و اسیدیته بود. همچنین ترکیبات تغذیه‌ای مانند میزان رطوبت، پروتئین، فیبر، قند کل، ویتامین C، لیکوپن و مواد معدنی نیز در این ژنوتیپ‌ها ارزیابی شد. نتایج نشان داد که دو ژنوتیپ در بیشتر صفات فیزیکی و تغذیه‌ای تفاوت‌های معنی‌داری داشتند که می‌تواند در انتخاب ارقام بهینه برای مصارف خاص موثر باشد (Gupta et al., 2011).

در ارزیابی ۲۲ لاین اینبرد گوجه‌فرنگی، ۲۷ صفت مورفولوژیکی مربوط به مراحل نمو، رشد رویشی و ویژگی‌های میوه مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این پژوهش تنوع گسترده‌ای را در میان لاین‌ها از نظر ۲۱ صفت کیفی و ۶ صفت کمی فیزیکی-مورفولوژیکی نشان داد، که تنوع فنوتیپی قابل توجهی در جمعیت مورد بررسی را تأیید می‌کند. این یافته‌ها اهمیت بررسی جامع صفات فنوتیپی برای بهبود و اصلاح ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی را برجسته می‌سازد (Salim et al., 2020). در یک مطالعه ۹۱ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی مختلف تحت شرایط مزرعه‌ای از نظر ۲۱ صفت فنوتیپی کمی و کیفی مرتبط با رشد و کیفیت میوه ارزیابی شدند. صفات مورفولوژیکی همچون اندازه و شکل میوه، تعداد میوه در خوشه و رنگ مورد بررسی قرار گرفتند و داده‌ها با تحلیل‌های آماری شامل آنالیز واریانس، همبستگی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی پردازش شدند. نتایج نشان داد ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد مطالعه تنوع قابل توجهی داشتند و می‌توانند بر اساس ویژگی‌های فنوتیپی در چند گروه متمایز دسته‌بندی شوند. این دسته‌بندی‌ها می‌تواند در جهت افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات گوجه‌فرنگی در آینده مورد استفاده قرار گیرند.

این مطالعه با هدف بررسی جامع و دقیق ویژگی‌های فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی در میان ۳۹ ژنوتیپ مختلف گوجه‌فرنگی طراحی و اجرا شد. هدف اصلی پژوهش، شناسایی تفاوت‌ها و تنوع‌های موجود در این ژنوتیپ‌ها به منظور درک بهتر ساختار ژنتیکی آنها و فراهم سازی اطلاعات اولیه برای شناسایی ارقام ژنتیکی برتر در مطالعات آینده بود. اطلاعات به‌دست‌آمده می‌تواند نقش مؤثری در بهبود و توسعه برنامه‌های اصلاح گوجه‌فرنگی ایفا کرده و راهنمایی کارآمد برای انتخاب والدین مناسب در پروژه‌های به‌نژادی باشد، به گونه‌ای که محصول نهایی از نظر عملکرد، کیفیت و مقاومت نسبت به شرایط محیطی به طور چشمگیری ارتقاء یافته و برای اهداف مختلف بهره‌برداری کشاورزی و صنعتی قابل استفاده باشد.

روش‌شناسی پژوهش

مواد گیاهی و شرایط آزمایش

در این پژوهش ۳۹ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی شامل نمونه‌هایی از بذرهای استاندارد تجاری و توده‌های بومی مورد ارزیابی قرار گرفتند. منشأ این ژنوتیپ‌ها مناطق متنوعی از جمله سراب، رازلیق، ممقان و طیس واقع در ایران بود که دارای اقلیم متفاوت هستند. در سال ۱۳۹۶ جمع‌آوری بذرها انجام شد و در سال ۱۳۹۷، پس از تهیه نشا از کلیه نمونه‌ها، کشت مزرعه‌ای در شرایط یکسان و یکنواخت انجام شد.

داده‌برداری‌های اولیه از صفات مورفولوژیکی، عملکردی و فیزیکی-شیمیایی میوه‌ها در این مرحله انجام گرفت. در سال ۱۴۰۰، بذرهایی حاصل از بوته‌های منتخب در قالب طرح آزمایشی جدید جهت بررسی دقیق‌تر عملکرد و ویژگی‌های ظاهری کشت گردید. کلیه مراحل کاشت، داشت و برداشت تحت شرایط مدیریتی یکنواخت و در مزرعه تحقیقاتی انجام شد.

طرح آزمایشی و اعمال تیمارها

این مطالعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در سال ۱۴۰۰، ژنوتیپ‌ها در کرت‌هایی با ۲۰ بوته در هر کرت، به صورت دو ردیفه و با فاصله ۵۰ سانتی‌متر بین بوته‌ها روی ردیف کشت شدند. ارزیابی‌ها شامل رنگ، طول و عرض میوه، ضخامت پریکارپ و مغز میوه (یعنی بخش مرکزی موسوم به گُلوملا، که مانند ستونی بین لوکول‌ها قرار گرفته و بافتی نسبتاً فشرده و گوشت‌دار دارد)، شکل برش طولی، شکل مقطع عرضی، برجستگی و عمق دمگاه، فرم نوک میوه، سفتی میوه، چگالی میوه، حجم میوه، میانگین و مجموع وزن ده میوه، وزن متوسط میوه، وزن کل میوه‌ها در بوته، تعداد کل میوه در بوته، مواد جامد محلول کل (TSS)، اسیدیته قابل تیتر (TA)، نسبت TSS به TA، و اسیدیته (pH) بودند (UPOV, 2024). برای اندازه‌گیری سفتی میوه، از پنترومتر دستی دارای پروب فولادی استفاده شد. پروب با سرعت ثابت وارد گوشت میوه گردید و نیروی لازم برای نفوذ به بافت بر حسب واحد نیوتن ثبت شد. چگالی میوه از تقسیم وزن بر حجم، بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب محاسبه شد. وزن توسط ترازوی دیجیتال (دقت ۰/۰۱ گرم) و حجم میوه با روش جابجایی آب در استوانه مدرج محاسبه شد (شیری، ۱۳۹۴).

برای اندازه‌گیری اسیدیته، ۵ میلی‌لیتر از آب‌میوه صاف‌شده با پی‌اچ‌متر دیجیتال اندازه‌گیری شد. اسیدیته قابل تیتراسیون نیز با رقیق‌سازی عصاره با آب مقطر و تیتراسیون آن با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به پی‌اچ ۸/۲ انجام و مقدار آن بر حسب درصد اسید سیتریک گزارش شد (مسیب زاده و همکاران، ۱۳۸۸). درصد مواد جامد محلول کل با استفاده از رفراکتومتر و بر اساس درجه بریکس اندازه‌گیری گردید (الفتی چیرانی و همکاران، ۱۳۸۷). در نهایت نسبت TSS به TA نیز با تقسیم عدد بریکس بر درصد اسیدیته، به عنوان شاخص تعادل طعم شیرینی به ترشی محاسبه شد. هر اندازه‌گیری سه بار تکرار و میانگین آن گزارش گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس صفات به منظور بررسی تنوع ژنوتیپ‌ها انجام شد. در صفات دارای تفاوت معنی‌دار، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت. همچنین به منظور شناسایی ساختار درونی داده‌ها و شناسایی عوامل مؤثر، تجزیه عاملی انجام گرفت. برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شباهت فنوتیپی، از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و بر اساس مربع فاصله اقلیدسی با استفاده از داده‌های استاندارد شده استفاده شد (Ward, 1963). کلیه تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS 9.4 و PAST 4.11 انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel ۲۰۱۰ انجام گردید.

یافته‌های پژوهشی

با توجه به تجزیه واریانس داده‌ها، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی ویژگی‌های بررسی شده در این مطالعه در سطح احتمال یک درصد به دست آمد (جدول ۱).

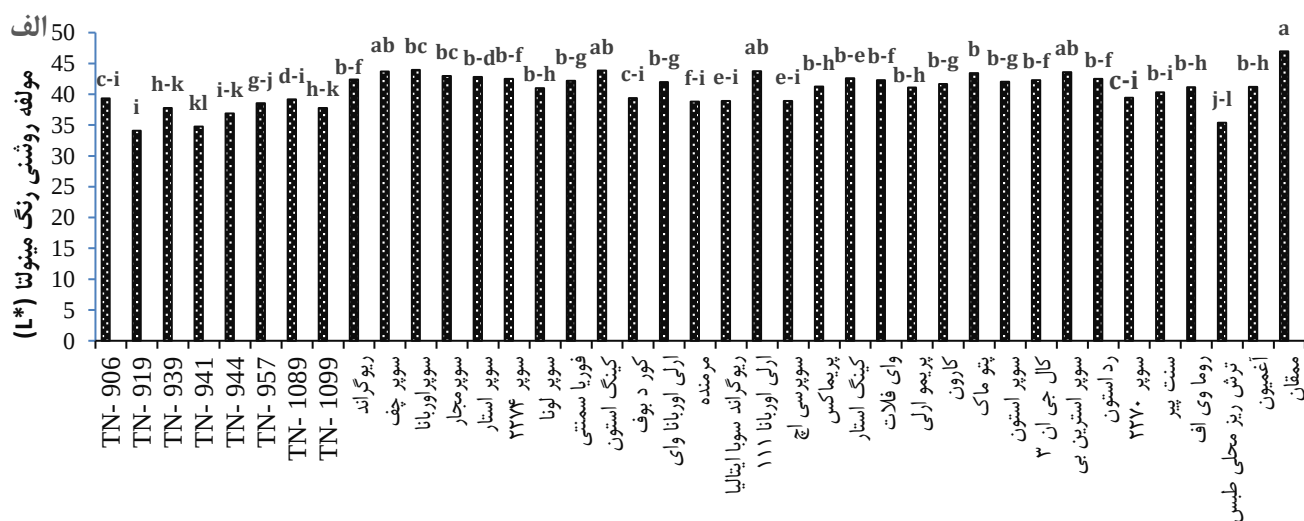
جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه گیری شده در ژنوتیپ‌های گوجه فرنگی

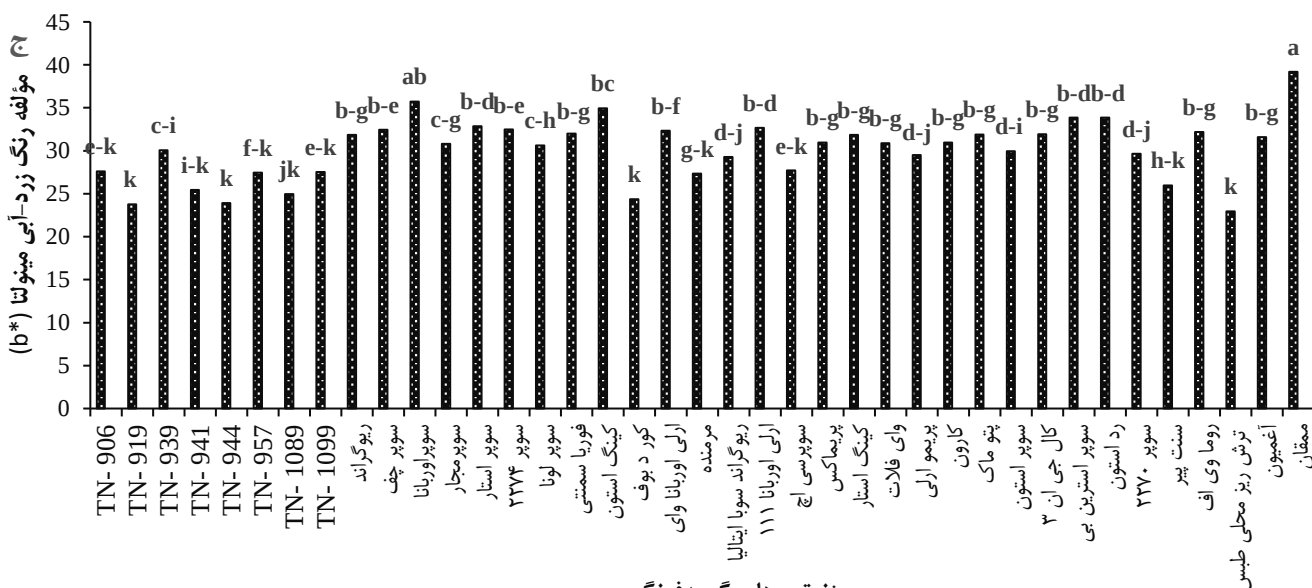
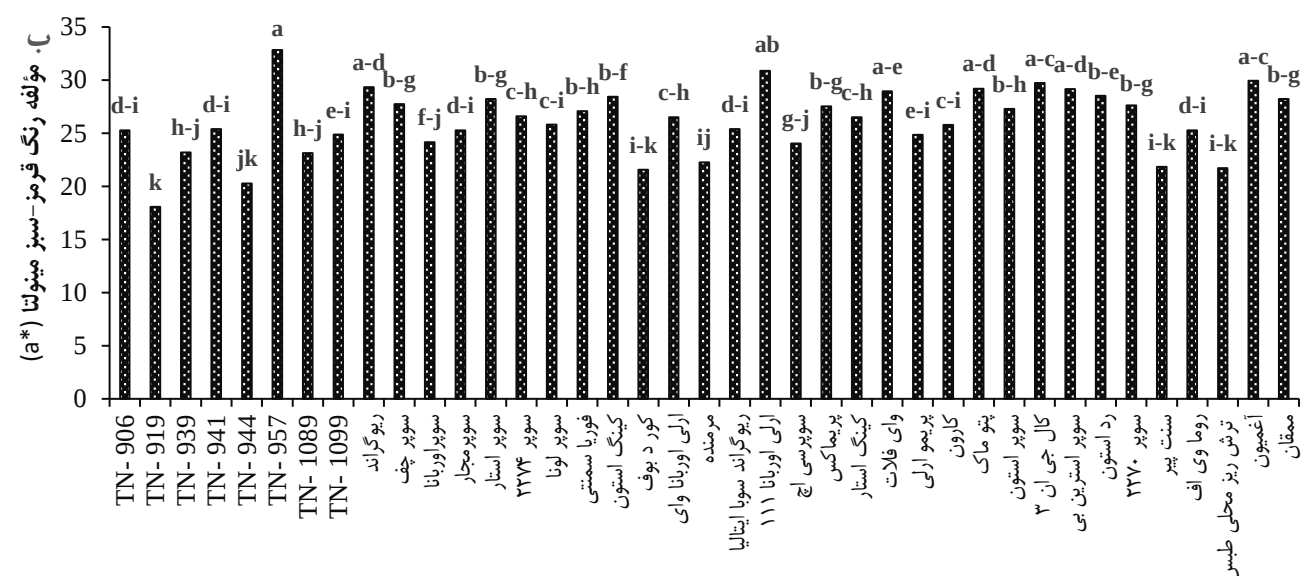
منابع تغییر	درجه آزادی	رنگ مینولتا ۱ (شاخص روشنی رنگ)	رنگ مینولتا ۲ (شاخص سبز-قرمز)	رنگ مینولتا ۳ (شاخص زرد-آبی)	سفتی میوه	مواد جامد محلول کل میوه	اسیدینه میوه	اسیدینه قابل تیتر میوه	نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدینه قابل تیتر میوه	چگالی میوه	وزن کل میوه در بوته	تعداد کل میوه در بوته	وزن متوسط میوه	وزن کل ۱۰ میوه	طول میوه	عرض میوه	ضخامت پریکارپ میوه	ضخامت مغز میوه
تکرار	۲	۱/۹ ^{ns}	۱/۴۸ ^{ns}	۴/۵۹ ^{ns}	۰/۳۹ ^{ns}	۰/۲۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۶/۵ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۱۱۰۹۶۵۶ ^{ns}	۵۴۷۱ ^{ns}	۷۹/۲۵ ^{ns}	۴۰۸۵۸ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
ژنوتیپ	۳۸	۲۲/۹ ^{**}	۲۸/۹ ^{**}	۳۸/۲۹ ^{**}	۰/۶۹ ^{**}	۱۳/۳۶ ^{**}	۰/۰۴ ^{**}	۱/۰۹ ^{**}	۰/۰۱۸ ^{**}	۱۰۱/۲۸ ^{**}	۰/۰۰۹ ^{**}	۷۱۲۱۲۳۹ ^{**}	۲۹۴۳۳ ^{**}	۴۳۹۳ ^{**}	۲۹۷۷۵۶ ^{**}	۴/۳۸ ^{**}	۲/۸۳ ^{**}	۰/۰۴ ^{**}
خطا	۷۶	۳/۳۶	۴/۵	۵/۹۶	۰/۱۸	۱/۴۷	۰/۰۱	۰/۲	۰/۰۰۳	۲۳	۰/۰۰۱	۱۶۵۷۷۶۰	۲۹۶۳	۲۱۸	۲۷۵۴۸	۰/۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۴/۴۸	۸/۱۱	۸/۰۹	۱۷/۸۱	۲۲/۱۳	۳/۱۶	۱۶/۰۷	۱۵/۸۳	۲۰/۱۴	۴/۲۷	۳۰/۳۲	۴۸/۴۰	۱۸/۵۱	۲۲/۷۵	۶/۶۲	۶/۹۶	۱۷/۱۴

ns: نبود تفاوت معنی‌دار؛ * و ** به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ارزیابی ویژگی‌های رنگ میوه گوجه‌فرنگی با استفاده از سیستم ارزیابی مینولتا

ویژگی‌های رنگ میوه گوجه‌فرنگی در قالب پارامترهای ارزیابی رنگ ($L^* a^* b^*$) در شکل ۱ ارائه شده است. این سیستم ارزیابی یکی از روش‌های دقیق در سنجش کمی رنگ میوه گوجه‌فرنگی است که در آن مؤلفه L میزان روشنی، a طیف قرمز تا سبز، و b طیف زرد تا آبی را نشان می‌دهد. این سیستم در ارزیابی عینی کیفیت ظاهری میوه‌ها کاربرد گسترده‌ای دارد (McGuire, 1992; Suárez et al., 2008). با توجه به شکل ۱ که مقدار روشنی رنگ میوه را نشان می‌دهد مشاهده می‌شود بیشتر مقدار روشنی رنگ، مربوط به ژنوتیپ بمقان با میانگین حدود ۴۶ بود که به طور معنی‌داری روشن‌تر از سایر ژنوتیپ‌هاست. کمترین مقدار روشنی مربوط به ژنوتیپ‌های TN-919، TN-941 و ژنوتیپ ترش ریز محلی طبس با میانگین تقریبی ۳۴-۳۵ است که از نظر آماری در پایین‌ترین سطوح روشنی رنگ میوه (رنگ‌های تیره‌تر) قرار دارند. ژنوتیپ بمقان دارای میوه‌هایی با روشن‌ترین رنگ بوده و در مقابل ژنوتیپ‌های TN-919، TN-941 و ترش ریز محلی طبس دارای رنگ تیره‌تری نسبت به سایرین بودند. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده تفاوت در ترکیب رنگدانه‌ها یا مرحله بلوغ برداشت باشد. بالاترین مقدار مؤلفه a^* با میانگین ۳۳ در TN-957 ثبت شد. هر چقدر مقدار این مؤلفه بالاتر باشد نشان‌دهنده میزان قرمزی بیشتر است. پایین‌ترین مقادیر این شاخص را ژنوتیپ‌های ترش ریز محلی طبس (۲۱/۷)، سنت پیر (۲۱/۸)، کور د بوف (۲۱/۵)، TN-944 (۲۰/۲) و TN-919 (۱۸) دارا بودند که نشان‌دهنده ضعیف بودن شاخص رنگ قرمز در میوه آنهاست (شکل ۱.ب). بالاترین مقدار مؤلفه b در ژنوتیپ بمقان با میانگین ۳۹/۲ به‌دست آمد. ژنوتیپ‌های ترش ریز محلی طبس (۲۲/۹)، کور د بوف (۲۴/۳)، TN-944 (۲۳/۹) و TN-919 (۲۳/۷) پایین‌ترین مقادیر این مؤلفه را داشتند. مقادیر بالای b^* در بمقان نشان‌دهنده تمایل بیشتر این ژنوتیپ به رنگ زرد بود (شکل ۱.ج).





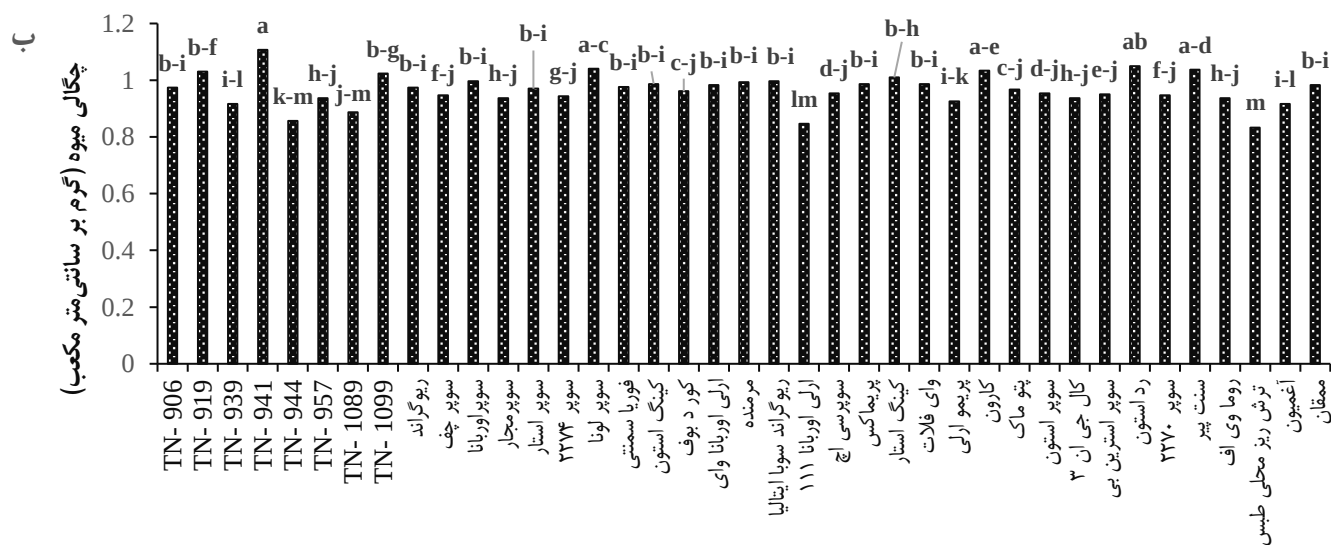
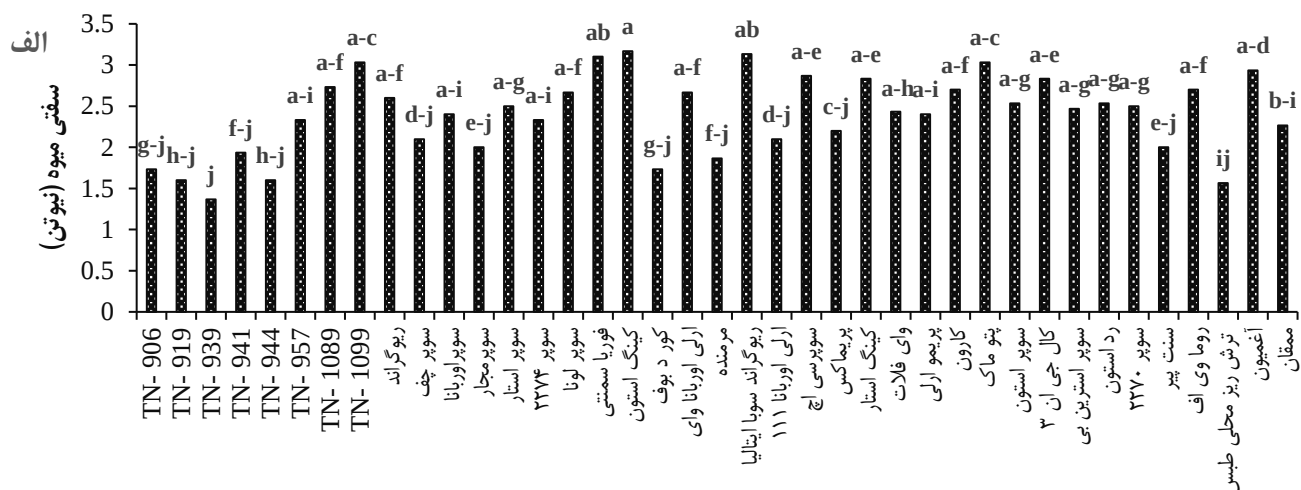
ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

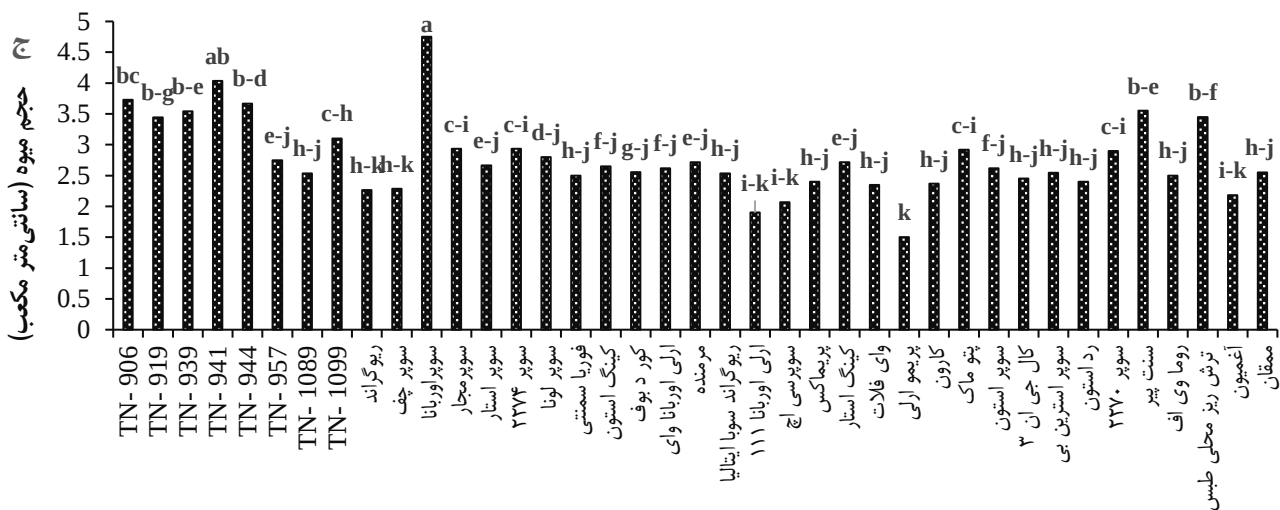
شکل ۱. الف. میانگین میزان روشنایی (مؤلفه L^*). ب. میانگین رنگ قرمز - سبز (مؤلفه a^*). ج. میانگین رنگ زرد - آبی (مؤلفه b^*) میوه ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی (حروف متفاوت بین میانگین‌ها حاکی از تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد).

ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی میوه گوجه‌فرنگی

محدوده میزان سفتی میوه در میان ژنوتیپ‌های تحت بررسی، از ۳/۱۶ تا ۱/۳۶ نیوتن (کیلوگرم بر سانتی متر مربع) متغیر بود و در بین همه آنها ژنوتیپ کینگ استون (۳/۱ نیوتن) بالاترین مقدار را داشت و پس از آن ریوگراند سوپا ایتالیا و فوریا سمیتی قرار داشتند (شکل ۲. الف)، در حالی که ژنوتیپ ترش ریز محلی طبس و TN-939 پایین‌ترین میزان این صفت را دارا بودند (به ترتیب ۱/۵ و ۱/۳ نیوتن). چگالی میوه میان ژنوتیپ‌ها نیز در محدوده ۱/۱۰ تا ۰/۸ گرم بر سانتی متر مکعب متغیر بود که بالاترین چگالی به ژنوتیپ TN-941 (۱/۱۰) گرم بر سانتی متر مکعب) و کمترین آن به ژنوتیپ ترش ریز محلی طبس (۰/۸ گرم بر سانتی متر مکعب) تعلق داشت (شکل ۲. ب). بر اساس شکل ۲. ج، حجم میوه نیز در ژنوتیپ سوپر اوربانا با حدود ۴/۷۵ سانتی متر مکعب بالاترین مقدار بود که در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها تفاوت قابل ملاحظه‌ای نشان داد، در مقابل ژنوتیپ پریمو ارلی با حجمی کمتر از ۱/۵ سانتی متر مکعب در پایین‌ترین رده نسبت

به سایرین قرار گرفت.

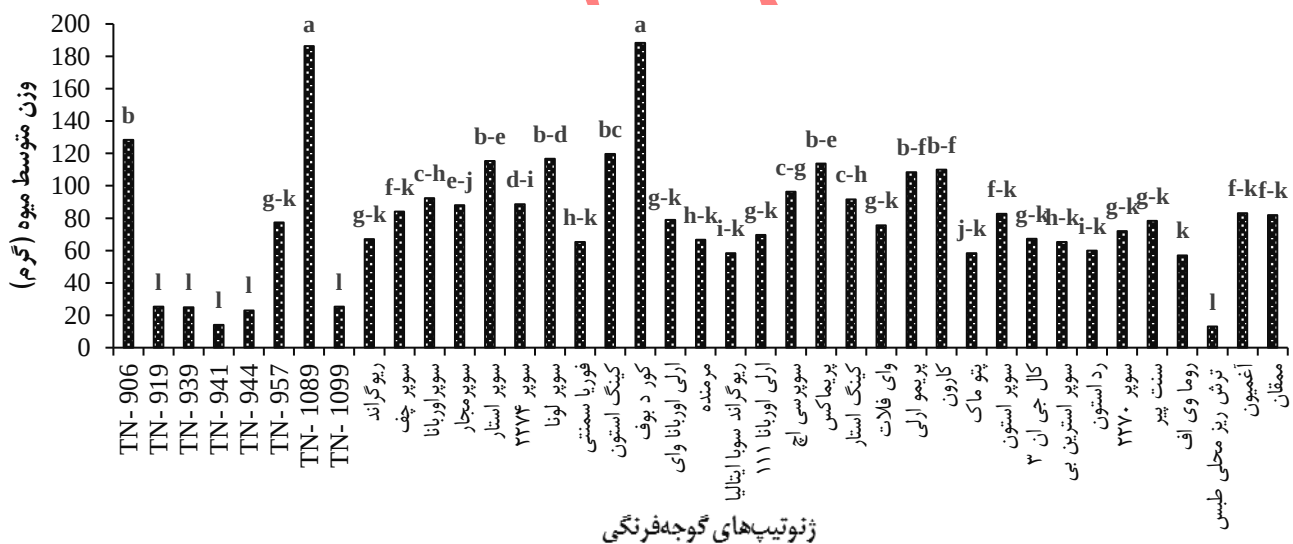




ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

شکل ۲. میانگین سفتی میوه (الف)، چگالی میوه (ب) و حجم میوه (ج) ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی (حروف متفاوت بین میانگین‌ها حاکی از تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد).

وزن متوسط میوه در دو ژنوتیپ کور د بوف (۱۸۸/۳ گرم) و TN-1089 (۱۸۶/۳ گرم) بیشترین مقدار را داشت، در حالی که ژنوتیپ‌های TN-941 و ترش ریز محلی طیس کمترین مقدار را نشان دادند (به ترتیب ۱۴ و ۱۳ گرم) (شکل ۳). همچنین، در بررسی مجموع وزن ده میوه الگوی یکسانی مشاهده شد، به طوری که کور د بوف (۱۵۰۶ گرم) و TN-1089 (۱۲۸۱ گرم) بالاترین مقادیر و ترش ریز محلی طیس و TN-941 کمترین مقادیر را داشتند (به ترتیب ۱۲۸ و ۱۳۶ گرم).

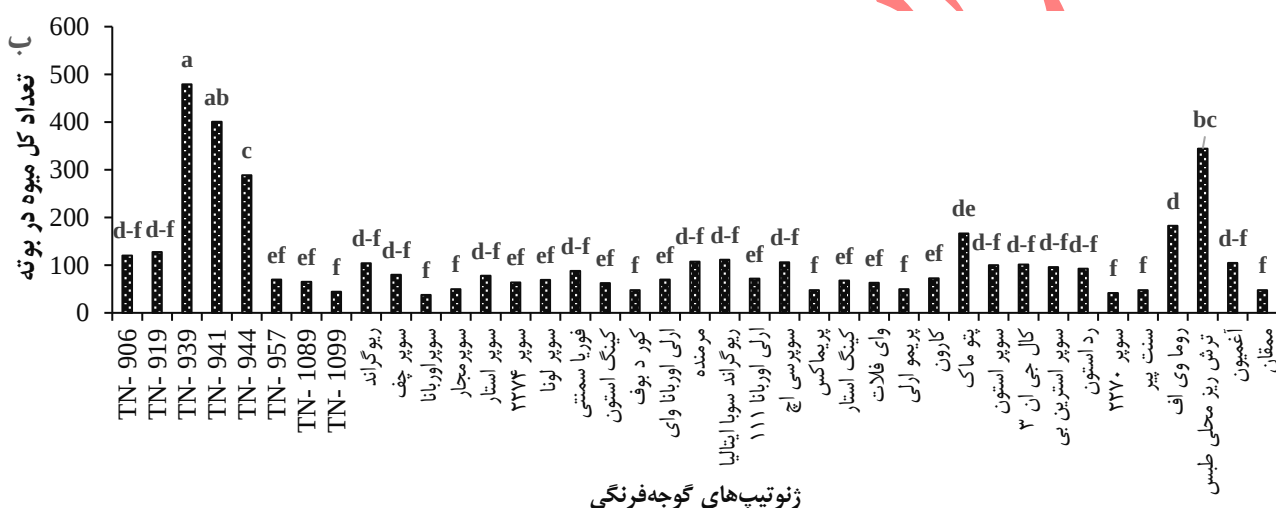
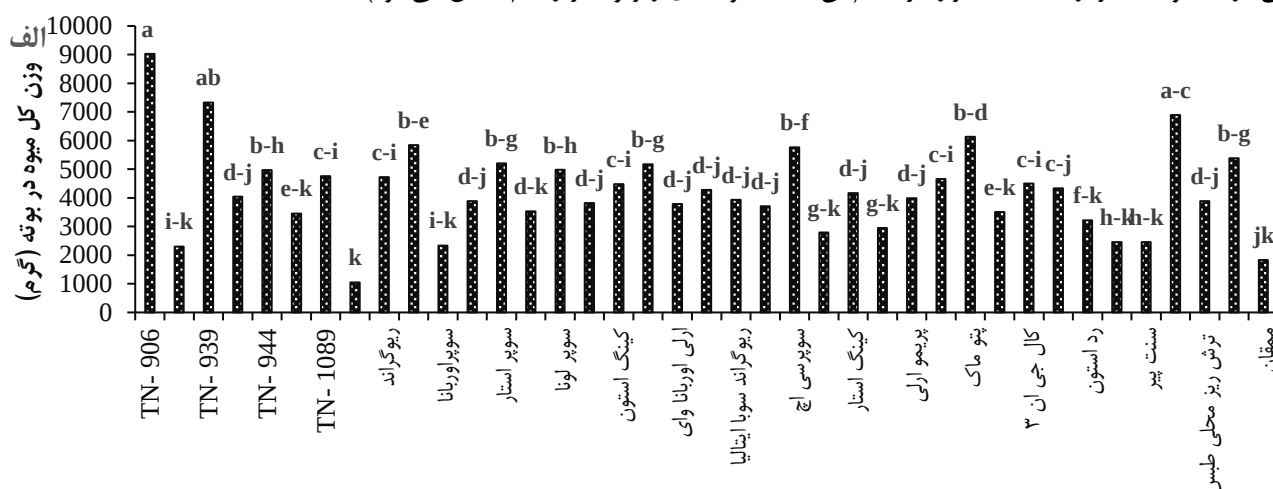


ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

شکل ۳. میانگین وزن متوسط میوه ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی (حروف متفاوت بین میانگین‌ها حاکی از تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد).

نتایج مقایسه میانگین وزن کل میوه نشان داد که وزن کل میوه در بوته (عملکرد)، در ژنوتیپ TN-906 بیش از ۹۰۰۰ گرم در بوته بود که در وضعیت برتری نسبت به سایرین قرار گرفت و در ژنوتیپ‌های مقمان (۱۸۳۰ گرم در بوته) و TN-1099 (۱۰۵۰ گرم در بوته) کمترین

وزن کل میوه در بوته ثبت شد. تعداد میوه در بوته در ژنوتیپ TN-939 بیش از ۴۷۰ عدد ثبت شد، درحالی که بسیاری از ژنوتیپ‌های مورد بررسی در محدوده کمتر از ۲۰۰ عدد قرار گرفتند (این تعداد میوه‌های ریز و سبز را هم شامل می‌شود).



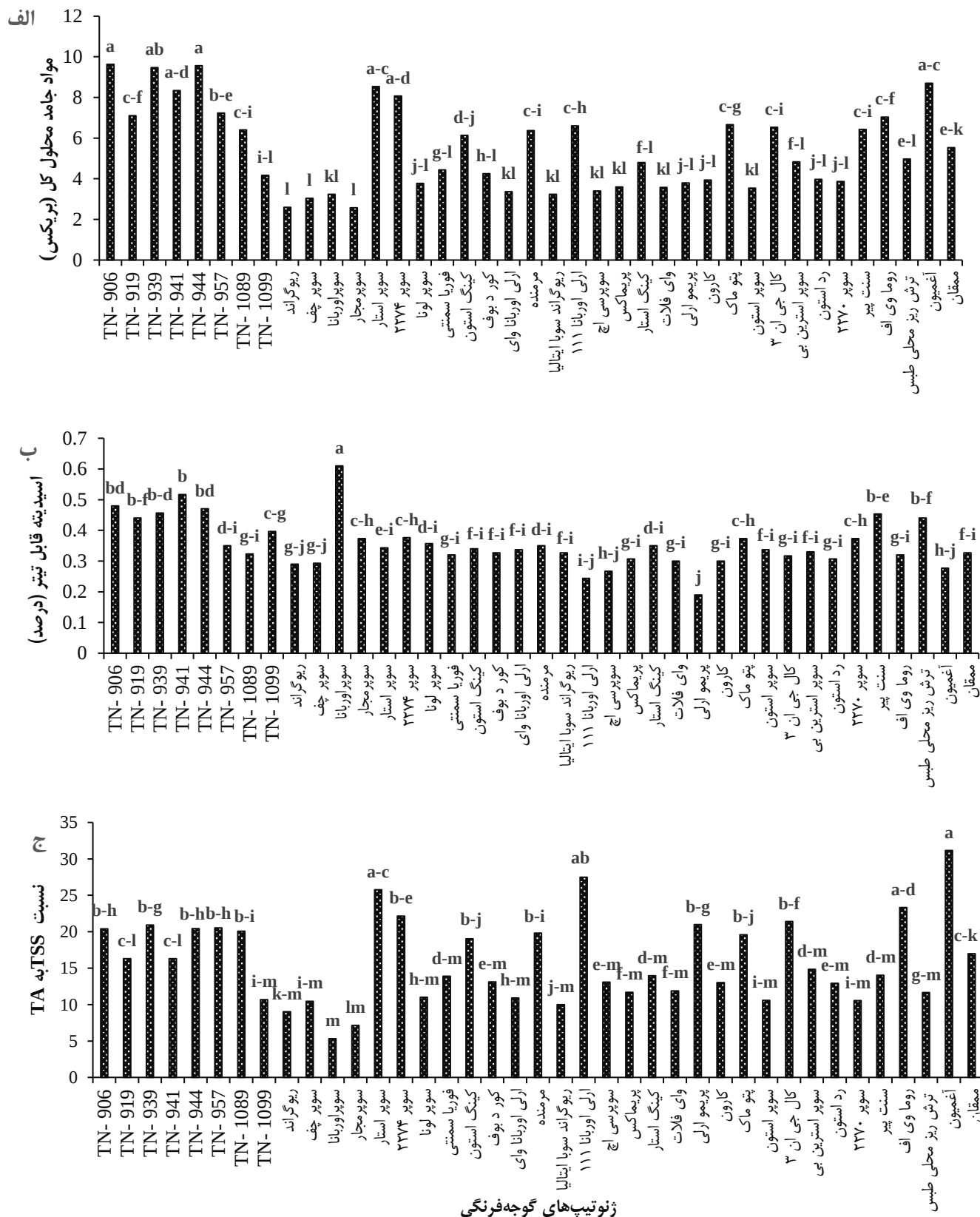
ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

شکل ۴. میانگین وزن کل میوه در بوته (الف) و تعداد کل میوه در بوته (ب) ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی (حروف متفاوت بین میانگین‌ها حاکی از تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد).

ویژگی‌های شیمیایی میوه (طعم و اسیدیته)

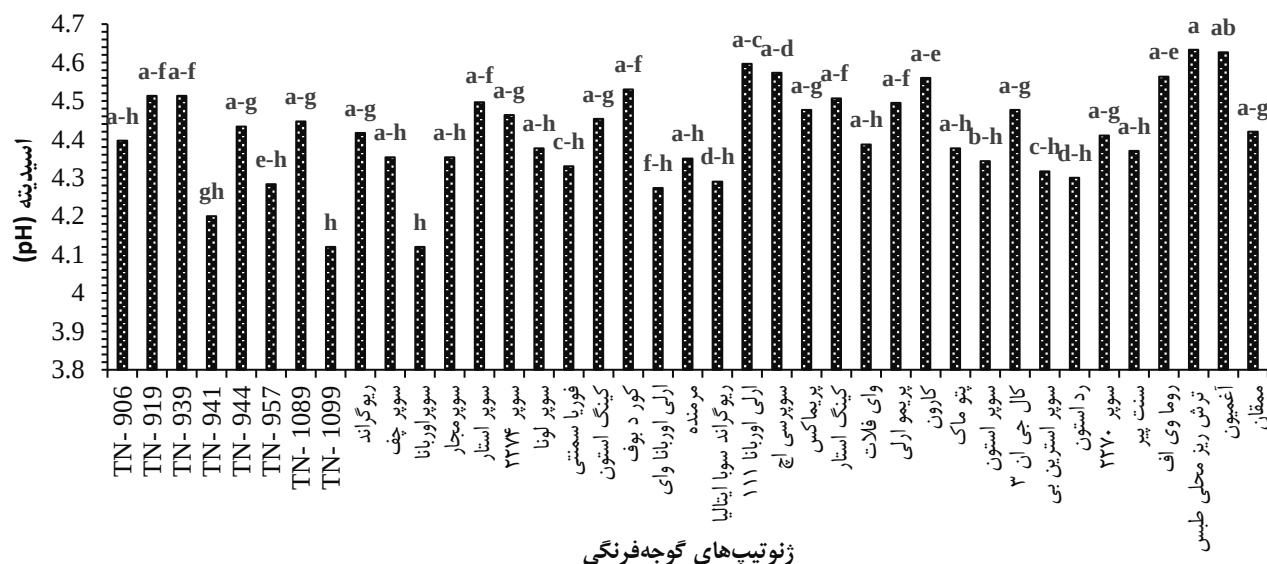
ژنوتیپ‌های مختلف گوجه‌فرنگی از نظر ویژگی‌های شیمیایی میوه شامل مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل تیتر، نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدیته قابل تیتر و اسیدیته تفاوت بسیار معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) نشان دادند. مواد جامد محلول کل در ژنوتیپ‌ها بین حدود ۲/۵ تا ۱۰ درجه بریکس متغیر بود. ژنوتیپ‌های TN-906، TN-939، سوپر استار و آغمیون در سطوح بالا و ریوگراند، سوپر مجار و سوپرچف با مقادیر کمتر از ۳ درجه بریکس در رده‌های کمترین قرار گرفتند (شکل ۵. الف). در اسیدیته قابل تیتر بیشترین مقدار در ژنوتیپ سوپراوربانا (۰/۶۱ درصد) و کمترین میزان نیز در پریمو ارلی (۰/۲ درصد) مشاهده شد (شکل ۵. ب). نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدیته قابل تیتر که به عنوان شاخصی جهت تشخیص طعم در نظر گرفته می‌شود در ژنوتیپ‌های تحت بررسی از ۳۱ تا ۵ تفاوت داشت و بیشترین میزان آن در ژنوتیپ‌های آغمیون و ارلی اوربانا و کمترین میزان در سوپراوربانا ثبت شد (شکل ۵. ج).

بیشترین میزان اسیدیته در ژنوتیپ ترش ریز محلی طبس و آغمیون و پایین ترین مقدار در سوپراوربانا و TN-1099 مشاهده شد (شکل ۶).



شکل ۵. میانگین مواد جامد محلول کل (TSS) (الف)، اسیدیته قابل تیتر (TA) (ب) و نسبت TSS/TA (ج) ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی (حروف متفاوت بین میانگینها)

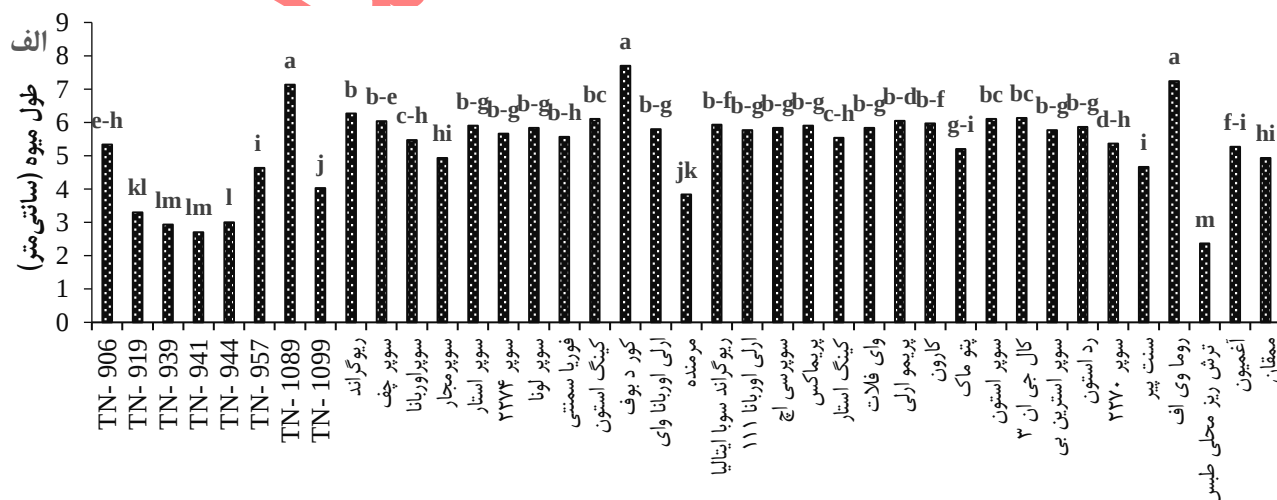
حاکی از تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می باشد).

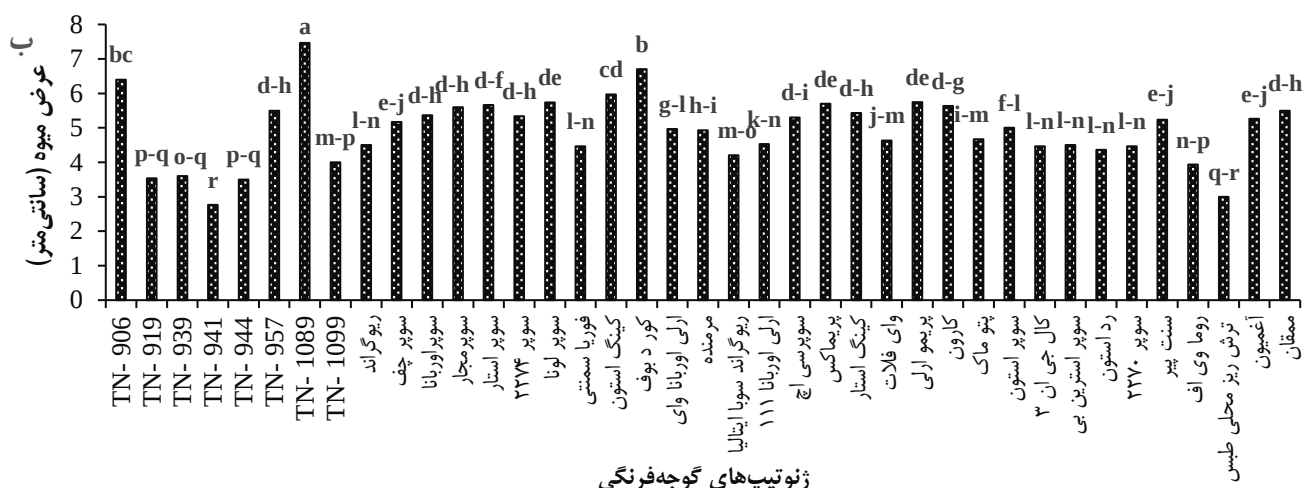


شکل ۶. میانگین میزان اسیدیته (pH) ژنوتیپ های گوجه فرنگی (حروف متفاوت بین میانگین ها حاکی از تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می باشد).

ارزیابی ریخت شناسی میوه گوجه فرنگی

ژنوتیپ های گوجه فرنگی از نظر صفات ریخت شناسی نیز تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد نشان دادند. طول میوه بیشترین مقدار را در ژنوتیپ های کور د بوف، روما وی اف، TN-1089 (به ترتیب ۷/۷، ۷/۲، ۷/۱ سانتی متر) نشان داد، در مقابل ژنوتیپ ترش ریز محلی طیس دارای کمترین طول میوه (۲/۳ سانتی متر) بود (شکل ۷. الف). بالاترین میزان عرض میوه نیز در TN-1089 (۷/۴ سانتی متر) کور د بوف (۶/۷ سانتی متر) و کمترین عرض میوه در ترش ریز محلی طیس و TN-941 (به ترتیب ۳ و ۲/۷ سانتی متر) دیده شد (شکل ۷. ب).

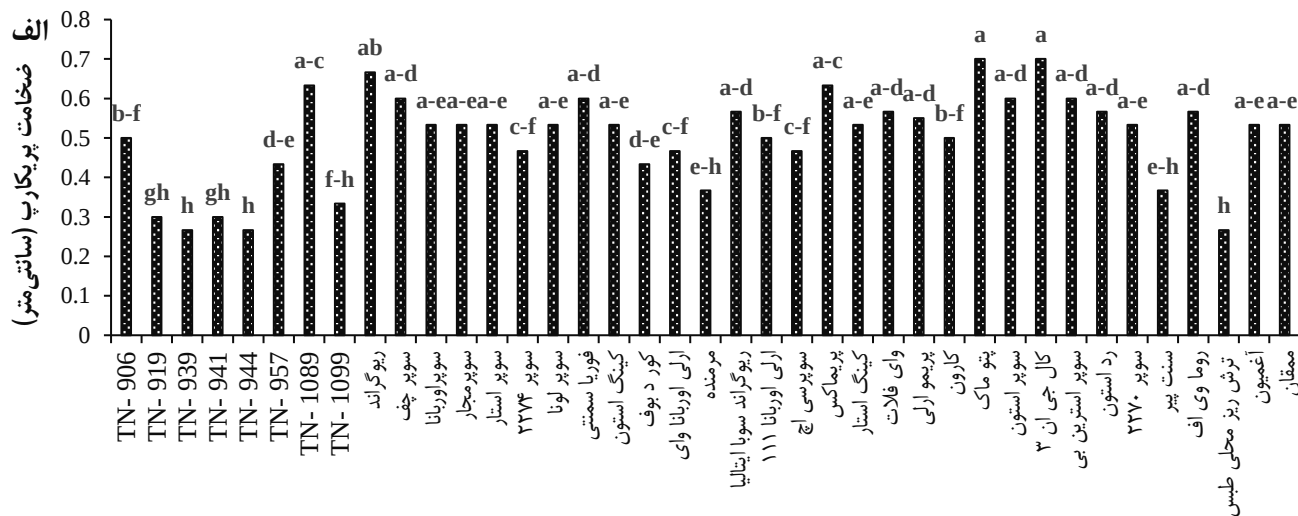


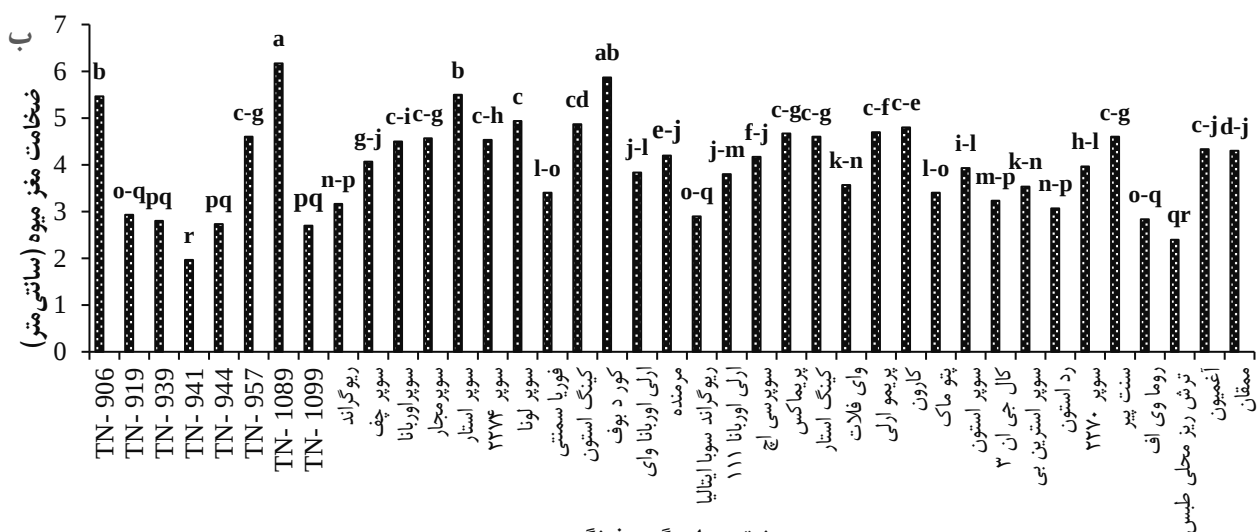


ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

شکل ۷. میانگین طول میوه (الف) و عرض میوه (ب) ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی (حروف متفاوت بین میانگین‌ها حاکی از تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد).

بیشترین ضخامت پریکارپ میوه در ژنوتیپ‌های پتوماک و کال جی ان ۳ (هر دو ۰/۷ سانتی‌متر) دیده شد، درحالی که ژنوتیپ‌های TN-939 و TN-944 و ترش ریز محلی طیس (هرسه ۰/۲۶ سانتی‌متر) در پایین‌ترین گروه قرار گرفتند (شکل ۸. الف). ضخامت مغز میوه در ژنوتیپ‌های TN-1089 و کور د بوف بیش از ۵/۸ سانتی‌متر بود، درحالی که ژنوتیپ‌هایی نظیر TN-941 و ترش ریز محلی طیس ضخامت مغز کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر داشتند (شکل ۸. ب).

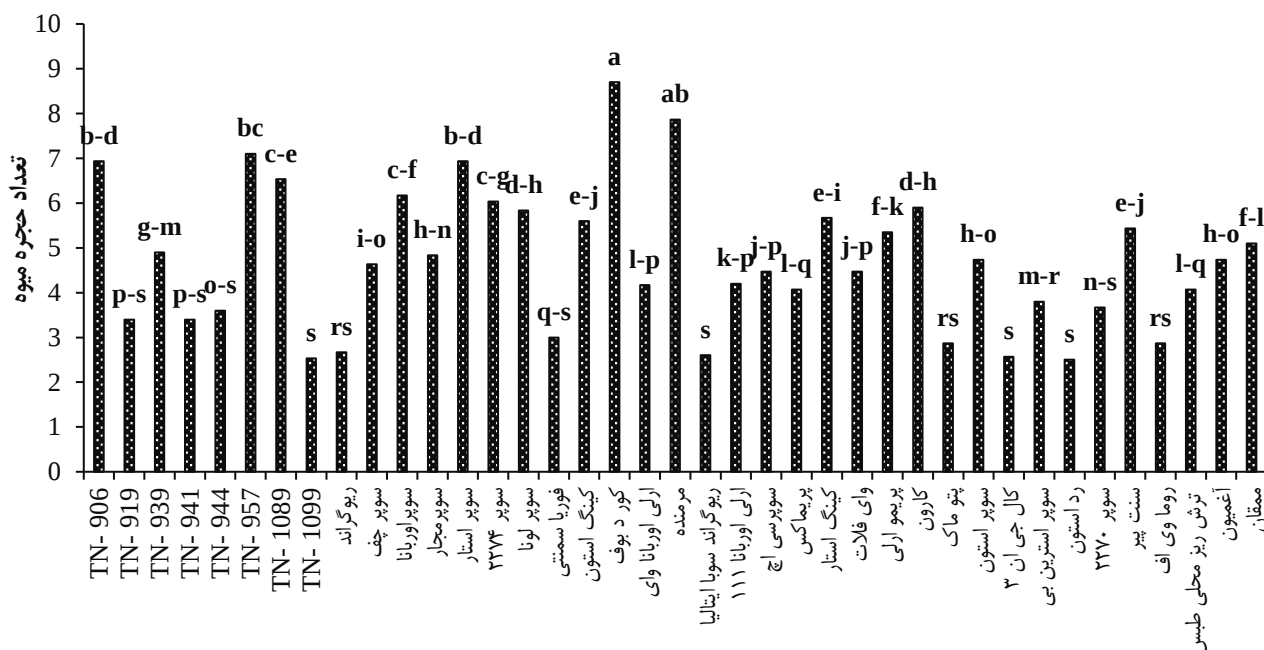




ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

شکل ۸. میانگین ضخامت پریکارپ میوه (الف) و ضخامت مغز میوه (ب) ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی (حروف متفاوت بین میانگین‌ها حاکی از تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد).

تعداد حجره‌های میوه در بین ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد و این تعداد از میانگین تقریبی ۲/۵ تا ۹ حجره متفاوت بود. بالاترین تعداد حجره در کور د بوف (۸/۷) و مرمنده (۷/۸) ثبت شد. ژنوتیپ‌هایی نظیر کال جی ان ۳، رد استون، ریوگراند سوپا ایتالیا و TN-1099 دارای کمترین تعداد حجره (حدود ۳ حجره) بودند (شکل ۹).



ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

شکل ۹. میانگین تعداد حجره میوه ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی (حروف متفاوت بین میانگین‌ها حاکی از تفاوت معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد).

ارزیابی صفات توصیفی ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

ارزیابی صفات توصیفی در ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی نشان می‌دهد که این ویژگی‌ها نیز همچون صفات کمی، دارای تنوع بالا بوده و می‌توانند انواع سلیقه‌های بازار را پوشش دهند. بیشتر ژنوتیپ‌ها دارای رنگ گوشت و پوست قرمز بودند که برای مصارف عمده صنعتی کارخانه‌جات تهیه رب و پوره گزینه مناسبی هستند. با این حال، ژنوتیپ‌هایی با گوشت صورتی مانند ریوگراند و TN-919 می‌تواند به تنوع بازار کمک کنند. از نظر سفتی بافت میوه، اکثر ژنوتیپ‌ها در دسته سفت یا نیمه سفت قرار گرفتند که برای حفظ کیفیت پس از برداشت، حمل و نقل و کاهش ضایعات ارزشمند است. ویژگی‌هایی مانند فرم نوک، عمق دماغه و برجستگی دماغه که بیشتر جنبه ظاهری دارند، نشان‌دهنده تنوع مورفولوژیکی قابل توجهی هستند. ژنوتیپ‌های کور د بوف و وای فلات با دماغه فرورفته و نوک مشخص، در بازار تازه‌خوری جذاب هستند و انواع تخت برای فراوری صنعتی ترجیح داده می‌شوند. از نظر شکل و اندازه میوه، ژنوتیپ‌ها در اشکال متنوعی از گرد، قلبی، بیضی تخم مرغی و مستطیلی قرار داشتند. چنین تنوعی می‌تواند متناسب با سلیقه‌های مختلف مصرف‌کنندگان باشد. ژنوتیپ‌هایی با شکل کاملاً گرد و متقارن برای بسته‌بندی و فراوری مناسب‌تر هستند (مانند کینگ استون، سوپر ۲۲۷۴ و پریماکس). از نظر نسبت طول به قطر و شکل در برش طولی، ژنوتیپ‌هایی مانند کور د بوف (قلبی - بزرگ) و سوپر استار (مستطیلی - متوسط) شکل‌های خاص‌تری داشتند که می‌تواند به فروش در بازارهای خاص کمک کند (جدول ۲).

جدول ۲. ویژگی‌های توصیفی و ظاهری ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی مورد مطالعه.

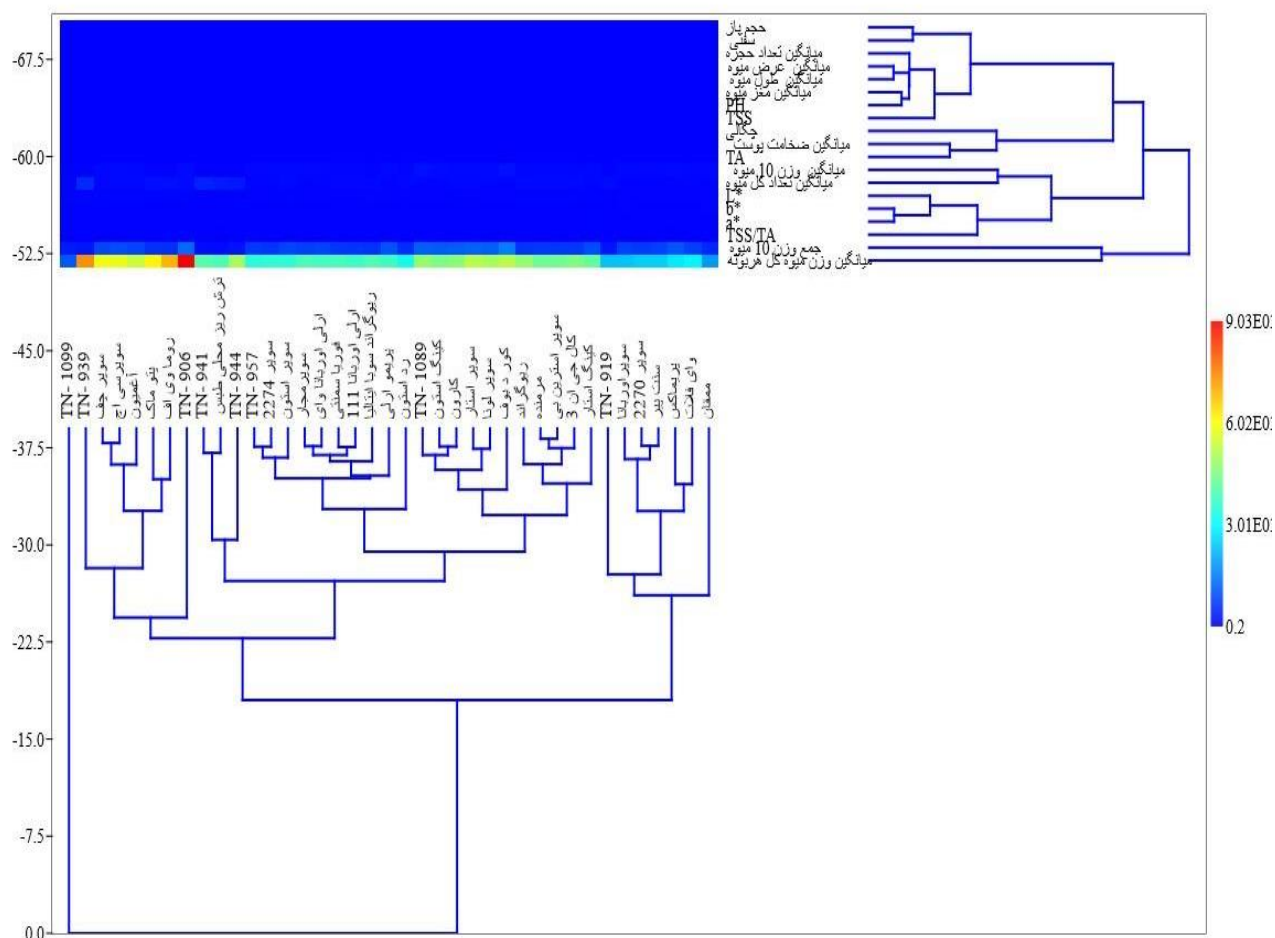
ردیف	نام ژنوتیپ	سفتی	ضخامت دیواره میوه	رنگ گوشت میوه	رنگ پوست میوه	اندازه مغز در برش عرضی	فرم نوک میوه	عمق فرورفتگی دماغه	برجستگی دماغه	اندازه کلی میوه	شکل مقطع عرضی	نسبت طول به قطر میوه	شکل در برش طولی
۱	TN- 906	نرم	نازک	قرمز	قرمز	بزرگ	فرورفته	متوسط	متوسط	متوسط	غیر مدور	کوچک	پهن
۲	TN- 919	نرم	نازک	صورتی	قرمز	متوسط	تخت	ندارد یا خیلی کم	ندارد یا خیلی کم	کوچک	مدور	متوسط	گرد
۳	TN- 939	نرم	نازک	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	کم	کم	خیلی کوچک	مدور	کوچک	کمی پهن
۴	TN- 941	متوسط	نازک	قرمز	قرمز	متوسط	تخت	ندارد یا خیلی کم	ندارد یا خیلی کم	خیلی کوچک	مدور	متوسط	گرد
۵	TN- 944	نرم	نازک	قرمز	قرمز	بزرگ	فرورفته تا تخت	کم	کم	خیلی کوچک	غیر مدور	کوچک	کمی پهن
۶	TN- 957	متوسط	نازک	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت تا نوک‌دار	متوسط	متوسط	متوسط	غیر مدور	کوچک	کمی پهن
۷	TN- 1089	خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	نوک‌دار	کم	کم	خیلی بزرگ	مدور	خیلی کوچک	گرد

۸	TN-1099	متوسط	نازک	قرمز	قرمز	متوسط	تخت	ندارد یا خیلی کم	کوچک	مدور	متوسط	گرد
۹	ریوگراند	خیلی سفت	ضخیم	قرمز	صورتی	کوچک	نو کدار	کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی
۱۰	سوپر چف	خیلی سفت	متوسط	صورتی	قرمز	بزرگ	تخت تا نو کدار	متوسط	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی
۱۱	سوپر اوربانا	خیلی سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	کم	بزرگ	مدور	بزرگ	گرد
۱۲	سوپر مجار	متوسط	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	متوسط	بزرگ	مدور	کوچک	کمی پهن
۱۳	سوپر استار	سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	متوسط	بزرگ	مدور	متوسط	مستطیلی
۱۴	سوپر ۲۲۷۴	خیلی سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	متوسط	بزرگ	مدور	متوسط	گرد
۱۵	سوپر لونا	سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	متوسط	بزرگ	مدور	متوسط	گرد
۱۶	فوریا سمیتی	خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	کوچک	تخت تا نو کدار	کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی
۱۷	کینگ استون	سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	متوسط	بزرگ	مدور	متوسط	گرد
۱۸	کور د بوف	خیلی نرم	نازک	قرمز	قرمز	خیلی بزرگ	نو کدار	زیاد	خیلی بزرگ	غیر مدور	بزرگ	قلبی
۱۹	ارلی اوربانا وای	خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نو کدار	کم	بزرگ	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی
۲۰	مرمنده	نرم	نازک	قرمز	قرمز	خیلی بزرگ	فرورفته تا تخت	زیاد	کوچک	غیر مدور	کوچک	پهن
۲۱	ریوگراند سوبا ایتالیا	سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نو کدار	کم	کوچک	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی
۲۲	ارلی اوربانا ۱۱۱	خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نو کدار	کم	بزرگ	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی
۲۳	سوپرسی اچ	سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	کم	بزرگ	مدور	متوسط	بیضوی
۲۴	پریماکس	خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نو کدار	کم	بزرگ	مدور	متوسط	گرد
۲۵	کینگ استار	خیلی سفت	متوسط	قرمز	قرمز	خیلی بزرگ	فرورفته تا تخت	متوسط	خیلی بزرگ	مدور	متوسط	گرد
۲۶	وای فلات	سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نو کدار	متوسط	کم	مدور	بزرگ	تخم مرغی
۲۷	پریمو ارلی	سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	کم	بزرگ	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی
۲۸	کارون	خیلی سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	کم	بزرگ	مدور	متوسط	گرد
۲۹	پتو ماک	خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نو کدار	کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی
۳۰	سوپر استون	خیلی سفت	متوسط	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نو کدار	کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی

۳۱	کال جی ان ۳	خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نوکدار	کم	کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی
۳۲	سوپر استرین بی	خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	نوکدار	کم	کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی
۳۳	رد استون	خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	کوچک	تخت تا نوکدار	ندارد یا خیلی کم	ندارد یا خیلی کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی
۳۴	سوپر ۲۲۷۰	سفت	متوسط	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نوکدار	کم	کم	متوسط	مدور	متوسط	بیضوی
۳۵	سنت پیر	خیلی نرم	نازک	قرمز	قرمز	خیلی بزرگ	تخت	زیاد	زیاد	متوسط	مدور	کوچک	کمی پهن
۳۶	روما وی اف	خیلی سفت	ضخیم	قرمز	صورتی	کوچک	نوکدار	ندارد یا خیلی کم	ندارد یا خیلی کم	متوسط	مدور	خیلی بزرگ	گلابی شکل
۳۷	ترش ریز محلی طیس	نرم	نازک	صورتی	قرمز	کوچک	تخت	ندارد یا خیلی کم	ندارد یا خیلی کم	خیلی کوچک	مدور	کوچک	کمی پهن
۳۸	آغمیون	خیلی سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت تا نوکدار	کم	کم	متوسط	مدور	متوسط	واژ تخم مرغی
۳۹	ممقان	سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	فرورفته تا تخت	کم	کم	متوسط	مدور	کوچک	مستطیلی

گروه بندی ژنوتیپ های گوجه فرنگی با روش خوشه بندی صفات

نتایج خوشه بندی ژنوتیپ ها و صفات نشان داد ژنوتیپ TN-1099 نسبت به دیگر ژنوتیپ های مورد مطالعه در گروه مجزایی قرار گرفت و دیگر ژنوتیپ ها نیز در یک گروه قرار گرفتند. سایر ژنوتیپ ها نیز خود به دو گروه تقسیم بندی شدند که ژنوتیپ های ممقان، وای فلات، پریماکس، سنت پیر، سوپر ۲۲۷۱، سوپرواریانا و TN-920 در یک گروه و دیگر ژنوتیپ ها در گروه دوم قرار گرفتند. بر اساس صفات اندازه گیری شده مشخص شد که ژنوتیپ ممقان و TN-1099 بیشترین فاصله مورفولوژیکی را داشتند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی و نمایش گرافیکی فاصله فنوتیپی به صورت دندروگرام و هیت مپ براساس صفات کمی.

بحث

نتایج نشان دهنده تنوع ژنتیکی قابل توجه در میان ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی از نظر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و مکانیکی بود که بررسی آنها کمک شایانی در برنامه‌های کشت در جهت انتخاب ارقام مناسب با اهداف خاص خواهد کرد. ژنوتیپ ممقان در هر سه مولفه رنگی (L^* , a^* , b^*) دارای مقادیر بالاتر بود که نشان‌دهنده میوه‌هایی با رنگ قرمز روشن مایل به زرد است که ممکن است با نوع رنگ غالب یا مرحله بلوغ مرتبط باشد. در رابطه با قرمزی رنگ، ژنوتیپ TN-957 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری داشت. در رابطه با سفتی میوه، ژنوتیپ‌هایی مانند کینگ استون که دارای سفتی مطلوبی هستند برای حمل و نقل گزینه خوبی خواهند بود و ژنوتیپ‌هایی مانند کور د بوف، TN-941 و سوپراوربانا که از نظر وزن و حجم در سطح بالاتری هستند می‌توانند برای مصرف تازه‌خوری در نظر گرفته شوند.

تعداد میوه در بوته یکی از اجزای اصلی عملکرد است و می‌تواند از اصلی‌ترین صفات تعیین کننده در پتانسیل عملکرد در گوجه‌فرنگی باشد (Henareh *et al.*, 2015). ژنوتیپ TN-906 به سبب بالاترین وزن کل میوه در بوته و وزن متوسط میوه برای افزایش عملکرد مزرعه‌ای مطلوب است. با در نظر گرفتن خصوصیات ژنوتیپ‌های بررسی شده، مدیریت بین صفات و ترکیب آنها سبب انتخاب بهتر ژنوتیپ‌ها با اهداف متنوع خواهد بود به همین دلیل در این راستا تحقیقات مشابهی نیز صورت گرفته است (Agong *et al.*, 2001; Soleimani *et al.*, 2013).

صفات شیمیایی مانند مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل تیتراژ، نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراژ و اسیدیته نقش کلیدی

در ویژگی‌هایی همچون طعم، کیفیت و ماندگاری و همچنین پذیرش بازار ایفا می‌کنند. هرچه نسبت مواد جامد محلول به اسیدیت قابل تیترا بالاتر باشد نشان از متعادل بودن طعم میوه گوجه فرنگی از نظر میزان شیرینی و اسیدیت دارد. از این دسته می‌توان ژنوتیپ‌های TN-944 و آغمیون را نام برد، در مقابل ژنوتیپ‌های با مواد جامد محلول پایین و اسیدیت قابل تیترا بالا که طعم ترش تری دارند، مانند سوپر اوربانا و سوپر مجار مناسب فراورده‌هایی همچون رب گوجه‌فرنگی هستند. ژنوتیپ‌هایی همچون آغمیون، ترش ریز محلی طیس، ارلی اوربانا و کارون که اسیدیت ۴/۴ تا ۴/۶ دارند در فرآیند نگهداری، حفظ کیفیت میوه بهتری خواهند داشت و ژنوتیپ‌هایی که دارای اسیدیت پایین‌تر نسبت به سایرین هستند، چالش‌های نگهداری با مواد افزودنی را به همراه دارند که در برنامه‌های متنوع مانند صادرات و فراوری باید مورد بررسی قرار گیرند.

شکل و اندازه میوه هم برای مصرف‌کننده و هم از جنبه حمل و نقل مهم است. ویژگی‌های ریخت‌شناسی نیز نقش بسیار مهمی در بازاریابی و فراوری‌های کشاورزی دارند (Salim et al., 2020). ژنوتیپ‌هایی که طول و عرض زیاد، ضخامت پریکارپ و مغز مناسبی دارند (مانند کور د بوف و TN-1089) از نظر ظاهری، مقاومت و قابلیت برش دادن مناسب‌تر هستند. ژنوتیپ‌هایی که از نظر ضخامت پریکارپ بارز هستند مانند پتوماک و کال جی ان ۳ در حمل و نقل طولانی مناسب خواهند بود، زیرا از نظر پایداری در برابر ضربه و آسیب نتایج بهتری نشان داده‌اند. ژنوتیپ‌هایی با ابعاد کوچک و ضخامت پریکارپ و مغز کم (مانند ترش ریز محلی طیس و TN-941) معمولاً برای کشت‌های محدود یا مقاصد خاص مناسب‌اند. امینی و همکاران در سال ۱۳۹۲ نیز نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند (امینی و همکاران، ۱۳۹۲).

تعداد حجره میوه در گوجه‌فرنگی به عنوان صفتی مهم تأثیر زیادی بر ویژگی‌های داخلی میوه از جمله ضخامت گوشت، نسبت مغز به پوست، میزان بذر و قابلیت فراوری دارد. ژنوتیپ کور د بوف با بیشترین تعداد حجره، دارای ساختار داخلی پر از بذر و با بافت مغزی بزرگ، مناسب تازه خوری است و با داشتن پوست نازک تنها مناسب بازارهای محلی است، اما برای فراوری‌هایی که نیاز به بافت یکدست و صاف است، مانند صنایع تهیه پوره و سس، مناسب نیست. ژنوتیپ‌های با تعداد حجره کمتر مانند کال جی ان ۳ یا رد استون اغلب دارای گوشت یکنواخت و بافتی فشرده هستند که برای مصارف تولید رب و تازه خوری مناسب‌اند.

هرچند کمی‌سازی دقیق صفات توصیفی گوجه‌فرنگی دشوار است، اما نقشی اساسی در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر برای اهداف اصلاحی، تجاری و مصرفی دارند. بررسی صفات توصیفی ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی در این مطالعه نشان داد که این ویژگی‌ها، اگرچه عمدتاً کیفی و غیر کمی هستند، اما می‌توانند تصویری روشن از تنوع فنوتیپی موجود در جمعیت ارائه دهند. دامنه تفاوت‌ها در رنگ، بافت، شکل و سایر صفات ظاهری نه تنها بیانگر غنای ژنتیکی است، بلکه کاربردهای عملی متعددی در انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب برای اهداف مختلف تولیدی فراهم می‌کند. این یافته‌ها می‌توانند راهنمایی مؤثر برای اصلاح‌گران و همچنین تولیدکنندگان حوزه کشاورزی باشند تا بر پایه ترکیبی از صفات فنوتیپی انتخاب‌های دقیق‌تری داشته باشند. تنوع بالایی مشاهده شده در میان ژنوتیپ‌ها نشان‌دهنده پتانسیل بالایی این مجموعه ژنتیکی برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی چند منظوره است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی چشمگیر در میان ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی تحت بررسی، از نظر ویژگی‌های ریخت‌شناسی، فیزیکی و شیمیایی است. وجود تفاوت‌های گسترده در این صفات، ظرفیت بالایی این ژنوتیپ‌ها جهت گزینش هدفمند در برنامه‌های اصلاحی را نشان می‌دهد. برخی ژنوتیپ‌ها با ویژگی‌هایی مانند سفتی مطلوب مانند کینگ استون یا رنگ مناسب مانند TN-957، عملکرد مناسب یا ظاهر بازاریابند مانند کور د بوف، TN-941، TN-906 و سوپراوربانا، قابلیت استفاده در مسیرهای مختلف تولیدی را دارند. علاوه بر این، صفاتی مانند اسیدیت، مواد جامد محلول کل و نسبت مواد جامد محلول به اسیدیت قابل تیترا نقش مهمی در کیفیت محصول در بکارگیری برای مصارف خاص دارند. ترکیب این صفات می‌تواند راهگشای انتخاب ژنوتیپ‌های بهینه برای کاربردهای خاص باشد. تنوع مشاهده‌شده نشان می‌دهد که شناسایی و بهره‌گیری از این ژنوتیپ‌ها می‌تواند به بهبود کیفیت، افزایش عملکرد و توسعه محصولات متناسب با نیاز بازار منجر شود. این پژوهش گامی مؤثر در جهت ارتقاء راهبردهای اصلاحی و تولیدی گوجه‌فرنگی به‌شمار می‌رود.

منابع

الفتی چیرانی، جمالعلی؛ بابالار، مصباح؛ کاشی، عبدالکریم؛ یزدانی، حسین و داداشی‌پور، احمد (۱۳۸۷). اثر سطوح مختلف آمونیوم و مولیبدن بر تجمع نیترات در دو رقم خیار گلخانه‌ای. *پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی*، (۸۱)، ۱۷۵-۱۸۰.

امینی، زهره؛ حسینی، سید ماشالله؛ علی‌محمدی، مهناز؛ سی‌سختی، علی و اسکندری، علی (۱۳۹۲). سازگاری ارقام گوجه‌فرنگی با طول دوره رویشی کوتاه و تعیین تاریخ کاشت مناسب در منطقه سردسیر شمال استان فارس. *فصلنامه اکوفیزیولوژی گیاهی*، (۱۳)، ۲۷-۳۸.

خزاعی، هادی و زارع فیض آبادی، احمد (۱۳۹۲). بررسی عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی در برداشت دستی یک و چند مرحله‌ای. *مجله به‌زراعی نهال و بذر (نهال و بذر)*، ۲۹-۲۰۲، ۲۳۵-۲۴۹.

رضوی، وحیده؛ خندان، عاطفه و صادقی، لیلا (۱۳۹۵). ارزیابی صفات مورفولوژیکی به‌منظور بررسی تمایز، یکنواختی و پایداری (*DUS*) در ۲۶ رقم گوجه‌فرنگی. گزارش طرح پژوهشی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج، ایران. شماره طرح R- 1053545.

شیری، محمدعلی (۱۳۹۴). مطالعه کارایی زمان محلول‌پاشی کلسیم بر کیفیت و انبارمانی میوه کیوی (*Actinidia deliciosa*) رقم «هایوارد». رساله دکتری تخصصی دانشگاه گیلان، دانشکده کشاورزی.

فرزانه، اکرم؛ نعمتی، سید حسین؛ آروئی، حسین و میرشمس کلخکی، امین (۱۳۹۲). تجزیه ژنتیکی صفات مرتبط با عملکرد و زودرسی در ۹ لاین گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) با استفاده از تلاقی دی‌آل. به نژادی نهال و بذر، (۴)، ۷۱۰-۶۹۳.

گل‌چشمه، ساسان؛ کیانی، غفار؛ کاظمی‌تبار، سید کمال و نواب‌پور، سعید (۱۴۰۱). بررسی تنوع مورفولوژیکی و ارزیابی عملکرد لاین‌های گوجه‌فرنگی با استفاده از تجزیه آماری چندمتغیره. *نشریه علوم باغبانی*، (۲)، ۴۱۵-۴۲۷.

محسنی‌فرد، احسان؛ فارسی، محمد؛ نعمتی، سیدحسین و ملک‌زاده، خلیل (۱۳۹۰). ارزیابی تنوع ژنتیکی ۱۶ لاین گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) با استفاده از نشانگر مولکولی SSR و بررسی همبستگی آن با هتروزیس. *مجله علوم باغبانی ایران*، (۲)، ۱۸۵-۱۹۲.

مسیب زاده، عزیزه؛ مستوفی، یونس؛ جوان نیکخواه، محمد و امام جمعه، زهرا (۱۳۸۸). بررسی تغییرات بیوشیمیایی و پوسیدگی خاکستری در انگور رقم شاهرودی در شرایط بسته بندی با اتمسفر تعدیل یافته. *مجله علوم باغبانی ایران*، (۲)، ۶۸-۷۷.

- Agong, S. G., Schittenhelm, S., & Friedt, W. (2001). Genotypic variation of Kenyan tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) germplasm. *The Journal of Food Technology in Africa*, 6(1), 13-17. <https://doi.org/10.4314/jfta.v6i1.19277>.
- Alves, F. R. R., Lira, B. S., Pikart, F. C., Monteiro, S. S., Furlan, C. M., Purgatto, E., Pascoal, G. B., Cristina-da-Silva-Andrade, S., Demarco, D., Rossi, M., & Freschi, L. (2020). Beyond the limits of photoperception: constitutively active phytochrome B2 overexpression as a means of improving fruit nutritional quality in tomato. *Plant Biotechnology Journal*, 18, 2027-2041. <https://doi.org/10.1111/pbi.13362>.
- Amini, Z., Hosseini, S. M., Ali-Mohammadi, M., Sisakhti, A., & Eskandari A. (2013). Adaptability of tomato cultivars with short growing period and determination of suitable planting date in northern cold region of Fars province. *Journal of Plant Ecophysiology*, 5(13), 27-38. (In Persian). <https://sid.ir/paper/188405/en>.
- Farzaneh, A., Nemati, SH., Arouiee, H., & Mirshamsi Kakhki, A. (2013). Genetic analysis of traits associated with yield and earliness in nine tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) lines using diallel crossing method. *Seed and Plant Improvement Journal*, 29(4), 693-710. (In Persian). <https://doi.org/10.5555/20143020205>.
- Foolad, M. R. (2007). Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics*, 064358 (1), 1-52. <https://doi.org/10.1155/2007/64358>.
- GolCheshmeh, S., Kiani, G., KazemiTabar, S. K., & Navabpour, S. (2022). Investigation of morphological diversity and evaluation of tomato lines yield using multivariate statistical analysis. *Journal of Horticultural Science*, 36(2), 415-427. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/JHS.2021.70173.1048>.
- Hannan, M. M., Ahmed, M. B., Roy, U. K., Razvy, M. A., Haydar, A., Rahman, M. A., Islam, M. A., & Islam, R. (2007). Heterosis, combining ability and genetics for brix, days to first fruit ripening and yield in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Middle-East Journal of Scientific Research*, 2(3), 128-131.
- Hassan, Z., Ul-Allah, S., Khan, A. A., Shahzad, U., Khurshid, M., Bakhsh, A., Amin, H., Jahan, M. S., Rehim, A., & Manzoor, Z. (2021). Phenotypic characterization of exotic tomato germplasm: An excellent breeding resource. *PLoS One*, 16(6), 1-12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253557>.
- Khan, M. A., Butt, S. J., Nadeem, F., Yousaf, B., & Javed, H. U. (2017). Morphological and physico-biochemical characterization of various tomato cultivars in a simplified soilless media. *Annals of Agricultural Sciences*, 62(2), 139-143. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2017.10.001>.
- Khazaei, H., & Zare-Feyzabadi, A. (2013). Assessment of fruit yield and quality of tomato varieties in one and several times hand-harvesting. *Seed and Plant Production*, 2(29), 235-249. (In Persian). <https://doi.org/10.5555/20133386969>.

- Kumar, R., Srivastava, K., Somappa, J., Kumar, S. & Singh, R. K. (2012). Heterosis for yield and yield components in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 3(2), 800-8005. <https://www.ejplantbreeding.org/index.php/EJPB/article/view/505>.
- Kumari, S., & Sharma, M. (2011). Exploitation of heterosis for yield and its contributing traits in tomato, *Solanum lycopersicum* L. *International Journal of Farm Sciences*, 1(2), 45-55.
- Liu, W., Liu, K., Chen, D., Zhang, Z., Li, B., El-Mogy, M. M., Tian, S., & Chen, T. (2022). *Solanum lycopersicum*, a model plant for the studies in developmental biology, stress biology and food science. *Foods*, 11(16), 2402. 1-15. <https://doi.org/10.3390/foods11162402>.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255. <https://doi.org/10.5555/19930322597>.
- Mirshamsi, A., Farsi, M., Shahriari, F., & Nemati, SH. (2008). Use of random amplified polymorphic DNA markers to estimate heterosis and combining ability in tomato hybrids. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11, 499-507. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.499.507>.
- Mohsenifard, E., Farsi, M., Nemati, SH. & Malekzade, K. (2011). An SSR-based assessment of genetic diversity in 16 Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) lines and it's correlation with heterosis. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 42(2), 185-192. (In Persian). <https://doi.org/10.5555/20113327000>.
- Mosaibzadeh, A., Mostofi, Y., Javan-Nikkah, M., & Emamjomeh, Z. (2008). Investigation of biochemical changes and gray mold decay in 'Shahroodi' grape under modified atmosphere packaging conditions. *Journal of Horticultural Sciences*, 23(2), 68-77. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1388i2.2588>.
- Oladokun, O. L., Ibirinde, D. O., Kolawole, A. O., & Aremu, C. O. (2022). Combining ability for morphological and nutritional traits in a diallel cross of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Acta Agriculturae Slovenica*, 118(4), 1-10. <https://doi.org/10.14720/aas.2022.118.4.2234>.
- Olfati Chirani, J., Babalar, M., Kashi, A., Yazdani, H., & Dadashpour, A. (2008). The effect of different levels of ammonium and molybdenum on nitrate accumulation in two greenhouse cucumber cultivars. *Pajouhesh va Sazandegi in Agriculture and Horticulture*, 81, 175-180. (In Persian). <https://sid.ir/paper/142235/en>.
- Pandiarana, N., Chattopadhyay, A., Seth, T., Shende, V. D., Dutta, S., & Hazra, P. (2015). Heterobeltiosis, potency ratio and genetic control of processing quality and disease severity traits in tomato. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 43(4), 282-293. <https://doi.org/10.1080/01140671.2015.1083039>.
- Panthee, D. R., Bhattarai, K., Louws, F. J., & Williamson, J. D. (2016). Diversity analysis of tomato genotypes based on morphological traits with commercial breeding significance for fresh market production in eastern USA. *Australian Journal of Crop Science*, 10(8), 1098-1103. <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.08.p7391>.
- Razavi, V., Khandan, A., & Sadeghi, L. (2016). Evaluation of morphological traits for distinctness, uniformity, and stability (DUS) of 26 tomato cultivars. Research Project, Seed and Plant Certification and Registration Research Institute, Karaj, Iran. Project no. R- 1053545. (In Persian).
- Gupta, A., Kawatra, A., & Sehgal, S. (2011). Physical-chemical properties and nutritional evaluation of newly developed tomato genotypes. *African Journal of Food Science and Technology*, 2(7), 167-172. <http://www.interestjournals.org/AJFST>.
- Salim, M. M. R., Rashid, M. H., Hossain, M. M., & Zakaria, M. (2020). Morphological characterization of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. *Journal of Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19, 233- 240. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.11.001>.
- Senapati, B. K., & Kumar, A. (2015). Genetic assessment of some phenotypic variants of rice (*Oryza* spp.) for some quantitative characters under the Gangatic plains of West Bengal. *African Journal of Biotechnology*, 14(3), 187-201. <https://doi.org/10.5897/AJB2014.13961>.
- Shankara, N., Joep, V. D. J., Marja, D. G., Martin, H., & Barbara, V. D. (2005). *Cultivation of tomato: Production processing and marketing*. Agromisa Foundation, Agrodok 17, Agromisa/CTA, Wageningen, The Netherlands.. <https://hdl.handle.net/10568/52975>.
- Shiri, M. A. (2015). *Study of the efficiency of calcium spraying time on quality and storage life of kiwifruit (Actinidia deliciosa) cultivar 'Hayward'* [Ph.D. Thesis]. University of Guilan, Guilan. (In Persian).
- Singh, P., Cheema, D. S., Dhaliwal, M. S., & Garg, N. (2014). Heterosis and combining ability for earliness, plant growth, yield and fruit attributes in hot pepper (*Capsicum annuum* L.) involving genetic and cytoplasmic- genetic male sterile lines. *Scientia Horticulturae*, 168, 175-188. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.12.031>.
- Soliman, T. H. I., El-Gabry, M. A. H., & Abido, A. I. (2013). Heterosis, potency ratio and correlation of some important characters in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia Horticulturae*, 150, 25-30. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.10.024>.
- Sprague, G. F., & Tatum, L. A. (1942). General vs. specific combining ability in single crosses of corn 1. *Agronomy Journal*, 34(10), 923-932. <https://doi.org/10.2134/agronj1942.00021.962003400100008x>.

- Suárez, M. H., Rodríguez, E. R., & Romero, C. D. (2008). Chemical composition of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) from Tenerife, the Canary Islands. *Food Chemistry*, 106(3), 1046–1056. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.025>.
- UPOV(2024). International Union For The protection Of New Variety of Plants. Duidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of tomato. TG/44/12.
- Ward, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58(301), 236–244. <https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845>.

ویراستاری نشده