



Assessment of Phenotypic Diversity in Tomato Genotypes Based on Morphological, Physical, Chemical, and Descriptive Traits

Noushin Ashrafi¹ , Mohammadreza Hassandokht² , Majid Shokrpour³

1. Department of Horticulture and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj- Iran ashrafi.n@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Horticulture and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj- Iran mrhassan@ut.ac.ir
3. Department of Horticulture and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj- Iran shokrpour@ut.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	This study was conducted to evaluate the phenotypic diversity among 39 tomato genotypes (<i>Solanum lycopersicum</i> L.). The plant materials included a range of both local and commercial cultivars that 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, TSS, and TSS/TA ratio), as well as descriptive traits such as fruit color, pericarp thickness, and number of locules. The results of analysis of variance and Duncan's multiple range test revealed significant differences among genotypes at the 1% probability level. Traits such as total fruit weight per plant, number of fruits, 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 also performed, resulting in distinct genotype groupings. The findings of this study can serve as a valuable basis for selecting superior parental lines of tomato in breeding programs aimed at enhancing yield, fruit quality, and developing cultivars adapted to various production goals and market demands.
Article history:	
Received: 9 November 2024	
Received in revised form: 29 December 2024	
Accepted: 15 January 2025	
Published online: Summer 2025	
Keywords: <i>Cluster analysis,</i> <i>Local genotypes,</i> <i>yield.</i>	

Cite this article: Ashrafi, N., Hassandokht, M. & Shokrpour, M. (2025). Assessment of Phenotypic Diversity in Tomato Genotypes Based on Morphological, Physical, Chemical, and Descriptive Traits. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 56 (2), 223-245. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.395727.2276>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.395727.2276>

Publisher: The University of Tehran Press.

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 cultivated extensively in 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, the development of improved tomato cultivars requires a focus 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 commonly 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, often 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, commercial cultivars, and gene bank accessions originating from Sarab, Razliq, Mamaghan, and Tabas regions (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 50 cm spacing between plants on the row. Evaluations included morphological traits (fruit color, length and width, pericarp and locule thickness, longitudinal and cross-sectional shape, tip shape, and blossom-end depth and bulging), 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. TA was determined by titration with 0.1N NaOH in the presence of phenolphthalein as an indicator. 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.

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 Mamaqan genotype showed high values in all three color components (*L, *a, *b), indicating a bright red to yellowish hue. Additionally, genotype TN-957 exhibited superior redness compared to others. Among mechanical characteristics, genotypes like King Stone, due to their desirable firmness, are recommended for transportation. Genotypes such as Cuor Di Bue, TN-941, and Super Urbana, because of their higher fruit weight and volume, are more suitable for fresh consumption, while 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 have a significant impact on taste, shelf life, and market acceptance. Genotypes like TN-944 and Aghmiyon have a well-balanced flavor and are ideal for fresh consumption, while genotypes such as Super Urbana and Super Major, due to their higher acidity and lower TSS, are more appropriate for processing products like tomato paste. In terms of morphology, genotypes with larger size and appropriate skin thickness, like Cour di Boe and TN-1089, are considered more marketable. In contrast, 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

The results of this study indicate 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, with features 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 highlights that identifying and utilizing these genotypes can lead to 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 و شیمیایی و توصیفی

نوشین اشرفی^۱ | محمدرضا حسندخت^۲ | مجید شکرپور^۳

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج، ایران ashrafi.n@ut.ac.ir

۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج، ایران mrhassan@ut.ac.ir

۳. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج، ایران shokrpour@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۶ تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۴ کلیدواژه‌ها: تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های بومی، عملکرد.	این پژوهش با هدف ارزیابی تنوع فنوتیپی بر پایه صفات مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی و توصیفی در ۳۹ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) انجام شد. مواد گیاهی مورد استفاده شامل طیفی از ژنوتیپ‌های بومی و تجاری بود که به منظور 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 (مانند شکل، حجم و اندازه میوه)، فیزیکی (سفتی، چگالی، وزن)، شیمیایی (pH، اسیدیته، TSS و نسبت TSS/TA) و نیز صفات توصیفی نظیر رنگ، ضخامت پریکارپ، مغز و تعداد حجره بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس و آزمون چنددامنه‌ای دانکن نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال یک درصد بود. صفاتی مانند وزن کل میوه در بوته، تعداد میوه، سفتی بافت و نسبت TSS/TA بیشترین تنوع را در میان ژنوتیپ‌ها نشان دادند. به منظور شناسایی الگوهای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها، تجزیه خوشه‌ای با روش وارد نیز انجام گرفت و TN-1100 در گروهی مجزا قرار گرفت و باقی ژنوتیپ‌ها نیز در دو گروه عمده ژنوتیپی دسته بندی شدند. بیشترین فاصله مورفولوژیکی در میان ژنوتیپ‌ها TN-1100 مشاهده شد. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به عنوان 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.

استناد: اشرفی، نوشین؛ حسندخت، محمدرضا و شکرپور، مجید (۱۴۰۴). ارزیابی تنوع فنوتیپی ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی بر پایه صفات مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی. نشریه علوم باغبانی ایران، ۵۶ (۲)، ۲۳۳-۲۴۵. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.395727.2276>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.395727.2276>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

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 باغی، گوجه‌فرنگی با نام علمی *Solanum lycopersicum* که به تیره Solanaceae تعلق دارد، از نظر میزان تولید، پس از سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) 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، تقویت‌کننده سلامت (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 با تعداد کروموزوم $2n=24$ 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 (Kumar et al., 2018). 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 ژرم‌پلاسِم 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 جمعیت‌های نمونه 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 (محسنی فرد و همکاران، ۱۳۹۰؛ Hannan et al., 2007؛ Hassan, 2021؛ Mirshamsi et al., 2008).

پیشینه پژوهش

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 پر مصرف‌ترین سبزیهای جهان، فرصت مناسبی را برای کشف صفات متمایز و بهبود ژنوتیپ‌های مقاوم و با کیفیت فراهم آورده است. در این زمینه، در مطالعه‌ای، در بررسی ۲۶ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی گزارش شد که تجزیه واریانس صفات طول و عرض برگ، طول و عرض میوه، نسبت طول به قطر، ضخامت دیواره میوه، نسبت اندازه مغز به قطر کل، نشان‌دهنده تنوع معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین ژنوتیپ‌ها بود. اما در مقابل، برخی صفات بیوشیمیایی، رنگ میوه هنگام رسیدن و رنگ گوشت تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها نشان ندادند (رضوی و همکاران، ۱۳۹۵).

مطالعه پانته‌ی و همکاران (۲۰۱۶) نیز به بررسی ۸ صفت مورفولوژیکی و زراعی در ۷۱ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی پرداخت که شامل نحوه رشد گیاه، ارتفاع گیاه، رنگ برگ، اندازه میوه، شکل میوه، زمان رسیدگی و دسته‌بندی میوه بود. هدف این بررسی تحلیل ارتباط این صفات با برنامه‌های اصلاحی بازار تازه‌فروشی گوجه‌فرنگی بود. نتایج حاصل از روش‌های خوشه‌بندی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان داد که ژنوتیپ‌ها در شش خوشه متمایز گروه‌بندی می‌شوند و پنج مؤلفه اصلی بیش از ۹۲ درصد واریانس فنوتیپی را توضیح می‌دهند. همچنین صفات میوه‌ای از جمله اندازه، شکل و دسته‌بندی میوه 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 Arun Selection 7 پرداخته شد که شامل اندازه‌گیری صفات متنوعی همچون سفتی میوه، محتوای آبمیوه و پالپ، درصد جامدات محلول کل (TSS) 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 دارند که می‌تواند در انتخاب ارقام بهینه برای مصارف خاص موثر باشد (Gupta et al., 2011).

در مطالعه‌ای دیگر، سلیم و همکاران، ۲۲ لاین اینبرد گوجه‌فرنگی را از نظر ۲۷ صفت مورفولوژیکی مربوط به مراحل نمو، رشد رویشی و ویژگی‌های میوه مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این پژوهش تغییرات گسترده‌ای را در میان 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، تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی پردازش شدند. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد مطالعه تنوع قابل توجهی دارند 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 (Bhattarai et al., 2018).

بر این اساس، 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 کولتیوارها 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 نباتی 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 بذور 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 هر یک دارای اقلیم متفاوت و پتانسیل ویژه‌ای در تولید گوجه‌فرنگی هستند. در سال ۱۳۹۶ جمع‌آوری بذور انجام شد و در سال ۱۳۹۷، پس از تهیه نشا از کلیه نمونه‌ها، کشت مزرعه‌ای در شرایط یکسان و یکنواخت زراعی انجام شد. داده‌برداری‌های اولیه از صفات مورفولوژیکی، عملکردی و فیزیکی‌شیمیایی میوه‌ها در این مرحله انجام گرفت. در سال ۱۴۰۰، بذور 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 پایه 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 صفات مورفولوژیکی (رنگ، طول و عرض و اندازه میوه، ضخامت پریکارپ و مغز میوه یعنی بخش مرکزی موسوم به کُلوملا، 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)، صفات فیزیکی (سفتی، چگالی، حجم، میانگین و مجموع وزن ده میوه، میانگین وزن و تعداد کل میوه در هر بوته، و صفات شیمیایی میوه شامل مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیترا (TA)، نسبت TSS به TA، و pH انجام شد. نمونه‌برداری‌ها در مراحل مختلف رشد گیاه به‌ویژه زمان رسیدگی فیزیولوژیکی صورت گرفت و داده‌ها به صورت تک‌بوته‌ای ثبت شدند.

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 نیوتن (N) ثبت شد. چگالی میوه از تقسیم وزن بر حجم، بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب (g/cm^3) 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 pH، ۵ میلی‌لیتر از آب میوه صاف‌شده با pH متر دیجیتال اندازه‌گیری شد. اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) نیز با رقیق‌سازی عصاره با آب مقطر و تیتراسیون آن با سود ۰/۱ نرمال در حضور فنل‌فتالین انجام و مقدار آن بر حسب درصد اسید سیتریک گزارش شد (مسیب زاده و همکاران، ۱۳۸۸). درصد مواد جامد محلول کل (TSS) 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 و تحلیل واریانس برای تعیین معنی‌داری اثر ژنوتیپ‌ها انجام شد و در صفات دارای اختلاف معنی‌دار، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت پذیرفت. همچنین به منظور شناسایی ساختار درونی داده‌ها و شناسایی عوامل مؤثر، تحلیل عاملی انجام گرفت. برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شباهت فنوتیپی، از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد

و بر اساس فاصله اقلیدسی مربع 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 انجام گردید.

یافته‌های پژوهش

ارزیابی ویژگی‌های رنگ میوه گوجه‌فرنگی با استفاده از سیستم ارزیابی مینولتا

با توجه به تجزیه واریانس داده‌ها، تفاوت معنی‌داری از نظر تمامی ویژگی‌های بررسی شده در این مطالعه در سطح احتمال یک درصد به دست آمد (جدول ۱). بنابراین در ادامه به مقایسه میانگین صفات به دست آمده پرداخته شد.

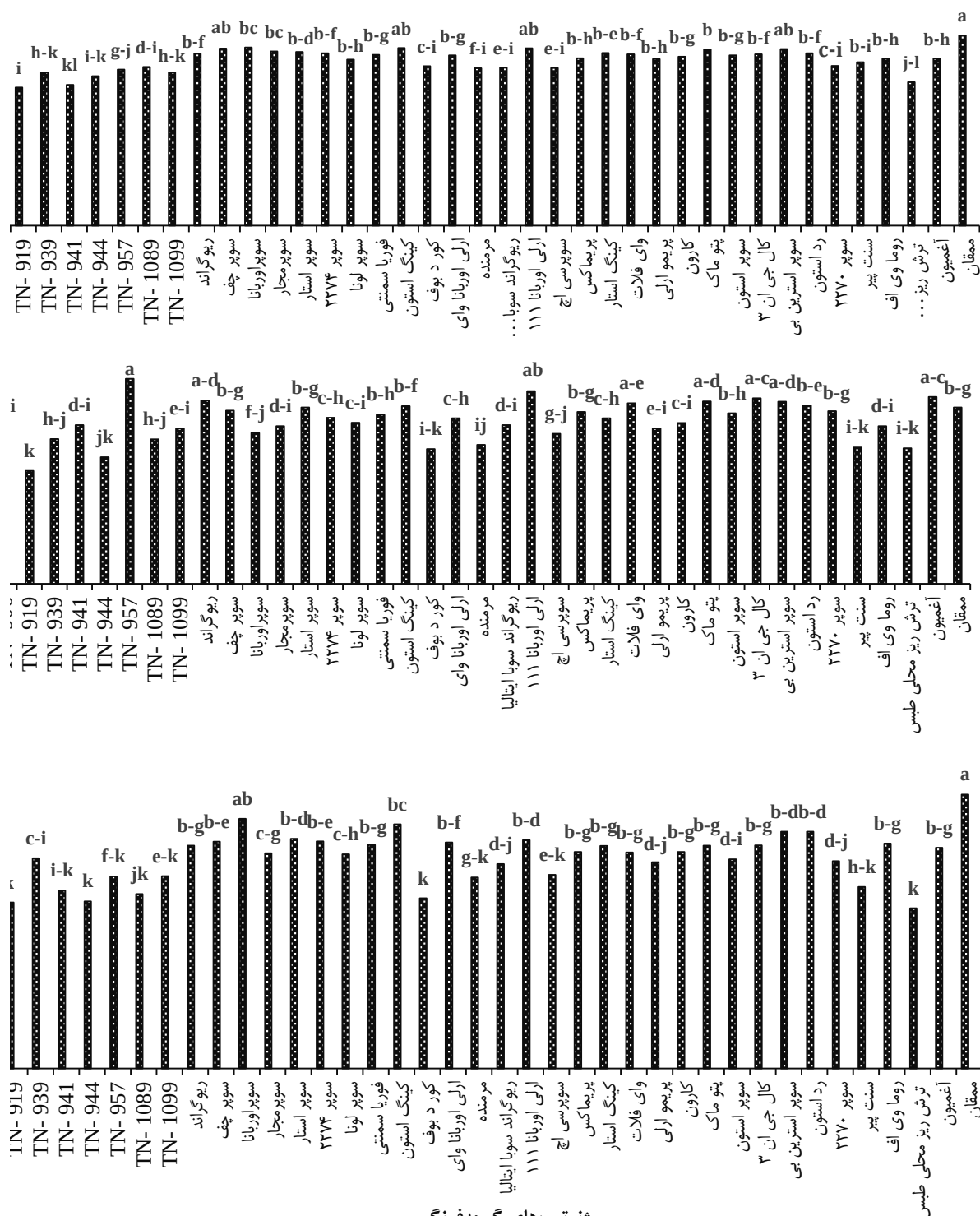
جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه گیری شده در ژنوتیپ‌های مختلف گوجه فرنگی

منابع تغییر	درجه آزادی	رنگ مینولتا ۱ (شاخص روشنی رنگ میوه)	رنگ مینولتا ۲ (شاخص سبز-قرمز)	رنگ مینولتا ۳ (شاخص زرد-آبی)	سفتی	مواد جامد محلول	اسیدینه	حجم میوه	اسیدینه قابل تیتر	نسبت مواد جامد محلول به اسیدینه قابل تیتر	چگالی	میانگین وزن میوه کل هر بوته گرم	میانگین تعداد کل میوه	میانگین وزن ۱۰ میوه گرم	جمع وزن ۱۰ میوه	میانگین طول میوه سانتی متر	میانگین عرض میوه سانتی متر	میانگین ضخامت پرکارپ سانتی متر	میانگین مغز میوه سانتی متر
تکرار	۲	۱/۹ ns	۱/۴۸ ns	۴/۵۹ ns	۰/۲۲ ns	۰/۱۷ ns	۰/۱۷ ns	۰/۰۲ ns	۶/۵ ns	۰/۰۴ ns	۱۱۰۹۶۵۶ ns	۵۴۷۱ ns	۵۸۸ ns	۵۸۸ ns	۵۸۸ ns	۵۸۸ ns	۵۸۸ ns	۵۸۸ ns	۵۸۸ ns
ژنوتیپ	۳۸	۳۲/۹**	۲۸/۹**	۳۸/۲۹**	۰/۶۹**	۱۳/۳۶**	۰/۴۴**	۱/۰۹**	۰/۱۸**	۰/۰۹**	۷۱۲۱۳۳۹**	۲۹۴۳۳**	۲۹۴۳۳**	۲۹۴۳۳**	۲۹۴۳۳**	۲۹۴۳۳**	۲۹۴۳۳**	۲۹۴۳۳**	۲۹۴۳۳**
خطا	۷۵	۳/۲۶	۴/۵	۵/۹۶	۰/۱۸	۱/۴۷	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۱	۱۶۵۷۷۶۰	۲۹۶۳	۲۹۶۳	۲۹۶۳	۲۹۶۳	۲۹۶۳	۲۹۶۳	۲۹۶۳	۲۹۶۳
ضرب تغییرات	-	۴/۴۸	۸/۱۱	۸/۰۹	۱۷/۸۱	۲۲/۱۳	۳/۱۶	۱۶/۰۷	۱۵/۸۳	۳۰/۱۴	۴/۲۷	۳۰/۳۲	۴۸/۴۰	۱۸/۵۱	۲۲/۷۵	۶/۶۲	۶/۹۶	۱۷/۱۴	۷/۷

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

ویژگی‌های رنگ میوه گوجه فرنگی در قالب پارامترهای ارزیابی رنگ (a^* , b^* , L^*) 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 روشنایی رنگ میوه را نشان می‌دهد مشاهده می‌شود بیشتر مقدار روشنایی رنگ، مربوط به ژنوتیپ بمقان با میانگین حدود ۴۶ بود که به طور معنی‌داری روشن‌تر از سایر ژنوتیپ‌هاست. کمترین مقدار روشنایی مربوط به ژنوتیپ‌های TN-919، TN-941 و ژنوتیپ ترش ریز محلی طیس با میانگین تقریبی ۳۴-۳۵ است که از نظر آماری در پایین‌ترین سطوح روشنایی رنگ میوه (رنگ‌های تیره‌تر) قرار دارند. ژنوتیپ بمقان دارای میوه‌هایی با روشن‌ترین رنگ بوده و در مقابل ژنوتیپ TN-919، TN-941 و ترش ریز محلی طیس دارای رنگ تیره‌تری نسبت به سایرین بودند. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده تفاوت در ترکیب رنگدانه‌ها یا مرحله بلوغ برداشت باشد. با توجه به شکل ۱ (ب) مؤلفه a^* که در صورت بالا بودن میزان قرمزی رنگ بیشتر و در صورت پایین بودن نشان‌دهنده رنگ سبز است، بالاترین مقدار این صفت با میانگین ۳۳ در TN-957 ثبت شد. ژنوتیپ‌های ترش ریز محلی طیس (۲۱/۷)، سنت پیر (۲۱/۸)، کور د بوف (۲۱/۵)، TN-944 (۲۰/۲) و TN-919 (۱۸) دارای مقادیر پایین‌تر این شاخص بودند که نشان‌دهنده ضعیف بودن شاخص رنگ قرمز در میوه آنهاست. در شکل ۱ (ج)، مؤلفه b^* نمایش داده شده است. بمقان با میانگین ۳۹/۲ دارای بالاترین

مقدار بود. ژنوتیپ‌های ترش ریز محلی طبس (۲۲/۹)، کور د بوف (۲۴/۳)، TN-944 (۲۳/۹) و TN-919 (۲۳/۷) پایین‌ترین مقادیر این مولفه قرار داشتند. مقادیر بالای *b در مقان نشان می‌دهد این ژنوتیپ تمایل بیشتری به رنگ زرد داشت.



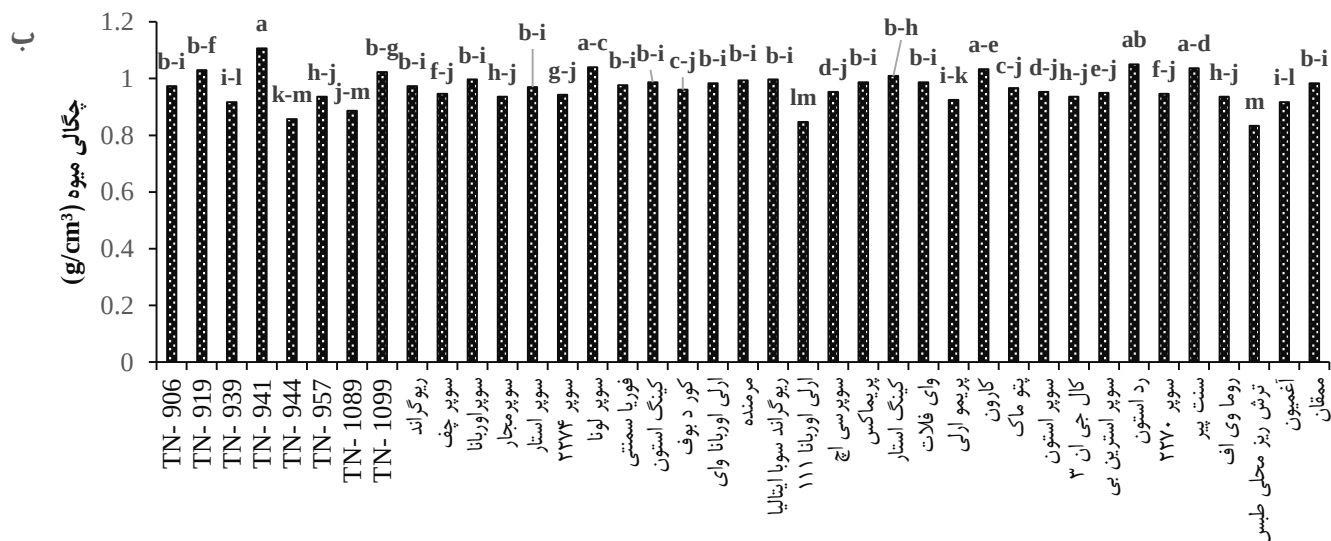
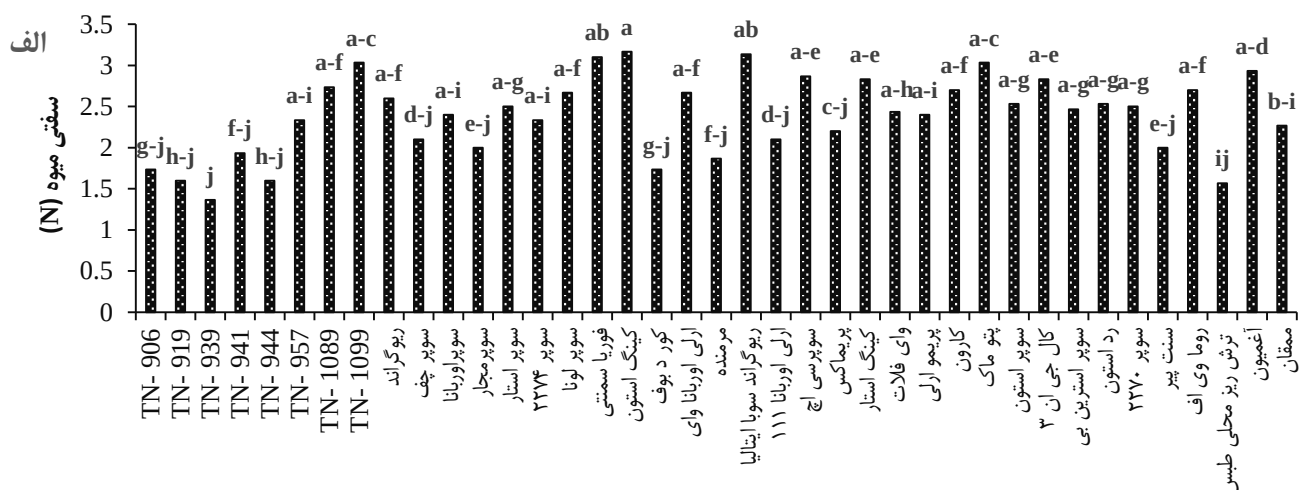
ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

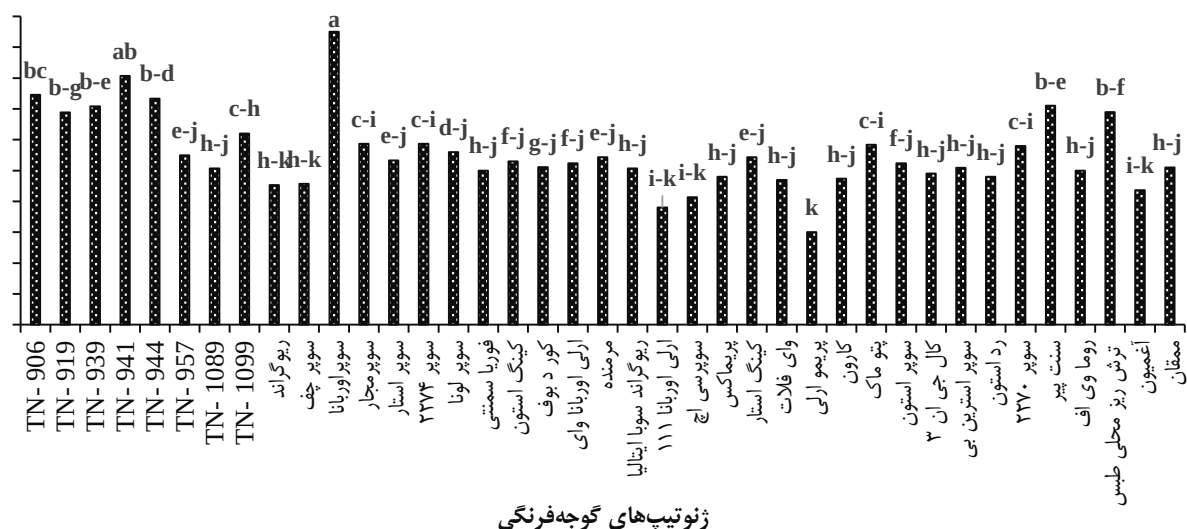
شکل ۱. الف. مقایسه میانگین میزان روشنایی (مؤلفه L). ب. مقایسه میانگین رنگ قرمز - سبز (مؤلفه a). ج. مقایسه میانگین رنگ زرد - آبی (مؤلفه b) میوه گوجه‌فرنگی در میان ژنوتیپ‌های مختلف

ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی میوه گوجه فرنگی

محدوده میزان سفتی میوه در میان ژنوتیپ‌های تحت بررسی، از ۳/۱۶ تا ۱/۳۶ کیلوگرم در سانتی متر مربع متغیر بود و در بین همه آنها ژنوتیپ کینگ استون (۳/۱ نیوتون) بالاترین مقدار را داشت و پس از آن ریوگراند سوبا ایتالیا و فوریا سمتی 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 نیوتون). 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 مربوط 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 می‌داد و در مقابل، ژنوتیپ پریمو ارلی با حجمی کمتر از ۱/۵ سانتی متر مکعب در پایین‌ترین رده نسبت به سایرین قرار گرفت.

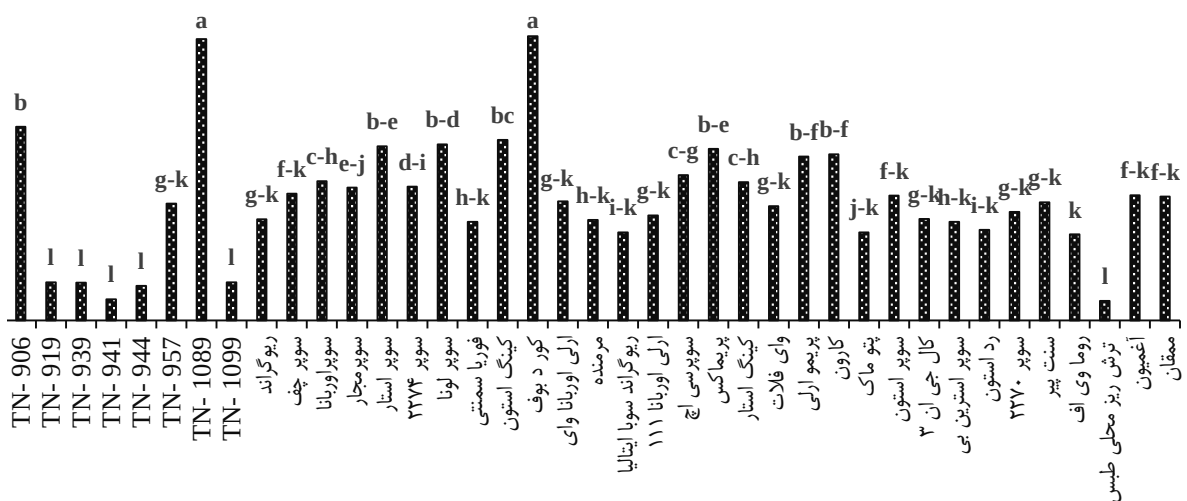




ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

شکل ۲. مقایسه میانگین صفت سفتی میوه (الف)، چگالی میوه (ب) و حجم میوه (ج) در ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

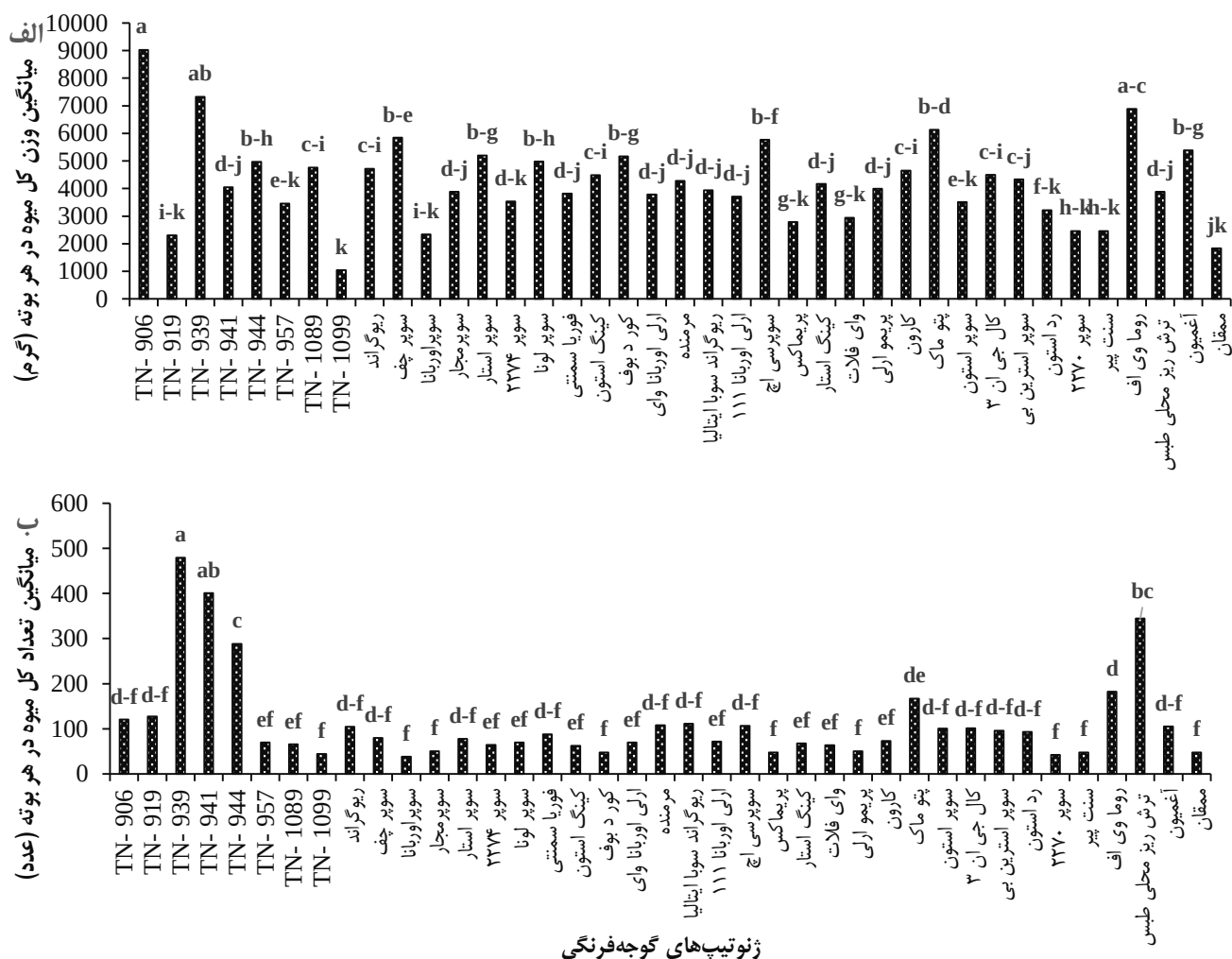
میانگین وزن ده میوه در دو ژنوتیپ کور د بوف (۱۸۸/۳ گرم) و همچنین TN-1089 (۱۸۶/۳ گرم) بیشترین مقدار را داشت، در حالی که ژنوتیپ‌های TN-941 و ترش ریز محلی طبل کمترین مقدار را نشان دادند (به ترتیب ۱۴ و ۱۳ گرم). همچنین در بررسی مجموع وزن ده میوه الگوی یکسانی مشاهده شد، به طوری که کور د بوف (۱۵۰۶) و TN-1089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



شکل ۳. مقایسه میانگین وزن متوسط میوه در ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

شکل ۴ الف و ب، به ترتیب مقایسه میانگین وزن کل میوه و میانگین تعداد کل میوه در هر بوته در ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی را نشان می‌دهند. با عنایت به این دو شکل مشاهده می‌شود که میانگین وزن میوه در هر بوته، در TN-906 بالای ۹۰۰۰ گرم بود که در وضعیت برتری نسبت به سایرین قرار گرفت. در مققان (۱۸۳۰ گرم) و TN-1099 (۱۰۵۰ گرم) کمترین میانگین وزن میوه ثبت شد. میانگین تعداد میوه در هر بوته در ژنوتیپ TN-939 بیش از ۴۷۰ عدد ثبت شد. در حالیکه بسیاری

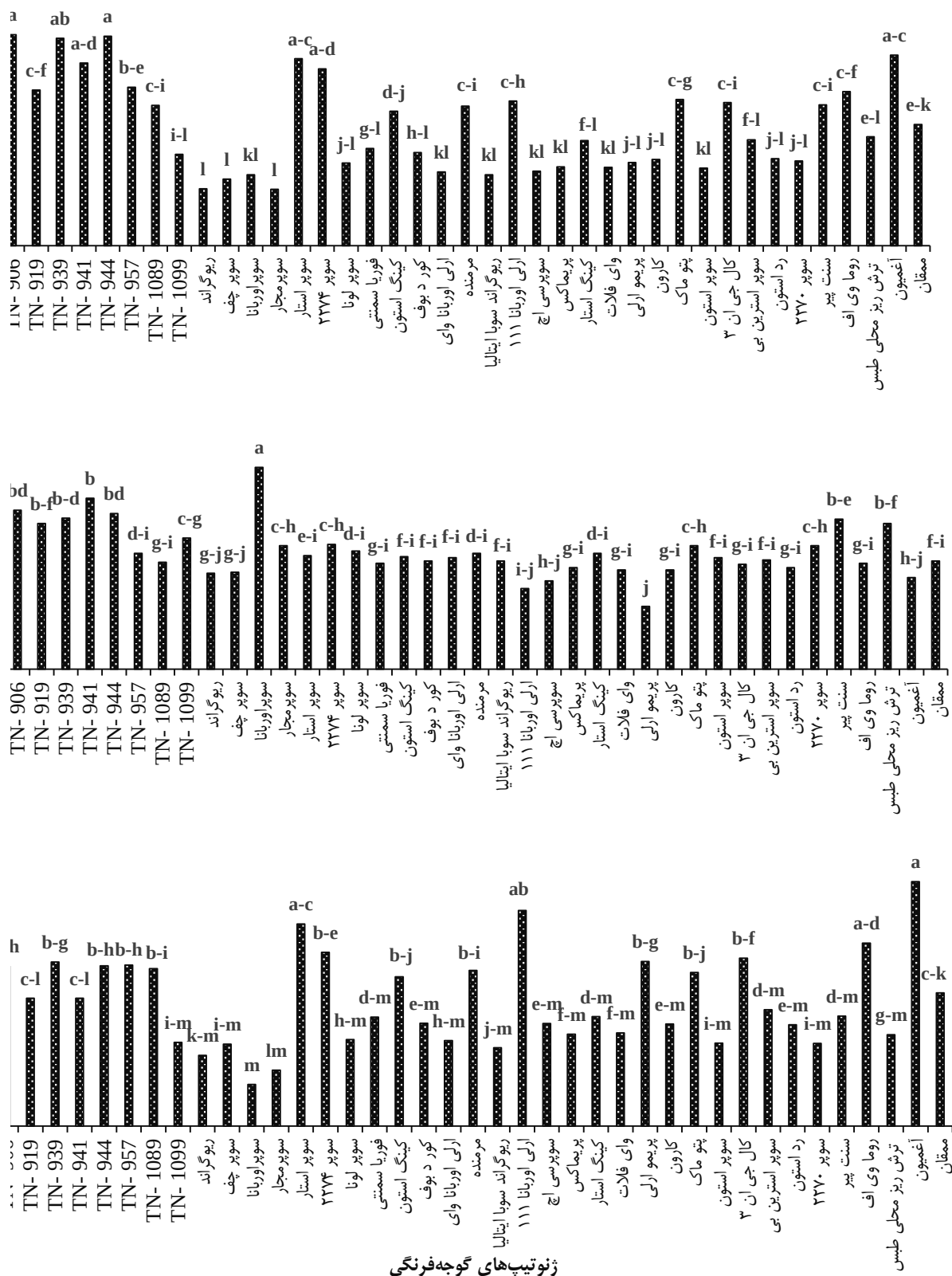
از ژنوتیپ‌های مورد بررسی در محدوده کمتر از ۲۰۰ عدد قرار گرفتند.

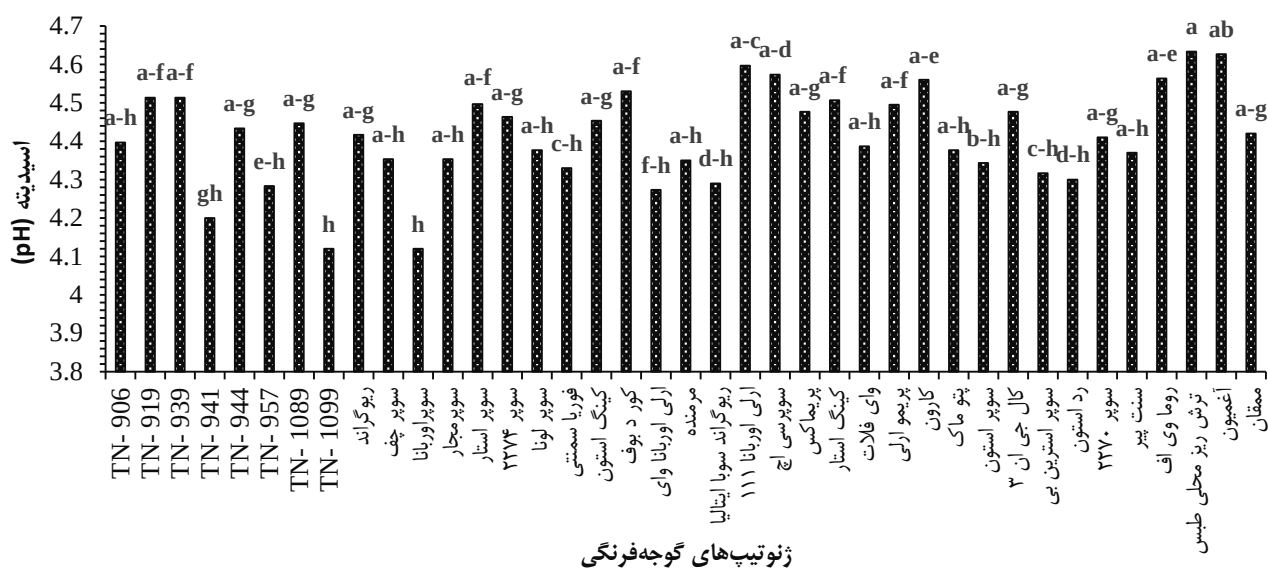


شکل ۴. مقایسه میانگین وزن کل میوه در هر بوته (الف) و میانگین تعداد کل میوه در هر بوته (ب) در ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

ویژگی‌های شیمیایی میوه (طعم و اسیدیته)

مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف گوجه‌فرنگی از نظر ویژگی‌های شیمیایی میوه شامل مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیترا (TA)، نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیترا (TSS به TA) و اسیدیته (pH) نشان دهنده تفاوت بسیار معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) بین ژنوتیپ‌ها بود. مواد جامد محلول در ژنوتیپ‌ها بین حدود ۲/۵ تا ۱۰ درجه بریکس متغیر بود. ژنوتیپ‌های TN-906، TN-939، سوپراستار 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 تیترا (TA) بیشترین مقدار در ژنوتیپ سوپراوربانا (۰/۶۱ درصد) و کمترین میزان نیز در پریما اری (۰/۲) مشاهده شد (شکل ۵. ب). نسبت TSS به TA 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 آغمیون و ارلی اوربانا و کمترین میزان در سوپراوربانا ثبت شد (شکل ۵. ج). بیشترین میزان اسیدیته در ژنوتیپ ترش ریز محلی طبرس و آغمیون و پایین‌ترین مقدار در سوپراوربانا و TN-1099 مشاهده شد (شکل ۶).

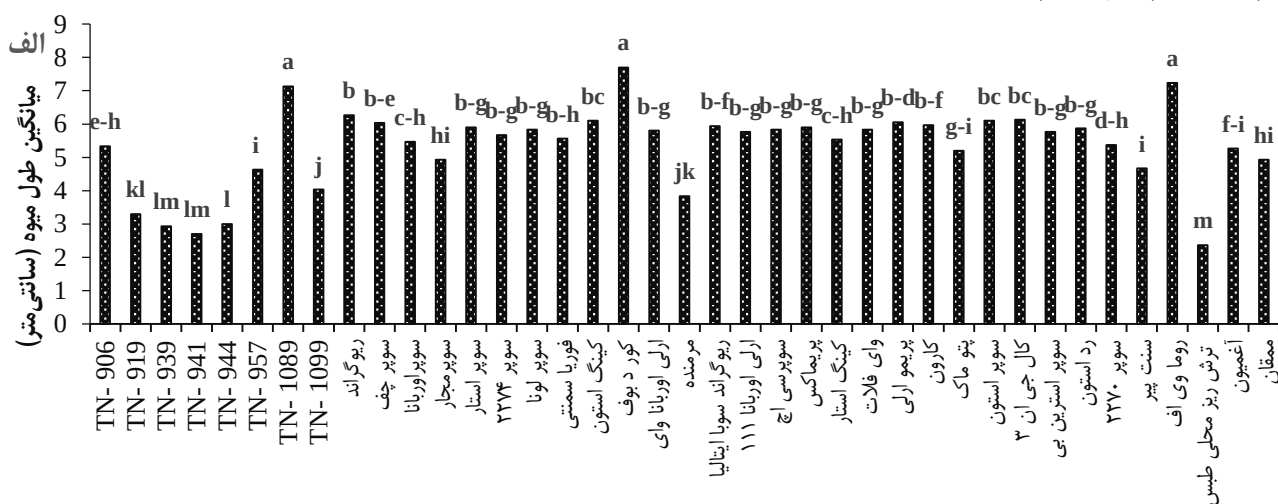


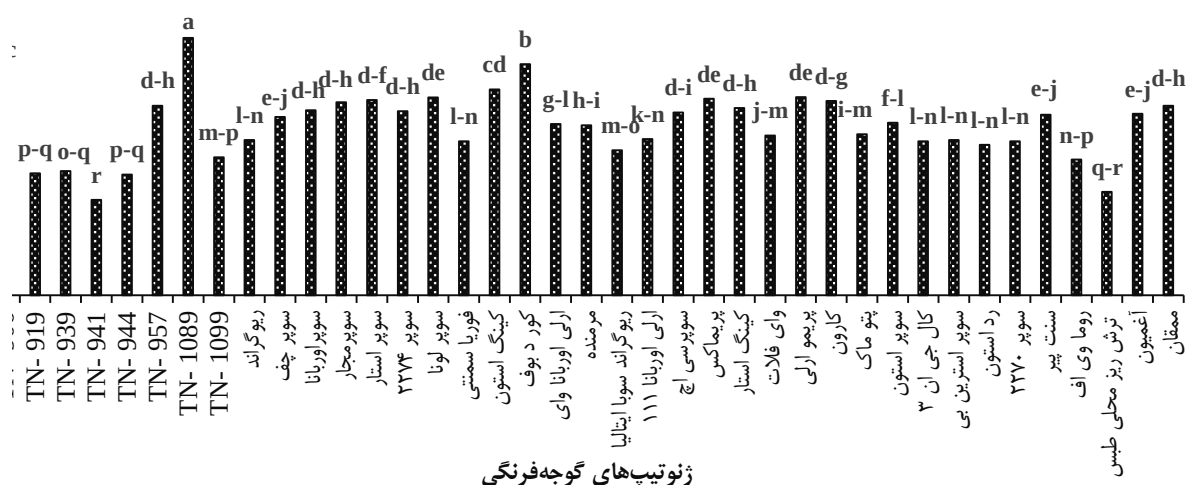


شکل ۶. مقایسه میانگین میزان اسیدیته (pH) در ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

ارزیابی ریخت‌شناسی میوه گوجه‌فرنگی

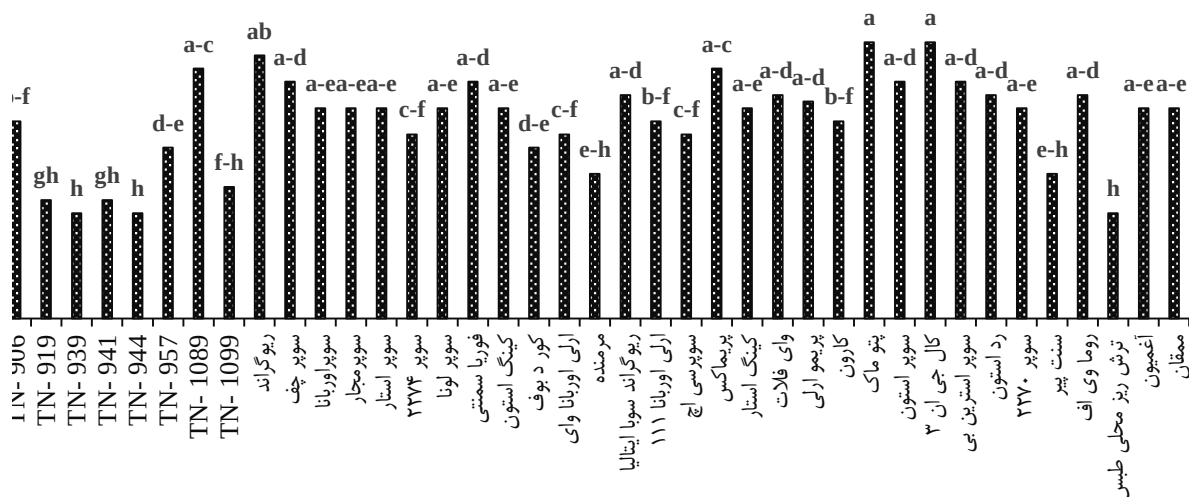
در بررسی ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی از نظر صفات ریخت‌شناسی نیز تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. طول میوه بیشترین مقدار را در ژنوتیپ‌های کور د بوف، روما وی اف، TN-1089 (به ترتیب ۷/۷، ۷/۲، ۷/۱ سانتی‌متر) نشان داد. در مقابل، ژنوتیپ ترش ریز محلی طیس دارای کمترین طول میوه (۲/۳ سانتی‌متر) بود (شکل ۷. الف). بالاترین میزان عرض میوه نیز در TN-1089 (۷/۴) کور د بوف (۶/۷) و کمترین عرض میوه در ترش ریز محلی طیس و TN-941 (۳) و ۲/۷) دیده شد (شکل ۷. ب).

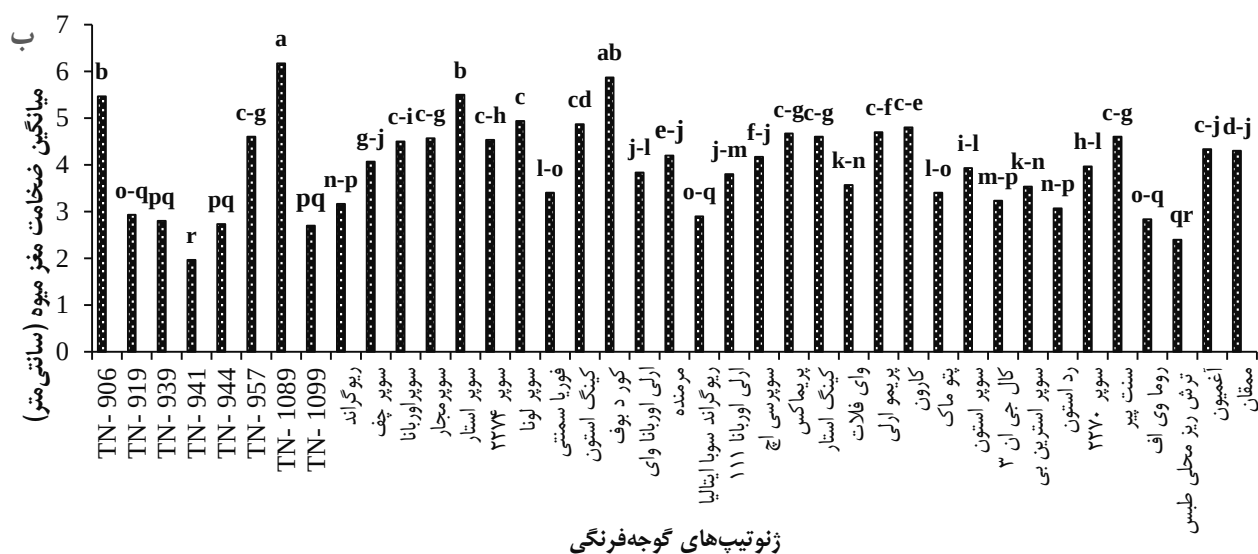




شکل ۷. مقایسه میانگین صفت طول میوه (الف) و صفت عرض میوه (ب) در ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

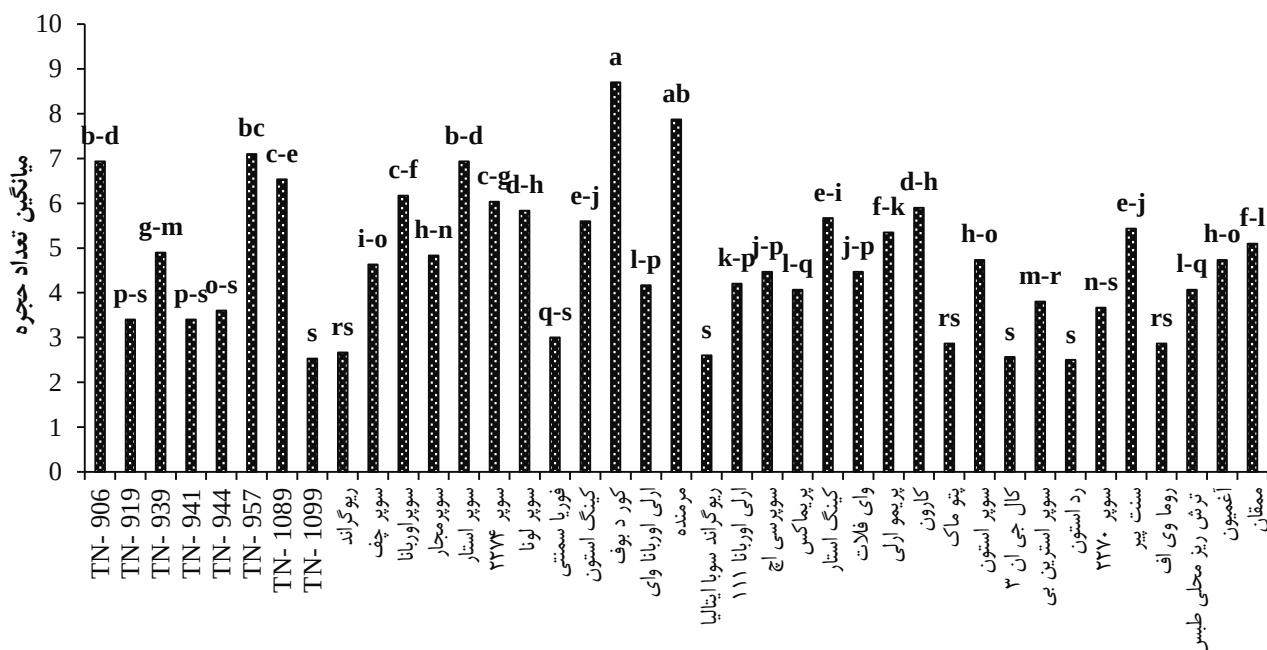
بر اساس شکل ۸ (الف)، بیشترین ضخامت‌پرکارپ در پتوماک و کال جی ان ۳ (هر دو ۰/۷ سانتی متر) دیده شد. درحالیکه، TN-939 و TN-944 و ترش ریز محلی طبس (همگی ۰/۲۶ سانتی‌متر) در پایین‌ترین گروه قرار گرفتند. ضخامت مغز میوه در ژنوتیپ‌های TN-1089 و کور د بوف بیش از ۵/۸ سانتی‌متر بود، در حالی که ژنوتیپ‌هایی نظیر TN-941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





شکل ۸. مقایسه میانگین صفت ضخامت پریکارپ میوه (الف) و ضخامت مغز میوه (ب) بر حسب سانتی متر در ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

تعداد حجره‌های میوه در بین ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد را 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 مرمند (۷/۸) ثبت شد. ژنوتیپ‌هایی نظیر کال جی ان ۳، رد استون، ریوگراند سوبا ایتالیا و TN-1099 دارای کمترین میانگین حجره (حدود ۳ حجره) بودند (شکل ۹).



شکل ۹. مقایسه میانگین تعداد حجره در میوه در ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

ارزیابی صفات توصیفی ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

ارزیابی صفات توصیفی در ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی که در جدول ۲ به تفصیل نمایش داده شد، نشان می‌دهد که این ویژگی‌ها نیز همچون صفات کمی، دارای تنوع بالا بوده و می‌تواند 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 کند. از نظر سفتی بافت، 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 دمگاه و برجستگی دمگاه که بیشتر جنبه ظاهری دارند، نشان‌دهنده تنوع مورفولوژیکی قابل توجهی هستند. کور د بوف، وای فلات با دمگاه فرورفته و دارای 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 باشند. ژنوتیپ‌هایی با شکل کاملاً گرد و متقارن برای بسته بندی و فراوری بهتر هستند (مانند کینگ استون، سوپر ۲۲۷۴ و پریماکس). 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. مقایسه ویژگی‌های توصیفی و ظاهری در ژنوتیپ‌های مختلف گوجه‌فرنگی

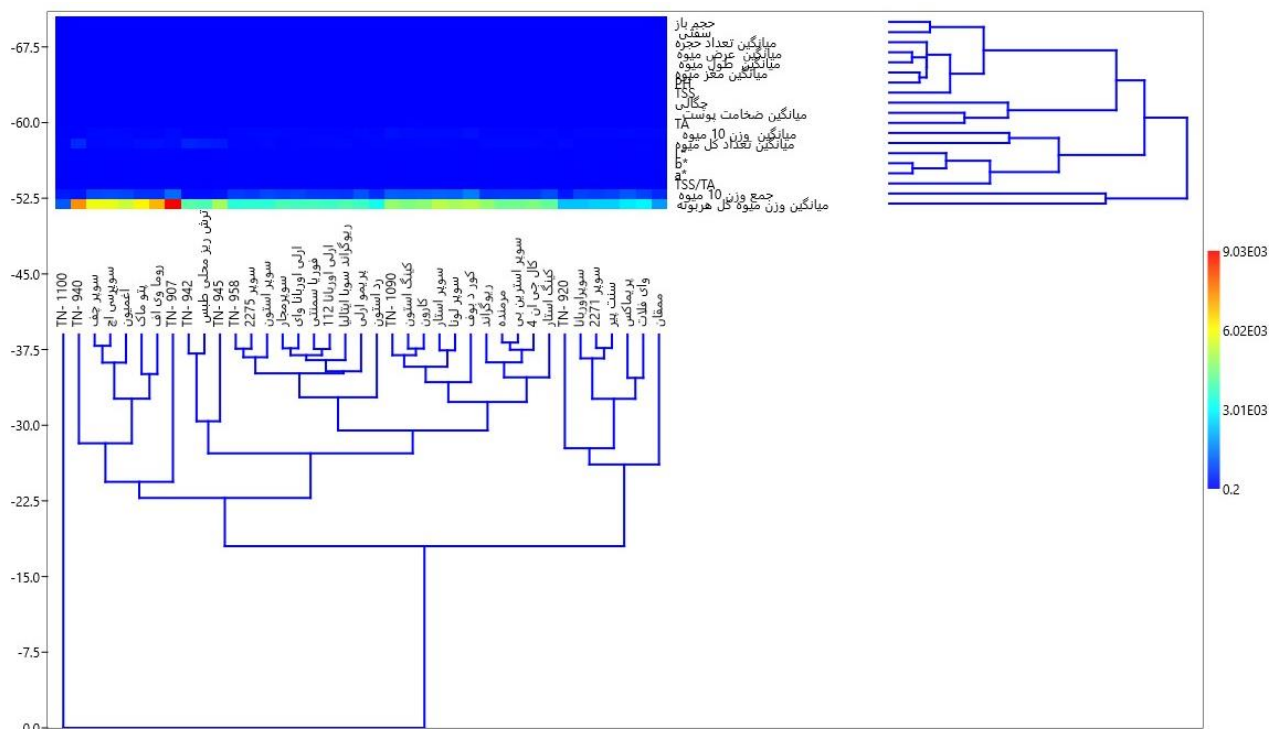
سفتی	ضخامت دیواره میوه	رنگ گوشت میوه	رنگ پوست میوه	اندازه مغز در برش عرضی	فرم نوک میوه	عمق فرورفتگی دمگاه	برجستگی دمگاه	اندازه کلی میوه	شکل مقطع عرضی	نسبت طول به قطر میوه	شکل در برش طولی	نام ژنوتیپ
نرم	نازک	قرمز	قرمز	بزرگ	فرورفته	متوسط	متوسط	متوسط	غیر مدور	کوچک	پهن	TN-906
نرم	نازک	صورتی	قرمز	متوسط	تخت	ندارد یا خیلی کم	ندارد یا خیلی کم	کوچک	مدور	متوسط	گرد	TN-919
نرم	نازک	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	کم	کم	خیلی کوچک	مدور	کوچک	کمی پهن	TN-939
متوسط	نازک	قرمز	قرمز	متوسط	تخت	ندارد یا خیلی کم	ندارد یا خیلی کم	خیلی کوچک	مدور	متوسط	گرد	TN-941
نرم	نازک	قرمز	قرمز	بزرگ	فرورفته تا تخت	کم	کم	خیلی کوچک	غیر مدور	کوچک	کمی پهن	TN-944
متوسط	نازک	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت تا نوکدار	متوسط	متوسط	متوسط	غیر مدور	کوچک	کمی پهن	TN-957
خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	نوکدار	کم	کم	خیلی بزرگ	مدور	خیلی کوچک	گرد	TN-1089
متوسط	نازک	قرمز	قرمز	متوسط	تخت	ندارد یا خیلی کم	ندارد یا خیلی کم	کوچک	مدور	متوسط	گرد	TN-1099
خیلی سفت	ضخیم	قرمز	صورتی	کوچک	نوکدار	کم	کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی	ریوگراند
خیلی سفت	متوسط	صورتی	قرمز	بزرگ	تخت تا نوکدار	متوسط	متوسط	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی	سوپر چف
خیلی سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	کم	کم	بزرگ	مدور	بزرگ	گرد	سوپر اوربانا
متوسط	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	متوسط	متوسط	بزرگ	مدور	کوچک	کمی پهن	سوپر مجار
سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	متوسط	متوسط	بزرگ	مدور	متوسط	مستطیلی	سوپر استار
خیلی سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	متوسط	متوسط	بزرگ	مدور	متوسط	گرد	سوپر ۲۲۷۴
سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	متوسط	متوسط	بزرگ	مدور	متوسط	گرد	سوپر لونا
خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	کوچک	تخت تا نوکدار	کم	کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی	فوریا سمیتی

ادامه جدول ۲.

سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	متوسط	متوسط	بزرگ	متوسط	گرد	کینگ	۱۷
خیلی نرم	نازک	قرمز	قرمز	خیلی بزرگ	نوکدار	زیاد	زیاد	خیلی	غیر مدور	بزرگ	قلبی	کور د بوف ۱۸
خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نوکدار	کم	کم	بزرگ	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی	ارلی اوربانا ۱۹
نرم	نازک	قرمز	قرمز	خیلی بزرگ	فرورفته تا تخت	زیاد	زیاد	کوچک	غیر مدور	کوچک	پهن	مرمند ۲۰
سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نوکدار	کم	کم	کوچک	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی	ریوگراند سوبا ایتالیا ۲۱
خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نوکدار	کم	کم	بزرگ	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی	ارلی اوربانا ۱۱۱ ۲۲
سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	کم	کم	بزرگ	مدور	متوسط	بیضوی	سوپرسی اچ ۲۳
خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نوکدار	کم	کم	بزرگ	مدور	متوسط	گرد	پریماکس ۲۴
خیلی سفت	متوسط	قرمز	قرمز	خیلی بزرگ	فرورفته تا تخت	متوسط	متوسط	خیلی بزرگ	مدور	متوسط	گرد	کینگ استار ۲۵
سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نوکدار	کم	متوسط	بزرگ	مدور	بزرگ	تخم مرغی	وای فلات ۲۶
سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	کم	کم	بزرگ	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی	پریمو ارلی ۲۷
خیلی سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت	کم	کم	بزرگ	مدور	متوسط	گرد	کارون ۲۸
خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نوکدار	کم	کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی	پتو ماک ۲۹
خیلی سفت	متوسط	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نوکدار	کم	کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی	سوپر استون ۳۰
خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نوکدار	کم	کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی	کال جی ان ۳ ۳۱
خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	متوسط	نوکدار	کم	کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی	سوپر ۳۲
خیلی سفت	ضخیم	قرمز	قرمز	کوچک	تخت تا نوکدار	ندارد یا خیلی کم	ندارد یا خیلی کم	متوسط	مدور	بزرگ	واژ تخم مرغی	استرین بی رد استون ۳۳
سفت	متوسط	قرمز	قرمز	متوسط	تخت تا نوکدار	کم	کم	متوسط	مدور	متوسط	بیضوی	سوپر ۲۲۷۰ ۳۴
خیلی نرم	نازک	قرمز	قرمز	خیلی بزرگ	تخت	زیاد	زیاد	متوسط	مدور	کوچک	کمی پهن	سنت پیر ۳۵
خیلی سفت	ضخیم	قرمز	صورتی	کوچک	نوکدار	ندارد یا خیلی کم	ندارد یا خیلی کم	متوسط	مدور	خیلی بزرگ	گلایی شکل	روما وی اف ۳۶
نرم	نازک	صورتی	قرمز	کوچک	تخت	ندارد یا خیلی کم	ندارد یا خیلی کم	خیلی کوچک	مدور	کوچک	کمی پهن	ترش ریز محلی طیس ۳۷
خیلی سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	تخت تا نوکدار	کم	کم	متوسط	مدور	متوسط	واژ تخم مرغی	آغمیون ۳۸
سفت	متوسط	قرمز	قرمز	بزرگ	فرورفته تا تخت	کم	کم	متوسط	مدور	کوچک	مستطیلی	ممقان ۳۹

گروه بندی ژنوتیپ های گوجه فرنگی با روش خوشه بندی صفات

نتایج خوشه بندی ژنوتیپ ها و صفات نشان داد که ژنوتیپ TN-1100 نسبت به دیگر ژنوتیپ های مورد مطالعه در گروه مجزایی قرار گرفت و دیگر ژنوتیپ ها نیز در یک گروه قرار گرفتند. دیگر 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 دیگر قرار گرفتند. بر اساس صفات اندازه گیری شده مشخص شد که ژنوتیپ ممقان و TN-1100 بیشترین فاصله مورفولوژیکی را دارند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. تحلیل خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی و نمایش گرافیکی فاصله فنوتیپی با 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 (a^* * L^* * 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، TN-957 نسبت به باقی 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 صفت 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 میانگین وزن میوه در بوته 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 TA، TSS، نسبت TSS/TA و اسیدیته نقش کلیدی در ویژگی‌هایی همچون طعم، کیفیت و ماندگاری و همچنین پذیرش بازار ایفا می‌کنند. هرچه نسبت TSS/TA بالاتر باشد نشان از متعادل بودن طعم میوه گوجه فرنگی از نظر میزان شیرینی و اسیدیته دارد. از این دسته می‌توان TN-944 و آغمیون را نام برد. در مقابل ژنوتیپ‌های با TSS

پایین و TA بالا که طعم ترش تری دارند، مانند سوپر اوربانا و سوپر مجار مناسب فراورده‌هایی همچون رب گوجه‌فرنگی هستند. ژنوتیپ‌هایی همچون آغمیون، ترش ریز محلی طبس، ارلی اوربانا و کارون که دارای اسیدیته بین ۴/۴ تا ۴/۶ قرار دارند در فرایند نگهداری حفظ کیفیت میوه بهتری خواهند داشت و ژنوتیپ‌هایی که دارای اسیدیته 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 مصرف کننده و هم حمل و نقل مهم است. ویژگی‌های ریخت شناسی 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 از نظر ظاهری، مقاومت و قابلیت برش دادن مناسب ارزیابی می‌شوند مانند کور د بوف و TN-1089. 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 کم مانند ترش ریز محلی طبس و TN-941 معمولاً برای کشت‌های محدود یا مقاصد خاص مناسب‌اند. امینی و همکاران در سال ۲۰۱۳ نیز نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند (امینی و همکاران، ۱۳۹۲).

تعداد حجره در گوجه‌فرنگی به عنوان صفتی مهم تاثیر زیادی بر ویژگی‌های داخلی میوه از جمله ضخامت گوشت، نسبت مغز به پوست، میزان بذر و قابلیت فراوری دارد. کور د بوف با بیشترین میزان حجره احتمالاً دارای ساختار داخلی پر از بذر و با بافت مغزی کمتر است که این ویژگی برای فراوری‌هایی که نیاز به بافت یکدست و صاف است (مانند صنایع تهیه پوره و سس) مناسب نیست. ژنوتیپ‌های با 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 غیرکمی 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 بالای مشاهده شده در میان ژنوتیپ‌ها نشان‌دهنده پتانسیل بالای 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 بالا 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 اسیدیته، مواد جامد محلول و نسبت TSS/TA نقش مهمی در کیفیت محصول در بکارگیری برای مصارف خاص آنچنان که در بخش بحث مفصل پرداخته شد 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، و 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 داداش‌پور، 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 اکو-فیزیولوژی گیاهی، (۱۳)۵، ۳۸-۲۷.
- خزاعی، هادی و زارع فیض آبادی، احمد (۱۳۹۲). بررسی عملکرد و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی در برداشت دستی یک و چند مرحله‌ای. مجله به زراعی نهال و بذر (نهال و بذر)، ۲۹-۲۲(۲)، 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. به راهنمایی محمود قاسم نژاد. گیلان: دانشگاه گیلان. دانشکده کشاورزی.
- فرزانه، اکرم، نعمتی، سید حسین، آروئی، حسین و میرشمس کاخکی، 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، ۲۹(۴)، ۷۱۰-۶۹۳.
- گل چشمه، 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، ۳۶(۲)، ۴۱۵-۴۲۷.
- محسنی‌فرد، احسان؛ فارسی، محمد؛ نعمتی، حسین 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، ۴۲(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، نشریه علوم باغبانی، ۲۳(۲)، ۶۸-۷۷.

REFERENCES

- 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., Cristinada-SilvaAndrade, 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)
- Bhattarai, S., Adhikari, P., Subedi, P., & Singh, S. (2018). Morphological characterization and diversity analysis of tomato genotypes (*Solanum lycopersicum* L.) grown in Nepal. International Journal of Agronomy, 2018, Article ID 9539340. <https://doi.org/10.1155/2018/9539340>
- Farzaneh, A., Nemati, H., 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 Journal, 29(4), 693-710. (In Persian).
- Foolad, M. R. (2007). Genome mapping and molecular breeding of tomato. International Journal of Plant Genomics, 2007, 64358. <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) DOI: 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>.
- 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).
- 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.
- Kumar, V., et al. (2018). Morphological and biochemical characterization of tomato genotypes. Scientia Horticulturae, 232, 179-187. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.008>
- Kumari, S., & Sharma, M. (2011). Exploitation of heterosis for yield and its contributing traits in tomato, (*Solanum lycopersicum* L.). International Journal of Farm Science 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. <https://doi.org/10.3390/foods11162402>
- Lone, S., Hussain, K., Malik, A., Masoodi, Kh. Z., Dar, Z., Nazir, N., Zahed, Z., & Ali, G. (2022). Combining ability studies in cherry tomato for yield and yield attributing traits in open and protected conditions. The Pharma Innovation Journal, 11(3), 782-793.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. HortScience, 27(12), 1254–1255.
- Mirshamsi, A., Farsi, M., Shahriari, F., and Nemati, H. (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.
- Mohsenifard, E., Farsi, M., Nemati, H & Malekzade, K. (2011). An SSR-based assessment of genetic diversity in 16 Tomato (*Lycopersicon esculentum*) lines and it's correlation with heterosis. Iranian Journal of Horticultural Science 42(2): 185-192. (In Persian).
- Mosaibzadeh, A., Mostofi, Y., Javan-Nikkhah, 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).
- 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., & Sadegi, 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. 4-08-08-92126. (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. pp: 63-64. <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' [Master's thesis]. Ministry of Science, Research and Technology - University of Guilan - Faculty of Agriculture. (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 cytoplasmicgenetic male sterile lines. Scientia Horticulture. 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, potence ratio and correlation of some important characters in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Scientia Horticulturae 150(2013): 25-30.
- 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/agronj1942.00021962003400100008x>
- Suárez, M. H., Rodríguez, E. R., & Romero, C. D. (2008). Chemical composition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) from Tenerife, the Canary Islands. Food Chemistry, 106(3), 1046-1056. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.025>
- 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>