Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 18, Issue 3, 2026 p: 172-185 OPEN ACCESS

Research Paper

Evaluation of Qualitative and Quantitative Traits in Selected Lines from Local Pepper (*Capsicum annuum* L.) Populations

Sakineh Tabatabaei[1], Alireza Motallebi-Azar[2], Fariborz Zaare-Nahandi[1], and Mina Amani[1]

1- Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Horticultural Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran,
(Corresponding author: motallebiazar@gmail.com)

Received:25 January, 2026 Revised: 01 June, 2026 Accepted: 16 June, 2026

Extended abstract

Background: Pepper (*Capsicum annuum* L.) is a self-pollinated plant belonging to the Solanaceae family. It is essential to study phenotypic and genetic diversity for identifying similar genotypes aimed at the conservation, evaluation, and utilization of genetic resources, as well as assessing germplasm diversity before initiating breeding programs. Accordingly, several pure lines were selected from local pepper populations in East Azerbaijan Province in a breeding program. The agronomic traits of eight selected lines, along with the commercial variety Euro 4, were investigated in this study.

Methods: The experiment was conducted using a randomized complete block design (RCBD) with three replications. Data were analyzed using *SPSS* software. Mean comparisons were carried out with Duncan's multiple range test, and charts were prepared using *Excel*. In this research, pure lines were selected from local pepper populations in East Azerbaijan Province as part of a breeding program. The agronomic characteristics of eight selected lines and the commercial variety Euro 4 were evaluated at the Khalat-Poushan Research Center and the Vegetable Breeding and Physiology Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.

Results: The commercial cultivar Euro 4 recorded the shortest period from germination to the onset of flowering, at 82.33 days, which was significantly different from those of the other cultivars and lines. In contrast, Line 16 and Sweet Red Pepper required the longest periods to reach the onset of flowering, at 89 and 89.66 days, respectively, indicating that these genotypes were later-flowering than the other evaluated genotypes. Furthermore, over three consecutive days, Euro 4 exhibited the greatest longitudinal fruit growth, reaching 6.13 cm. Fresh fruit weight differed significantly among the pepper lines and cultivars at the 1% probability level, indicating considerable genetic variability among the evaluated genotypes. The highest fresh fruit weight was recorded in Line 18 (61.41 g), suggesting that this line has considerable potential for producing large and heavy fruits. In contrast, Line 16 obtained the lowest fresh fruit weight (5.26 g). Line 18 recorded the highest dry fruit weight (7.56 g), followed by Large Orange Pepper (5.77 g). The lowest dry fruit weights were observed in Lines 15 and 16, both of which produced fruits with dry weights of less than 1 g. Fruit thickness differed significantly among the pepper lines and cultivars at the 1% probability level, highlighting considerable genetic variability associated with this important trait. This variability provides opportunities to identify genotypes with desirable fruit characteristics for different production systems and end-use purposes. Large-Fruited Yellow Line exhibited the greatest fruit thickness among all evaluated genotypes, at 4.77 mm, indicating its potential for producing thick-fleshed, high-quality fruits. In contrast, Line 11 and the commercial cultivar Euro 4 produced fruits with thicknesses approximately half that of the Large-Fruited Yellow Line. Lines 12 and 16 recorded the lowest fruit thickness (1.5 mm), and produced relatively thin-walled fruits. The Large-Fruited Yellow Line exhibited the greatest fruit diameter at all three measured positions (proximal, middle, and distal), and its fruits generally displayed blocky or cylindrical shapes. In terms of fruit dimensions, this line was the most prominent genotype among those evaluated. Conversely, Line 16 had the smallest fruit diameter at all three positions, suggesting that it produces relatively narrow or small fruits. Following Large-Fruited Yellow Line, Line 18 recorded the largest fruit diameters at the proximal and middle positions, measuring 45.63 and 42.19 mm, respectively. The results of the mean comparison for yield indicated that Line 18 produced the highest yield (8.37 kg) among the evaluated pepper lines and cultivars. Line 12 ranked second, with a yield of 4.60 kg. In contrast,

Copyright ©2026. Tabatabaei et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]

Lines 15 and 16 exhibited the lowest yields. Based on the findings, the commercial cultivar Euro 4 was identified as the earliest-flowering genotype, exhibiting the greatest longitudinal fruit growth. In contrast, Line 12 showed considerable nutritional potential owing to its highest vitamin C content per 100 g of fresh fruit weight. Lines 11 and 16 recorded the highest and lowest total soluble solids (TSS) contents, at 8.33% and 2.56%, respectively. The commercial cultivar Euro 4 and Sweet Red Pepper contained TSS contents of 4.5% and 4.33%, respectively, approximately half the value recorded for Line 11.

Conclusion: Euro 4 was recognized as the best variety in terms of germination speed, flowering time, and fruit growth. In contrast, lines 12 and 16 were late-germinating and late-flowering. Biochemically, line 12 exhibited the highest vitamin C content, while Euro 4 had the lowest, indicating genetic diversity among populations. Qualitative assessments also revealed varying taste profiles among lines (ranging from sweet to hot). Genetic diversity analysis suggests that combining local genetic resources with hybrid varieties can enhance yield and environmental tolerance.

Keywords: Genetic diversity, Pepper, Local varieties, Vitamin C

How to Cite This Article: Tabatabaei, S., Motallebi-Azar, A., Zaare-Nahandi, F., Amani, M. (2026). Evaluation of Qualitative and Quantitative Traits in Selected Lines from Local Pepper (*Capsicum annuum* L.) Populations. *J Crop Breed*, 18(3), 172 -185. DOI: 10.66224/jcb.2026.1653

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

ارزیابی صفات کیفی و کمی لاین‌های گزینش شده از توده‌های محلی فلفل (*Capsicum annuum* L.)

سکینه طباطبائی[۱]، علیرضا مطلبی‌آذر[۲]، فریبرز زارع نهندی[۱] و مینا امانی[۱]

۱- علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، (نویسنده مسوول: motallebiazar@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۵ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۶
صفحه: ۱۷۲ تا ۱۸۵

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: فلفل (*Capsicum annuum* L.) گیاهی خودبارور از خانواده Solanaceae است. مطالعه تنوع فنوتیپی و ژنتیکی به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های مشابه برای حفظ، ارزیابی و بهره‌برداری از ذخایر ژنتیکی و همچنین بررسی تنوع ژرم‌پلاسم پیش از آغاز برنامه‌های اصلاحی، از اهمیت بالایی برخوردار است. در این راستا، در یک برنامه اصلاحی، تعدادی لاین خالص از توده‌های محلی فلفل در استان آذربایجان شرقی انتخاب شدند و در این تحقیق، خصوصیات زراعی هشت لاین انتخاب‌شده به‌همراه واریته تجاری Euro 4 مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شدند. در این تحقیق، گزینش لاین‌های خالص از جمعیت‌های محلی در استان آذربایجان شرقی به‌عنوان بخشی از یک برنامه اصلاحی انجام شد. این مطالعه خصوصیات زراعی هشت لاین انتخاب‌شده را به‌همراه واریته تجاری Euro 4 در مرکز تحقیقات خلعت‌پوشان و آزمایشگاه اصلاح و فیزیولوژی سبزیجات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز ارزیابی کرد.

یافته‌ها: رقم تجاری Euro 4 با ۸۲/۳۳ روز، کمترین زمان را از جوانه‌زنی تا شروع گلدهی ثبت کرد و با سایر ارقام و لاین‌ها تفاوت معنی‌داری داشت. در مقابل، لاین ۱۶ و فلفل قرمز شیرین با به‌ترتیب ۸۹ و ۸۹/۶۶ روز، بیشترین زمان لازم برای شروع گلدهی را ثبت کردند که بیانگر دیرگلدهی این ژنوتیپ‌ها نسبت به سایرین بود. همچنین، در طول سه روز متوالی، رقم Euro 4 با ۶/۱۳ سانتی‌متر، بیشترین رشد طولی میوه را نشان داد. صفت وزن تر میوه در لاین‌ها و ارقام فلفل در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود. بیشترین وزن تر میوه مربوط به لاین ۱۸ با ۶۱/۴۱ گرم بود که حاکی از پتانسیل بالای این لاین در تشکیل میوه‌های درشت و سنگین بود. کمترین وزن تر میوه با ۵/۲۶ گرم در لاین ۱۶ مشاهده شد. بیشترین وزن خشک میوه با ۷/۵۶ گرم به لاین ۱۸ اختصاص داشت و پس از آن، فلفل نارنجی درشت با ۵/۷۷ گرم در جایگاه دوم قرار گرفت. کمترین وزن خشک میوه مربوط به لاین‌های ۱۵ و ۱۶ بود که در هر دو لاین، وزن خشک میوه کمتر از یک گرم ثبت شد. ضخامت میوه در لاین‌ها و ارقام فلفل در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت که این امر بر وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه در این صفت مهم تأکید می‌کند و امکان شناسایی ژنوتیپ‌هایی با ویژگی‌های مطلوب برای هدف‌های مختلف کشت و مصرف را فراهم می‌سازد. لاین زرد میوه درشت با ۴/۷۷ میلی‌متر، بیشترین ضخامت میوه را در بین تمامی لاین‌ها و ارقام مورد بررسی از خود نشان داد و پتانسیل بالایی برای تولید میوه‌های گوشتی با کیفیت بالا داشت. در نقطه مقابل، لاین ۱۱ و رقم تجاری Euro 4 با ضخامتی حدود نصف لاین زرد میوه درشت، میوه‌هایی با ضخامت کمتر تولید کردند و لاین‌های ۱۲ و ۱۶ با ۱/۵ میلی‌متر، کمترین ضخامت میوه را داشتند و میوه‌های نسبتاً نازک تولید نمودند.

لاین زرد میوه درشت در هر سه قسمت (ابتدا، وسط و انتها) بیشترین قطر میوه را دارا بود و به‌طور کلی شکلی بلوکی یا استوانه‌ای را به‌خود اختصاص داد. این لاین از نظر ابعاد، برجسته‌ترین نمونه در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود. در مقابل، لاین ۱۶ کمترین قطر میوه را در هر سه ناحیه نشان داد که این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده میوه‌هایی با ساختار باریک‌تر یا کوچک‌تر در این لاین باشد. لاین ۱۸ نیز پس از لاین زرد میوه درشت، در قسمت‌های ابتدا و وسط میوه به‌ترتیب با قطرهای ۴۵/۶۳ و ۴۲/۱۹ میلی‌متر، بیشترین قطر میوه را به‌خود اختصاص داد. نتایج مقایسه میانگین عملکرد نشان دادند که لاین ۱۸ با ۸/۳۷ کیلوگرم بیشترین عملکرد را در بین ارقام و لاین‌ها داشت. لاین ۱۲ با ۴/۶۰ کیلوگرم در جایگاه دوم بین لاین‌ها و ارقام مختلف فلفل ثبت گردید. این در حالی است که لاین‌های ۱۵ و ۱۶ کمترین عملکرد را به‌خود اختصاص دادند. براساس نتایج به‌دست آمده، رقم Euro 4 به‌عنوان سریع‌ترین رقم در تسریع گلدهی و دارای بیشترین رشد طولی میوه شناخته شد، درحالی‌که لاین ۱۲ با بالاترین میزان ویتامین C در ۱۰۰ گرم وزن تر، پتانسیل تغذیه‌ای بالایی را داشت. لاین‌های ۱۱ و ۱۶ به‌ترتیب با ۸/۳۳ و ۲/۵۶ درصد، بیشترین و کمترین درصد مواد جامد محلول را دارا بودند. رقم Euro 4 با ۴/۵ درصد و فلفل قرمز شیرین با ۴/۳۳ درصد تقریباً نصف مقدار مواد جامد محلول لاین ۱۱ را داشتند.

نتیجه‌گیری: Euro 4 به‌عنوان بهترین واریته از نظر سرعت جوانه‌زنی، زمان گل‌دهی و رشد میوه شناسایی شد. در مقابل، لاین‌های ۱۲ و ۱۶ دیرجوانه‌زن و دیرگل بودند. از نظر بیوشیمیایی، لاین ۱۲ بیشترین ویتامین C و Euro 4 کمترین مقدار را داشتند که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی میان جمعیت‌ها است. ارزیابی‌های کیفی نیز تفاوت طعم میان لاین‌ها (شیرین تا تند) را نشان دادند. تحلیل تنوع ژنتیکی نشان می‌دهد که ترکیب منابع بومی با هیبریدها می‌تواند عملکرد و مقاومت را بهبود دهد.

واژه‌های کلیدی: تنوع ژنتیکی، فلفل، واریته‌های بومی، ویتامین C

مقدمه

تولیدات گیاهی منبع غنی از ترکیبات فعال زیستی هستند که به‌عنوان منابع سودمند و مغذی برای انسان محسوب می‌شوند (Barroso *et al.*, 2015). سبزیجات و میوه‌های رنگی منابع خوبی از ترکیبات فنولی شامل فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها و کاروتنوئیدها هستند. فلفل (*Capsicum annuum* L.)، گیاهی خودبارور از تیره Solanaceae است و یکی از محصولات مهم کشاورزی در بسیاری از کشورهای درحال توسعه به‌شمار می‌رود (Barroso *et al.*, 2015; Tripodi & Kumar, 2019). با این‌حال، کمبود تحقیق در مورد سازگاری و تولید محصول نامناسب و شیوه‌های مدیریت نامناسب، منجر به تولید محصول ضعیف و هزینه‌های بالا شده

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]

است (Barroso *et al.,* 2015; Tripodi & Kumar, 2019). فلفل نه‌تنها از نظر اقتصادی، بلکه از نظر ارزش غذایی نیز اهمیت زیادی دارد و به‌عنوان منبعی عالی از رنگ‌های طبیعی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شناخته می‌شود (Parisi *et al.,* 2020).

به‌طور کلی، صیفی‌جات محصولاتی با هزینه تولید بالا هستند و برای جبران این هزینه‌ها، محصول موردنظر باید دارای عملکرد کمی و کیفی مناسبی باشد (Barroso *et al.,* 2015; Tripodi & Kumar, 2019). جداسازی توده‌ها و انتخاب مطلوب‌ترین میوه‌ها از نظر شکل ظاهری و کیفیت می‌تواند به افزایش عملکرد، بهبود کیفیت، افزایش صرفه اقتصادی و مقاومت به آفات و بیماری‌های شایع در محصول منجر شود. با رشد سریع جمعیت، تقاضای روزافزون برای صیفی‌جات نیز افزایش یافته است (Gebreigziabher *et al.,* 2024).

یک توده بومی، مخلوطی از ژنوتیپ‌های مختلف است که عمدتاً از طریق گزینش طبیعی یا مصنوعی در شرایط محیطی خاص شکل گرفته است (Aklilu *et al.,* 2016). توده‌های بومی در گیاهان خودگشن، مخلوطی از لاین‌های خالص هستند که به‌عنوان خزانه ژنی با ارزش و حاوی ژن‌های مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی، مورد توجه به‌نژادگران قرار دارند. با اعمال گزینش در این توده‌های بومی فلفل، می‌توان لاین‌های برتر را از نظر صفات مطلوب انتخاب کرد (Aklilu *et al.,* 2016).

منابع ژنتیکی گیاهی علاوه بر این که زیربنای توسعه کشاورزی هستند، به‌عنوان منبعی از سازگاری ژنتیکی در برابر تغییرات محیطی عمل می‌کنند. فرسایش این منابع، امنیت غذایی جهان را با تهدید روبرو می‌کند (Mladenović *et al.,* 2024). نیاز به حفظ و به‌کارگیری منابع ژنتیکی گیاهی به‌عنوان محافظی در برابر مشکلات غیر قابل پیش‌بینی شده در آینده بر همگان آشکار است و چشم‌انداز تضعیف تنوع ژنتیکی همراه با تقاضای روزافزون برای این منابع، آن‌ها را مورد توجه قرار داده است. واریته‌های بومی اولیه اغلب قادر به ایستادگی در شرایطی هستند که واریته‌های مدرن در آن شرایط آسیب می‌بینند؛ بنابر این، ثبات عملکرد بهتری را از خود نشان می‌دهند (Dinu *et al.,* 2024). استفاده از تنوع ژنتیکی درون یک جمعیت می‌تواند به‌عنوان راهکاری مناسب برای مقابله با آسیب‌پذیری ژنتیکی در گیاهان به کار رود. مطالعات اخیر، ویژگی‌های جمعیت‌های محلی فلفل و تأثیر آن‌ها بر کیفیت محصول و عملکرد را ارزیابی کرده‌اند (Mladenović *et al.,* 2024). تحقیقات انجام شده بر روی جمعیت‌های فلفل تند در رومانی، کوزوو و صربستان نشان‌دهنده تنوع قابل توجهی در ویژگی‌های مورفولوژیکی مانند طول، قطر و شکل میوه بودند (Aliu *et al.,* 2017; Dinu *et al.,* 2024; Mladenović *et al.,* 2024). تحلیل ترکیب شیمیایی نشان‌دهنده تنوع در محتوای ویتامین C در میان جمعیت‌ها بود (Aliu *et al.,* 2017). این مطالعات پتانسیل جمعیت‌های محلی فلفل را برای استفاده در برنامه‌های اصلاح نژاد به‌منظور بهبود ویژگی‌های مطلوب و حفظ تنوع ژنتیکی تأکید می‌کنند (Dinu *et al.,* 2024; Mladenović *et al.,* 2024).

یکی از پیامدهای اجتناب‌ناپذیر کشاورزی مدرن که مبتنی بر استفاده از گیاهان اصلاح شده با حداکثر عملکرد و کیفیت قابل قبول است، کاهش تنوع ژنتیکی بوده است (Dinu *et al.,* 2024; Mladenović *et al.,* 2024). اگرچه تخمین این کاهش تنوع ژنتیکی مشکل است، اما فرسایش ژنتیکی و از دست رفتن تعداد زیادی از ژن‌های مفید به‌سرعت ذخایر ژنتیکی را کاهش می‌دهند و محصولات باغی و زراعی عمده را در معرض تهدید شرایط محیطی نامناسب و تنش‌های زیستی و غیر زیستی قرار می‌دهند (Kayak *et al.,* 2022). تنوع ژنتیکی در بحث اصلاح گیاهان بسیار حائز اهمیت است و لازمه بروز هر نوع تغییر، وجود تنوع است. منابع ژنتیکی گیاهی، مهمترین ذخایر و منابع طبیعی بشر محسوب می‌شوند و شناسایی، جداسازی و انتقال ژن‌های مفید که در ژنوتیپ‌های بومی و خویشاوندان وحشی آن‌ها طی قرون متمادی به‌وجود آمده و ذخیره شده‌اند، اهمیت بسیار بالایی دارند و می‌توانند نقش مهمی در پیشرفت جوامع ایفا کنند (Barik *et al.,* 2022; Pessoa *et al.,* 2015).

مطالعه تنوع فنوتیپی و ژنتیکی برای شناسایی ژنوتیپ‌های مشابه به‌منظور حفظ، ارزیابی و استفاده از ذخایر ژنتیکی و همچنین مطالعه تنوع ژرم‌پلاسم قبل از شروع برنامه‌های اصلاحی، شناسایی و تفکیک ژنوتیپ‌ها از یکدیگر بسیار حائز اهمیت است (Choi *et al.*, 2023).

در این راستا، طی یک برنامه اصلاحی تعدادی لاین خالص از داخل توده‌های محلی استان آذربایجان شرقی گزینش شدند. در این تحقیق، خصوصیات زراعی هشت لاین گزینش شده به‌همراه رقم تجاری Euro 4 در مرکز تحقیقات خلعت‌پوشان و آزمایشگاه اصلاح و فیزیولوژی سبزیجات در دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

مراحل تهیه نشا در این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه تبریز، واقع در جاده باسمنج و ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان انجام شد. پس از جوانه‌زنی بذرها و تهیه نشای فلفل، نشاها به زمین اصلی منتقل شدند و در ردیف‌های جوی و پشته‌ای با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای که با مالچ‌های سیاه پوشانده شده بودند، کشت گردیدند. پس از برداشت محصول فلفل، گیاهان و میوه‌ها جهت انجام آزمایشات مرتبط با صفات فلفل به آزمایشگاه اصلاح و فیزیولوژی سبزیجات در دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز منتقل شدند.

مواد گیاهی و شرایط کشت

بذرهای ارقام با شماره ۱۱، ۱۲، ۱۵، ۱۶، ۱۸، زرد میوه درشت، فلفل قرمز شیرین، نارنجی درشت، و Euro4 (شاهد) از طریق گزینش لاین خالص (طی یک برنامه اصلاحی) برای ارزیابی عملکرد انتخاب شدند. بذرها به‌مدت چند ساعت در آب خیس شدند تا پوست آن‌ها نرم و شکننده شود و جوانه‌زنی تسریع یابد. سپس بذرها در سینی کشت با مخلوط کوکوپیت و پرلیت به عمق ۰/۵ تا یک سانتی‌متر در گلخانه کشت شدند. سینی‌های کاشت در مکانی نسبتاً گرم (حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند و به‌طور مناسب با اسپری آبیاری شدند

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]

تا رطوبت به بذرها برسد و خاک کاملاً مرطوب شود. زمانی‌که نشاها ۶ تا ۸ هفته از زمان کاشت را سپری کردند و به ارتفاع ۱۲ تا ۱۶ سانتی‌متر و به مرحله چهار برگی رسیدند، به زمین اصلی منتقل شدند. فاصله ردیف‌های کاشت، ۵۰ سانتی‌متر (۰/۵ متر) و فاصله بین بوته‌ها، ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شدند. آبیاری هر ۱۰ روز یکبار و زمانی که سطح خاک خشک بود، انجام شد. در طول مرحله داشت، آبیاری، وجین، سله‌شکنی، خاک‌دهی پای بوته‌ها، کوددهی، وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها به‌طور یکسان برای تمام واحدهای آزمایشی اجرا شدند.

صفات مورد اندازه‌گیری

زمان جوانه‌زنی بذر تا شروع گلدهی

پس از یادداشت‌برداری، زمان جوانه‌زنی بذر و تاریخ گلدهی گیاهان ثبت شدند و زمان لازم برای جوانه‌زنی بذر تا گلدهی به‌صورت روز محاسبه گردید.

زمان جوانه‌زنی تا ۵۰ درصد گلدهی

پس از یادداشت‌برداری از زمان جوانه‌زنی بذر و مشاهده ۵۰ درصد گلدهی گیاهان، مدت‌زمان جوانه‌زنی بذر تا ۵۰ درصد گلدهی به‌صورت روز محاسبه شده است.

وزن تر و خشک میوه

برای تعیین وزن تر میوه از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، میوه‌ها درون پاکت قرار داده شدند و به‌مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند؛ سپس وزن آن‌ها برحسب گرم اندازه‌گیری شد.

عملکرد محصول

در پایان آزمایش، به‌طور میانگین از پنج بوته در هر بلوک، میوه‌های برداشت‌شده از محصول در طول آزمایش توزین و در انتهای آزمایش جمع شدند تا عملکرد بوته‌ها و لاین‌های مورد آزمایش به‌دست آید.

رنگ و طعم میوه

رنگ میوه‌ها براساس کدبندی به‌صورت ۱- سبز روشن، ۲- سبز تیره، و ۳- زرد تعیین شد.

طعم میوه‌ها نیز طبق کدبندی به‌صورت ۱- خیلی تند، ۲- تند، و ۳- شیرین ارزیابی گردید.

ضخامت بافت میوه

ضخامت میوه با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.

میزان ویتامین C

به‌منظور اندازه‌گیری غلظت ویتامین C، ۱۰ گرم از نمونه تازه از هر تکرار با پنج میلی‌لیتر اسید متافسفریک سه درصد در هاون همگن شد. پس از آن، حجم عصاره حاصل به ۵۰ میلی‌لیتر افزایش یافت و ۱۰ میلی‌لیتر از آن، با استفاده از ۲، ۶- دی‌کلروفنل ایندوفنل تیتر شد. تیتراسیون با مشاهده رنگ صورتی پایدار به پایان رسید. همچنین، ایندوفنل با محلول استاندارد ویتامین ث تنظیم گردید. مقدار ویتامین ث به‌صورت میلی‌گرم در گرم وزن تازه میوه محاسبه و گزارش شد (Geleta & Labuschagne, 2006).

مواد جامد محلول

برای اندازه‌گیری محتوای مواد جامد محلول کل میوه، از رفراکتومتر دستی استفاده شد (Geleta & Labuschagne, 2006).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شدند.

نتایج و بحث

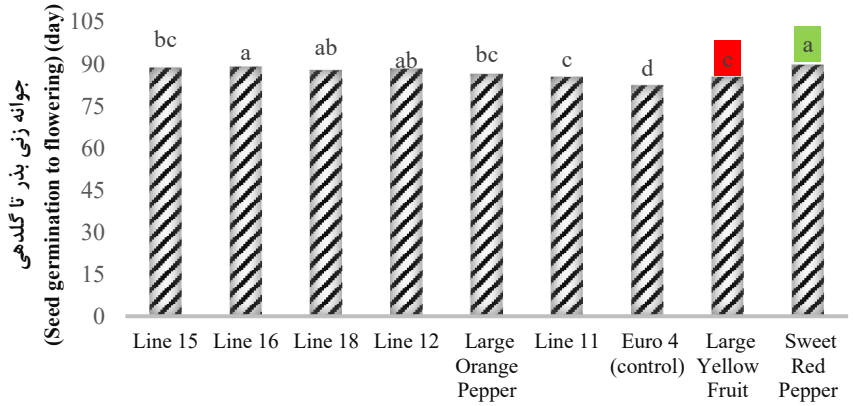
زمان جوانه‌زنی بذر تا شروع گلدهی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان دادند که لاین‌های مورد بررسی در این آزمایش در سطح احتمال یک درصد برای صفت زمان جوانه‌زنی بذر تا گلدهی، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۱). این یافته نشان از وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه میان لاین‌ها از نظر صفت زودگلدهی دارد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم تجاری Euro 4 (شاهد) با ۸۲/۳۳ روز کوتاه‌ترین مدت‌زمان لازم برای رسیدن از مرحله جوانه‌زنی تا آغاز گلدهی را دارا بود و به‌صورت معنی‌داری از سایر ارقام و لاین‌ها متمایز بود. در مقابل، لاین ۱۶ و فلفل قرمز شیرین با به‌ترتیب ۸۹ و ۸۹/۶۶ روز، بیشترین زمان لازم برای شروع گلدهی را ثبت کردند که بیانگر دیرگلدهی این ژنوتیپ‌ها نسبت به سایرین است (شکل ۱). تفاوت میان ژنوتیپ‌ها در مدت‌زمان جوانه‌زنی تا گلدهی را می‌توان به ترکیب عوامل وراثتی و شرایط محیطی نسبت داد. ژن‌های کنترل‌کننده فاز زایشی، نقش مهمی در تعیین زمان انتقال از رشد رویشی به گلدهی ایفا می‌کنند و همین امر باعث تفاوت‌های معنی‌دار بین ارقام مختلف می‌شود. علاوه بر این، انعطاف‌پذیری فیزیولوژیکی گیاه در واکنش به منطقه رشد نیز یکی از عوامل کلیدی است. به‌ویژه در شرایطی که تغییرات دمایی یا نوسان در رطوبت خاک وجود داشته باشد، روند تفکیک سلولی و تقسیم مریستمی در ساقه‌های جوان ممکن است کندتر انجام شود و در نتیجه، زمان لازم برای گلدهی افزایش یابد. در جریان تولید نشا و انتقال نشا به مزرعه، امکان آسیب‌دیدگی به ریشه‌های تغذیه‌کننده وجود دارد که به‌طور موقت موجب کاهش جذب آب و عناصر غذایی می‌شود. این حالت گیاه را مجبور می‌کند تا بخش قابل توجهی از انرژی فتوسنتزی خود را صرف ترمیم اندام‌های آسیب‌دیده نماید. از این‌رو، روند رشد طولی ساقه و در نهایت ظهور گل‌ها با تأخیر همراه می‌شود. همچنین، شرایط محیطی، مانند دمای بالا یا پایین‌تر از حد بهینه، می‌توانند الگوی رشد و توسعه گل‌ها را تغییر دهند و آغاز گلدهی را تسریع یا به تعویق بیندازند. به‌طور کلی، زودرسی یا دیررسی گلدهی در فلفل نتیجه تعامل بین ژنوتیپ و محیط است. ژن‌های کنترل‌کننده زایشی در تعامل با دما، طول روز و شدت نور، تعیین‌کننده زمان تبدیل گیاه از حالت رویشی به تولید گل هستند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]

در مناطق گرم‌تر، برخی لاین‌ها ممکن است زودگلده‌تر ظاهر شوند، درحالی‌که در مناطق معتدل یا سرد، همین ژنوتیپ‌ها دوره رشد طولانی‌تری را تا گلدهی تجربه می‌کنند. افزون بر این، روش‌های کشت، از جمله زمان نشاکاری، نوع بستر کشت و میزان آبیاری، می‌توانند نقش پویایی را در تنظیم زمان گلدهی داشته باشند. مطالعات پیشین نیز بر وجود چنین تنوعی در فلفل تأکید دارند. برای مثال، در یک بررسی بر روی تنوع ژنتیکی توده‌های مختلف فلفل مشخص شد که زمان جوانه‌زنی بذر تا مرحله گلدهی میان توده‌ها بین ۸۵ تا ۹۳ روز متغیر بود. چنین دامنه‌ای از تغییرات نشان می‌دهد که انتخاب و اصلاح ژنوتیپ‌های زودگلده می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد مناسب برای کشت در مناطق با فصل رشد کوتاه یا شرایط اقلیمی محدودکننده مدنظر قرار گیرد (Salehian *et al.,* 2022). در مجموع، نتایج این پژوهش بیانگر آن هستند که لاین Euro 4 با زودرسی قابل توجه خود می‌تواند برای مناطق با طول فصل کوتاه و نیز به‌عنوان والد در برنامه‌های اصلاحی جهت بهبود صفات فیزیولوژیکی مرتبط با زودگلدهی مورد استفاده قرار گیرد، در حالی‌که لاین‌های دیرگلده مانند لاین ۱۶ می‌توانند در محیط‌هایی با دوره رشد بلند یا گرمای دیررس فصل تابستان عملکرد مناسبی را از خود نشان دهند.



شکل ۱- ارزیابی جوانه‌زنی بذر تا شروع گلدهی لاین‌ها و ارقام فلفل
در آزمون دانکن، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلافات معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
Figure 1. Evaluation of seed germination to the onset of flowering for different lines and varieties of pepper.
The differently lettered groups (in each column) are statistically distinct at 5%.

زمان جوانه‌زنی بذر تا ۵۰ درصد گلدهی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان دادند که لاین‌ها و رقم تجاری Euro 4 فلفل از نظر صفت زمان لازم از جوانه‌زنی بذر تا ۵۰ درصد گلدهی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۱). این امر نشان‌دهنده‌ی وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، رقم تجاری Euro 4 با ۹۱ روز زودترین زمان رسیدن به ۵۰ درصد گلدهی را نشان داد و در نتیجه به‌عنوان زودگلده‌ترین ژنوتیپ در این پژوهش شناخته شد. در مقابل، لاین‌های ۱۸ و ۱۵ با میانگین ۱۰۲/۶۷ روز، حدود ۱۱ روز دیرتر از رقم Euro 4 به مرحله ۵۰ درصد گلدهی رسیدند. همچنین، لاین‌های ۱۲ و ۱۶ در کمتر از ۱۰۰ روز به این مرحله دست یافتند که نشان از عملکرد نسبتاً سریع‌تر آن‌ها نسبت به سایر لاین‌های دیرگلده داشت (شکل ۲). مدت‌زمان لازم از جوانه‌زنی تا گلدهی یکی از مؤلفه‌های کلیدی رشد و عملکرد فلفل به‌شمار می‌رود. این شاخص ارتباط تنگاتنگی با پارامترهای فیزیولوژیکی از جمله مدت زمان کشت تا اولین برداشت و طول دوره میوه‌دهی دارد. به‌طورکلی، هرچه زمان از جوانه‌زنی تا گلدهی کوتاه‌تر باشد، دوره میوه‌دهی طولانی‌تر شده، در نتیجه عملکرد نهایی محصول افزایش می‌یابد. این رابطه از دیدگاه اصلاح نباتات، اهمیت بالایی دارد زیرا ژنوتیپ‌های زودگلده معمولاً پتانسیل بالاتری برای تولید محصول در شرایط محدودیت زمانی رشد دارند، خصوصاً در مناطق با فصل رشد کوتاه یا در کشت‌های خارج از فصل. بررسی‌ها نشان داده‌اند که مدت‌زمان جوانه‌زنی تا گلدهی از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار است و از هر دو عامل ژنتیکی و محیطی تأثیر می‌پذیرد، اما سهم ژنتیک در کنترل این ویژگی بارزتر است. در مطالعات مختلف (Baseerat Afroza *et al.*, 2013; Pandit & Adhikary, 2014; Sood *et al.,* 2009) گزارش شده است که میزان وراثت‌پذیری بالا برای صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی نشان‌دهنده‌ی تسلط عوامل ژنتیکی بر محیطی است. ضرایب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی معمولاً نزدیک به هم بودند، که نشان‌دهنده تأثیر حداقل محیط بر بیان ویژگی‌ها است (Pandit & Adhikary, 2014). عملکرد میوه همبستگی مثبت معنی‌داری با ویژگی‌های مختلف، از جمله تعداد روز تا گلدهی اولیه و تشکیل میوه، نشان داد (Baseerat Afroza *et al.*, 2013). ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر در میان لاین‌ها و ارقام مختلف، متفاوت بودند و تفاوت‌هایی در زمان جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و شادابی مشاهده شدند (Meliani *et al.,* 2022).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]

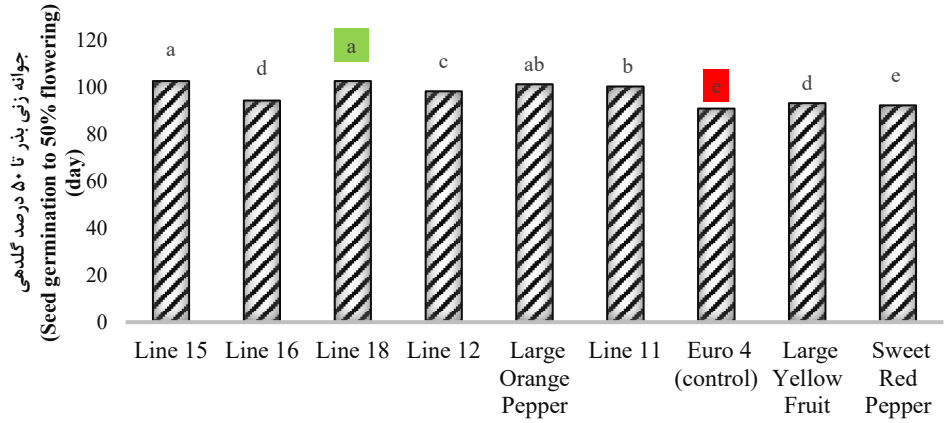
جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی هشت لاین و رقم تجاری ارزیابی‌شده فلفل

Table 1. Analysis of variance for traits evaluated in eight lines and commercial varieties of pepper

منبع تغییرات (Source of variation)	درجه آزادی Degrees of (freedom)	میانگین مربعات (Mean squares)										
		مواد جامد محلول Total Soluble (Solids)	ویتامین C (Vitamin C)	قطر انتهایی میوه Final fruit (diameter)	قطر وسط میوه Middle fruit (diameter)	قطر ابتدایی میوه Initial fruit (diameter)	ضخامت میوه Fruit (thickness)	عملکرد میوه (Fruit yield)	وزن خشک میوه fruit Dry) (weight	وزن تر میوه fruit Fresh) (weight	زمان جوانه‌زنی بذر تا ۵۰ درصد گلدهی Time of seed (germination to 50% flowering)	زمان جوانه‌زنی بذر تا گلدهی Time of seed (germination to flowering)
لاین (Line)	6	7.93**	1572.23**	1353.42**	931.30**	782.93**	3.21**	20.14**	15.89**	1270.08**	73.75**	15.23**
بلوک (Block)	2	0.02	7.68	0.20	0.97	0.45	0.04	0.03	0.47	3.89	1.29	1.29
کل تیمار (Total treatment)	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ضریب تغییرات (%) (Coefficient of variation)	-	8.23	10.10	11.10	17.96	15.37	11.52	15.69	9.48	19.23	17.73	12.44

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]

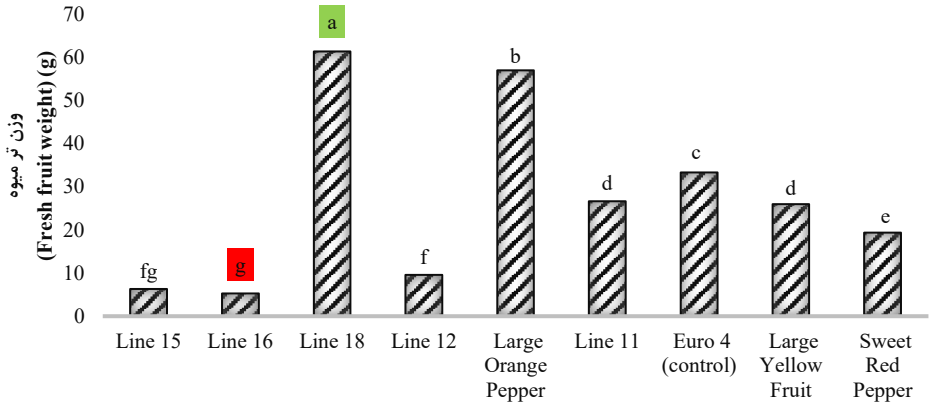


شکل ۲- ارزیابی جوانه‌زنی بذر تا شروع گلدهی لاین‌ها و ارقام فلفل
در آزمون دانکن، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلافات معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
Figure 2. Evaluation of seed germination to the onset of flowering for different lines and varieties of pepper.
The differently lettered groups (in each column) are statistically distinct at 5%.

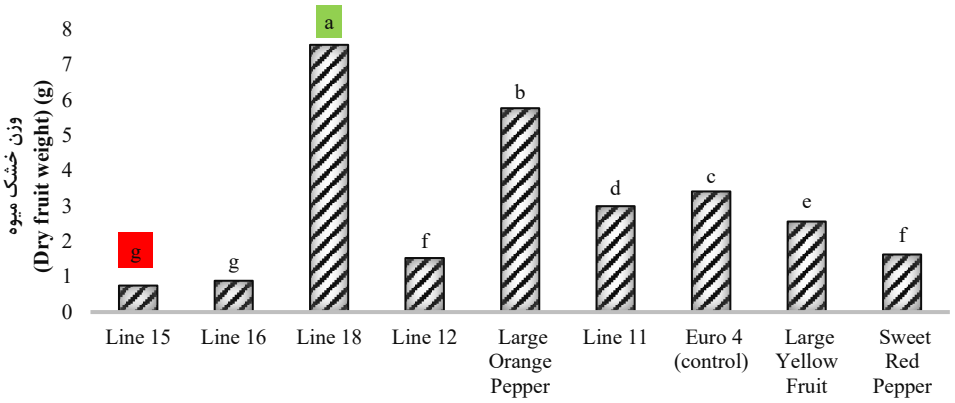
وزن تر، خشک و عملکرد میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان دادند که صفت وزن تر میوه در لاین‌ها و ارقام فلفل در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۱)، که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی است. این تفاوت‌ها اهمیت انتخاب ژنوتیپ‌های متناسب با هدف‌های اصلاحی و بازار مصرف را برجسته می‌سازند، زیرا وزن تر میوه یکی از شاخص‌های مهم تعیین کیفیت و عملکرد فلفل به‌شمار می‌رود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن تر میوه مربوط به لاین ۱۸ با ۶۱/۴۱ گرم بود که حاکی از پتانسیل بالای این لاین در تشکیل میوه‌های درشت و سنگین است. پس از آن، فلفل نارنجی درشت با ۵۶/۹۹ گرم در جایگاه دوم قرار گرفت و اگرچه وزن آن به لاین ۱۸ نزدیک بود، با این لاین اختلاف معنی‌دار آماری را نشان داد؛ بنا بر این، از نظر ظرفیت عملکردی کمی ضعیف‌تر ارزیابی شد. در مقابل، لاین ۱۶ با ۵/۲۶ گرم، کمترین وزن تر میوه را دارا بود و در گروه میوه‌های بسیار کوچک قرار گرفت. همچنین، لاین‌های ۱۲، ۱۵ و ۱۶ به‌طور کلی به‌عنوان ژنوتیپ‌های کوچک‌میوه شناخته شدند، زیرا وزن تر میوه‌های آن‌ها کمتر از ۱۰ گرم بود (شکل ۳). تجزیه واریانس برای وزن خشک میوه نیز در سطح احتمال یک درصد برای لاین‌ها و ارقام فلفل معنی‌دار بود (جدول ۱). مشابه نتایج مربوط به وزن تر میوه، بیشترین وزن خشک میوه با ۷/۵۶ گرم به لاین ۱۸ اختصاص داشت و پس از آن، فلفل نارنجی درشت با ۵/۷۷ گرم در جایگاه دوم قرار گرفت. کمترین وزن خشک میوه مربوط به لاین‌های ۱۵ و ۱۶ بود که در هر دو لاین، وزن خشک میوه کمتر از یک گرم ثبت شد (شکل ۴). ویژگی وزن میوه در فلفل تأثیر مستقیمی بر عملکرد نهایی در واحد سطح دارد و تعیین‌کننده ارزش اقتصادی محصول است. وزن میوه تحت تأثیر چند عامل ژنتیکی از جمله اندازه سلول‌ها، تعداد سلول‌های پری‌کارپ، ضخامت دیواره میوه و میزان فعالیت فتوسنتزی گیاه در دوره رشد میوه قرار می‌گیرد. ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل بالا در تولید ترکیبات فتوسنتزی و انتقال مؤثر مواد به اندام‌های زایشی معمولاً میوه‌های درشت‌تر و سنگین‌تر را تولید می‌کنند. در مقابل، لاین‌های کوچک‌میوه غالباً در گروه فلفل‌های تزئینی یا تند قرار می‌گیرند که انرژی متابولیکی بیشتری صرف تولید ترکیبات شبه‌فنلی و آلکالوئیدی می‌کنند و کمتر در جهت افزایش وزن میوه مصرف می‌شود. عوامل محیطی نیز نقش مهمی در بیان صفت دارند. شرایط نوری، دمای روز و شب و وضعیت تغذیه گیاه می‌توانند بر رشد سلولی و حجم میوه تأثیرگذار باشند. به‌عنوان مثال، دماهای بالاتر از حد بهینه و کمبود عناصر غذایی، به‌ویژه پتاسیم، می‌توانند باعث کاهش اندازه و کاهش وزن میوه شوند. در مقابل، ژنوتیپ‌هایی که دارای کارایی مصرف منبع کربنی بالا هستند، در شرایط نوری مطلوب، پتانسیل قابل‌توجهی را در افزایش وزن میوه از خود نشان می‌دهند (Baseerat Afroza *et al.*, 2013; Pandit & Adhikary, 2014; Sood *et al.*, 2009).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]



شکل ۳- ارزیابی وزن تر میوه برای لاین‌ها و ارقام فلفل
در آزمون دانکن، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلافات معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
Figure 3. Evaluation of fresh fruit weight for different lines and varieties of pepper.
The differently lettered groups (in each column), are statistically distinct at 5%.

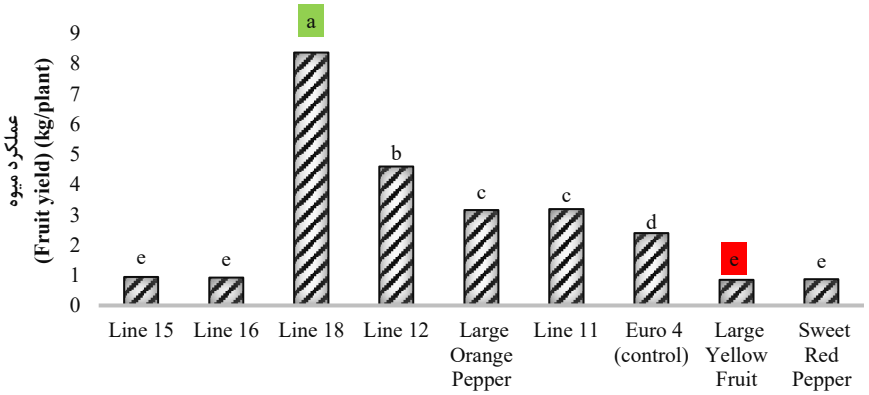


شکل ۴- ارزیابی وزن خشک میوه برای لاین‌ها و ارقام فلفل
در آزمون دانکن، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلافات معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
Figure 4. Evaluation of dry fruit weight for different lines and varieties of pepper.
The differently lettered groups (in each column) are statistically distinct at 5%.

با بررسی نتایج تجزیه واریانس جدول ۱ مشخص شد که صفت عملکرد میوه برای لاین‌ها و ارقام فلفل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین عملکرد میوه نشان داد که لاین ۱۸ با ۸/۳۷ کیلوگرم فلفل، بیشترین عملکرد را در بین لاین‌ها و ارقام فلفل نشان داد. لاین ۱۲ با ۴/۶۰ کیلوگرم در جایگاه دوم بین لاین‌ها و ارقام مختلف فلفل ثبت گردید (شکل ۵). ارزیابی وزن خشک میوه به‌عنوان معیاری است که نوع والدین و قدرت توارث هر صفت در والد را برای تلاقی‌ها و انتقال ژن‌ها تعیین می‌کند و در واقع بیانگر سهم تغییرات ژنتیکی از کل تغییرات موجود است. این ارزیابی به اصلاح‌کنندگان در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از جمعیت ژنتیکی متنوع کمک می‌کند و شاخص خوبی برای انتقال صفات از والدین به نتاج است. برای بهبود پتانسیل عملکرد بذر در برنامه‌های تولید، لازم است اطلاعات کافی در مورد میزان و تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و ارزیابی‌های مربوطه را به‌دست آورد، زیرا انتخاب ژنوتیپ‌های برتر با تنوع ژنتیکی موجود و میزان صفاتی که به ارث برده می‌شوند، متناسب است (Lahbib *et al.*, 2012). مطالعات به بررسی عملکرد و پایداری در ارقام فلفل در محیط‌های مختلف پرداختند. تعاملات ژنوتیپ–محیط برای عملکرد و ویژگی‌های مرتبط مشاهده شدند. تأثیر محیط بر عملکرد بالا بود، در حالی که ژنوتیپ تأثیر بیشتری بر ویژگی‌های میوه داشت (Barchenger *et al.*, 2018). تلاش‌های اصلاحی بر بهبود عملکرد، کیفیت میوه و پایداری متمرکز شده‌اند. برخی از مطالعات، لاین‌های پایداری با پتانسیل عملکرد بالا را شناسایی کردند (Panayotov & Dimova, 2014; Zeynali *et al.*, 2020). در مطالعه‌ای، تنوع ژنتیکی برای ویژگی‌های مختلف مشاهده شد و وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالایی برای عملکرد میوه و تعداد میوه‌ها در هر گیاه وجود داشتند که نشان‌دهنده پتانسیل بهبود از طریق انتخاب است. عملکرد میوه با تعداد میوه‌ها در هر گیاه همبستگی قوی داشت که می‌تواند به‌عنوان یک معیار انتخاب مهم درنظر گرفته شود (Sood *et al.*, 2009). در مطالعه‌ای، پیشرفت ژنتیکی بالایی برای عملکرد میوه در هر گیاه و چندین ویژگی دیگر مشاهده شد که نشان‌دهنده پتانسیل

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]

بهبود از طریق انتخاب است (Pandit & Adhikary, 2014; Sood *et al.*, 2009). در پژوهشی، صفات آگرومورفولوژیک ۳۰ توده فلفل ایرانی جهت شناسایی پتانسیل به‌نژادی توده‌ها و ارقام بومی و گزینش آن‌ها در جهت تولید ارقام هیبرید مورد مطالعه قرار گرفتند. در این تحقیق، ضریب تغییر فنوتیپی و ژنوتیپی صفات نشان داد که بالاترین ضریب تنوع فنوتیپی را وزن تک‌میوه (۸۸/۳۶) و بالاترین ضریب تنوع ژنوتیپی را نیز وزن و طول میوه (۸۳/۶۳) داشتند. در بحث ضرایب همبستگی نیز صفات وزن گوشت میوه و عملکرد میوه (۰/۹۵) دارای بیشترین ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار و صفات وزن و تعداد میوه (۰/۵۵) نیز دارای بیشترین ضریب همبستگی منفی و معنی‌دار بودند. در گروه‌بندی این ژنوتیپ‌ها، توده‌های مورد بررسی در پنج خوشه قرار گرفتند (Salehian *et al.*, 2022). به‌منظور درک و شناسایی میزان تنوع موجود در جمعیت فلفل و توارث ویژگی‌های میوه جهت بهره‌برداری در برنامه‌های اصلاحی تولید بذر و استفاده از جمعیت متنوع گیاهی از نظر ویژگی‌های تأثیرگذار بر عملکرد میوه، آزمایشی با ۴۲ ژنوتیپ از هفت گونه مختلف فلفل انجام شد. نتایج این محققان نشان دادند که میزان وراثت‌پذیری وزن میوه ۹۳ درصد بود (Roudbari *et al.*, 2023).

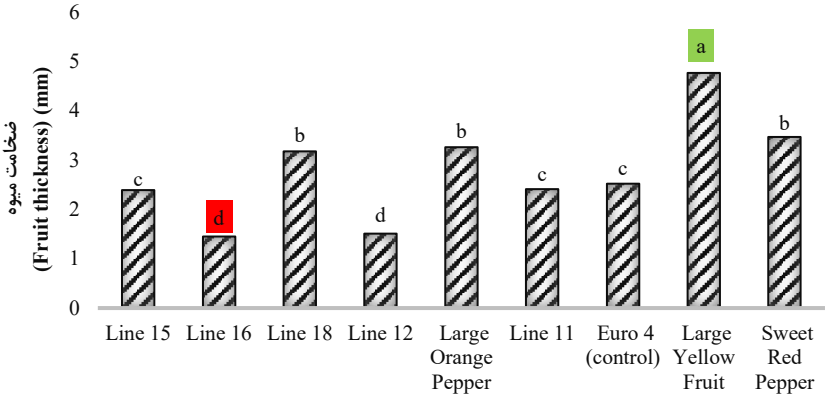


شکل ۵- ارزیابی عملکرد برای لاین‌ها و ارقام فلفل
در آزمون دانکن، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلافات معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
Figure 5. Evaluation of yield for different lines and varieties of pepper.
The differently lettered groups (in each column) are statistically distinct at 5%.

ضخامت میوه

تجزیه واریانس نشان داد که ضخامت میوه در لاین‌ها و ارقام فلفل در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۱)، که این امر بر وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه در این صفت مهم تأکید می‌کند و امکان شناسایی ژنوتیپ‌هایی با ویژگی‌های مطلوب برای هدف‌های مختلف کشت و مصرف را فراهم می‌سازد. بررسی مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که لاین زرد میوه درشت با ۴/۷۷ میلی‌متر، بیشترین ضخامت میوه را در بین تمامی لاین‌ها و ارقام مورد بررسی از خود نشان داد و پتانسیل بالایی برای تولید میوه‌های گوشتی با کیفیت بالا دارد. در نقطه مقابل، لاین ۱۱ و رقم تجاری Euro 4 با ضخامتی حدود نصف لاین زرد میوه‌درشت، میوه‌هایی را با ضخامت کمتر تولید کرده‌اند و لاین‌های ۱۲ و ۱۶ با ۱/۵ میلی‌متر، کمترین ضخامت میوه را دارند و میوه‌های نسبتاً نازک تولید نموده‌اند (شکل ۶). ضخامت دیواره میوه (پریکارپ) تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، شرایط زراعی و محیطی (مانند دما، نور، و عناصر غذایی) و همچنین تجمع مواد فتوسنتزی است که می‌تواند به افزایش ماده خشک و در نتیجه کیفیت محصول، به‌ویژه در فلفل‌های تند، منجر شود. تحقیقات نشان داده‌اند که یک رابطه خطی مثبت بین وزن میوه و ضخامت دیواره میوه وجود دارد که این موضوع اهمیت ضخامت میوه را برای بازارپسندی و مقاومت در برابر آسیب‌های فیزیکی در مراحل پس از برداشت دوچندان می‌کند؛ بنابراین، انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب با توجه به ضخامت میوه، می‌تواند به بهبود کلیت فرآیند تولید و افزایش ارزش اقتصادی محصول کمک شایانی نماید. (Lannes *et al.*, 2007). افزایش عرض، طول و ضخامت گوشت فلفل می‌تواند مزیت بهتری نسبت به غلاف‌های کوتاه و باریکتر برای مصرف‌کنندگان داشته باشد. هنگامی که مواد مغذی کافی در خاک موجود هستند، میوه‌ها همانند قسمت‌های رویشی دیگر گیاه، بخشی از مواد مغذی خاک را جذب می‌کنند و اندازه بزرگتر و ضخیم‌تری را به‌دست می‌آورند (Rêgo *et al.*, 2011).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]



شکل ۶- ارزیابی ضخامت میوه برای لاین‌ها و ارقام فلفل

در آزمون دانکن، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلافات معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 6. Evaluation of fruit thickness for different lines and varieties of pepper.
The differently lettered groups (in each column) are statistically distinct at 5%.

قطر و طول میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان دادند که قطر میوه در نقاط مختلف (ابتدا، وسط و انتها) در سطح احتمال یک درصد برای لاین‌ها و ارقام فلفل معنی‌دار بود (جدول ۱). بررسی مقایسه میانگین‌ها برای صفت قطر میوه در این سه ناحیه نشان داد که لاین زرد میوه‌درشت در هر سه قسمت (ابتدا، وسط و انتها) بیشترین قطر میوه را دارا بود و به‌طور کلی شکلی بلوکی یا استوانه‌ای را به‌خود اختصاص داد. این لاین از نظر ابعاد، برجسته‌ترین نمونه در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود. در مقابل، لاین ۱۶ کمترین قطر میوه را در هر سه ناحیه نشان داد که این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده میوه‌هایی با ساختار باریک‌تر یا کوچک‌تر در این لاین باشد. لاین ۱۸ نیز پس از لاین زرد میوه‌درشت، در قسمت‌های ابتدا و وسط میوه به‌ترتیب با قطرهای ۴۵/۶۳ و ۴۲/۱۹ میلی‌متر، بیشترین قطر میوه را به‌خود اختصاص داد (جدول ۲)، که این لاین را نیز به‌عنوان یکی از گزینه‌های با پتانسیل تولید میوه‌های درشت مطرح می‌سازد. در مطالعات مرتبط، تحلیل QTL برای صفات میوه و گیاه، تعداد ۷۶ QTL را شناسایی کرده است که تا ۹۱ درصد از تغییرات فنوتیپی در قطر میوه را توضیح می‌دهند. این یافته تأیید می‌کند که قطر میوه تحت تأثیر مجموعه‌ای از ژن‌ها با اثرات کوچک و بزرگ قرار دارد و امکان شناسایی ژن‌های کلیدی مؤثر بر این صفت از طریق مطالعات ژنتیکی پیشرفته وجود دارد. این اطلاعات می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی برای توسعه ارقام فلفل با قطر میوه دلخواه، چه برای مصارف تازه‌خوری و چه برای فرآوری، بسیار ارزشمند باشد (Barchi *et al.*, 2009).

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات قطر ابتدا، وسط و انتهای میوه لاین‌ها و ارقام فلفل

Table 2. Comparison of the mean traits for the diameter at the beginning, middle, and end of the fruit for different lines and varieties of pepper

مقایسه میانگین صفات (Comparison of Average Traits)				
قطر انتهای میوه (Fruit End Diameter) (mm)	قطر وسط میوه Fruit Middle) (mm) (Diameter	قطر ابتدای میوه (Fruit Start Diameter) (mm)	طول بزرگترین میوه (Length of the Largest Fruit) (cm)	لاین‌ها و ارقام تجاری فلفل (Lines and Varietiy of Pepper)
15.15^{b}	23.52^{e}	29.55^{g}	8.05^{ef}	Line 15
3.71^{f}	12.14^{h}	13.63^{i}	9.46^{e}	Line 16
7.26^{c}	42.19^{b}	45.63^{b}	14.56^{c}	Line 18
7.10^{cd}	17.23^{g}	23.14^{h}	14.23^{c}	Line 12
6.26^{e}	31.70^{c}	38.79^{c}	15.43^{bc}	Large Orange Pepper
6.33^{de}	29.62^{d}	36.43^{e}	11.03^{d}	Line 11
4.08^{f}	21.64^{f}	32.20^{f}	21.33^{a}	Euro 4 (control)
7^{a}	71.81^{a}	71.55^{a}	7.16^{f}	Large Yellow Fruit
6.52^{cde}	32.77^{c}	37.60^{d}	16.63^{b}	Sweet Red Pepper

در آزمون دانکن، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلافات معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

The differently lettered groups (in each column) are statistically distinct at 5%.

صفات کیفی رنگ و طعم میوه

با بررسی صفات کیفی رنگ میوه، مشخص شد که رقم تجاری Euro 4 در طیف رنگی زرد طبقه‌بندی شد، در حالی‌که سایر لاین‌های فلفل در دامنه‌های مختلف طیف سبز قرار داشتند. از میان هشت لاین و رقم تجاری ارزیابی‌شده، پنج لاین فلفل دارای میوه‌هایی با طعم شیرین بودند، در حالی‌که لاین ۱۲ میوه‌های بسیار تندی داشت. لاین‌های ۱۵ و ۱۶ نیز به‌عنوان لاین‌های تند شناخته شدند (جدول ۳). تحلیل تنوع ژنتیکی برخی لاین‌های فلفل و استفاده از تجزیه‌های آماری چندمتغیره برای ارزیابی ۱۳ صفت نشان دادند که نتایج تا حد زیادی با مناطق جغرافیایی پراکنش لاین‌ها و همچنین با صفاتی همچون عملکرد و ویژگی‌های مورفولوژیکی مرتبط با بازارپسندی محصول همخوانی داشتند. در این آزمایش، لاین‌های مورد مطالعه از نظر تنوع ژنتیکی، تفاوت‌های قابل

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]

توجهی در صفات مورد بررسی نشان دادند. نتیجه‌گیری شد که با انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در هر خوشه که فاصله ژنتیکی بیشتری با یکدیگر دارند، می‌توان در تولید ارقام هیبرید فلفل به‌منظور بهره‌برداری از هتروزیس استفاده کرد. مطالعات انجام‌شده در زمینه تنوع ژنتیکی در فلفل دلمه‌ای، تغییرات قابل توجهی را در صفات میوه بین لاین‌ها و گونه‌های مختلف فلفل نشان داده‌اند. تحقیقات نشان داده‌اند که ویژگی‌های میوه مانند شکل، اندازه، ضخامت پریکارپ و تندی از عوامل اصلی در انتخاب ارقام هستند (Naegele *et al.*, 2016). همچنین، از تکنیک‌های تجزیه و تحلیل چندمتغیره برای ارزیابی تنوع بین ژنوتیپ‌های فلفل استفاده شد و آن‌ها بر اساس ویژگی‌های زراعی به گروه‌های مجزا دسته‌بندی شدند (Oliveira *et al.*, 1999).

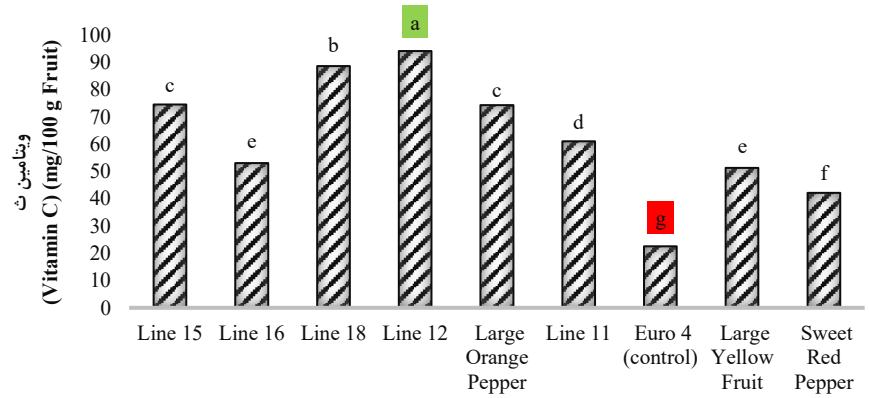
جدول ۳- مقایسه صفات کیفی رنگ و مزه لاین‌ها و ارقام فلفل

Table 3. Comparison of the qualitative traits for the color and flavor of different lines and varieties of pepper

مقایسه صفات کیفی میوه (Comparison of Fruit Quality Traits)		
لاین‌ها و ارقام تجاری فلفل (Lines and Variety of Pepper)	طعم میوه (Fruit Taste)	رنگ میوه (Fruit Color)
Line 15	تند (Spicy)	سبز روشن (Light green)
Line 16	تند (Spicy)	سبز تیره (Dark green)
Line 18	شیرین (Sweet)	سبز تیره (Dark green)
Line 12	خیلی تند (Very spicy)	سبز روشن (Light green)
Large Orange Pepper	شیرین (Sweet)	سبز تیره (Dark green)
Line 11	شیرین (Sweet)	سبز روشن (Light green)
Euro 4 (control)	شیرین (Sweet)	زرد (Yellow)
Large Yellow Fruit	شیرین (Sweet)	سبز خیلی تیره (Very dark green)
Sweet Red Pepper	کمی تند (Slightly spicy)	سبز تیره (Dark green)

صفات بیوشیمیایی ویتامین C و TSS

تجزیه واریانس صفات (جدول ۱) نشان داد که صفات ویتامین C و مواد جامد محلول برای لاین‌های فلفل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. در ارزیابی لاین‌ها، لاین ۱۲ با ۱۹/۹۴ میلی‌گرم ویتامین C در ۱۰۰ گرم وزن تر، بیشترین میزان ویتامین C را تولید کرد، درحالی‌که رقم تجاری Euro 4 با ۲۲/۵۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم، کمترین مقدار ویتامین C را داشت (شکل ۷). نتایج مقایسه میانگین درصد مواد جامد محلول نیز نشان دادند که لاین‌های ۱۱ و ۱۶ به‌ترتیب با ۸/۳۳ و ۲/۵۶ درصد، بیشترین و کمترین درصد مواد جامد محلول را دارا بودند. رقم Euro 4 با ۴/۵ درصد و فلفل قرمز شیرین با ۴/۳۳ درصد تقریباً نصف مقدار مواد جامد محلول لاین ۱۱ را داشتند (شکل ۸). تحقیقات در مورد لاین‌ها و ارقام فلفل نشان داده‌اند که تغییرات قابل توجهی در محتوای ویتامین C و مواد جامد محلول وجود دارند. سطح ویتامین C در این گیاهان بین ۹۰/۹۸ تا ۱۸۸/۳۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم متغیر است که غلظت‌های بالاتر در میوه‌های رسیده مشاهده می‌شود. محتوای مواد جامد محلول نیز بین ۳/۵۷ درصد و ۶/۵۲ درصد تغییر می‌کند و با رسیدن میوه افزایش می‌یابد (Valšíková *et al.*, 2017). مطالعات نشان داده‌اند که اثرات ژنتیکی افزایشی و غیر افزایشی بر این صفات تأثیرگذار هستند، اما اثرات افزایشی بیشتر تأثیرگذار بودند (Geleta & Labuschagne, 2006).

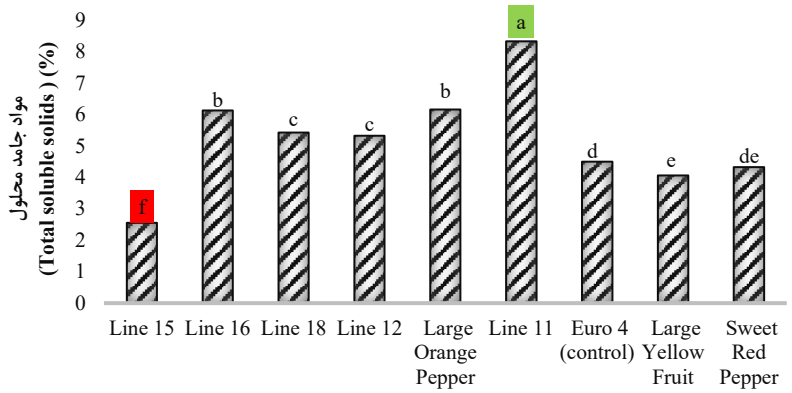


شکل ۷- ارزیابی میزان ویتامین C برای لاین‌ها و ارقام مختلف فلفل

در آزمون دانکن، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلافات معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 7. Evaluation of vitamin C content for different lines and varieties of pepper.
The differently lettered groups (in each column) are statistically distinct at 5%.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]



شکل ۸- ارزیابی میزان مواد جامد محلول برای لاین‌ها و ارقام مختلف فلفل
در آزمون دانکن، تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلافات معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
Figure 8. Evaluation of total soluble solids for different lines and varieties of pepper.
The differently lettered groups (in each column) are statistically distinct at 5%.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس این تحقیق، رقم Euro 4 (شاهد) با کمترین زمان جوانه‌زنی و زمان رسیدن به گلدهی و همچنین بیشترین رشد طولی میوه شناخته شد، که نشان‌دهنده پتانسیل بالا برای تولید زودهنگام و بازدهی مناسب این رقم است. در مقابل، برخی از لاین‌ها، مانند لاین‌های ۱۶ و ۱۲، زمان‌های بیشتری برای جوانه‌زنی و گلدهی نیاز داشتند و این امر می‌تواند تحت تأثیر عوامل وراثتی و شرایط محیطی قرار گیرد. از نظر صفات بیوشیمیایی، لاین ۱۲، بالاترین میزان ویتامین C را ارائه کرد، درحالی‌که رقم Euro 4 کمترین مقدار ویتامین C را داشت. این نتایج نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی در این صفات و تأثیرات قابل توجه آن‌ها بر ارزش تغذیه‌ای محصولات فلفل هستند. همچنین، ارزیابی‌های کیفی نشان دادند که برخی لاین‌ها از نظر طعم شیرین و برخی دیگر به‌عنوان لاین‌های تند شناخته شدند، که می‌توانند براساس ذائقه محلی و بازارپسندی کشاورزان انتخاب شوند. تحلیل تنوع ژنتیکی و مورفولوژیکی جمعیت‌های فلفل نیز نشان داد که این جمعیت‌ها قابلیت‌های متفاوتی برای دستیابی به اهداف اصلاحی دارند. شواهد نشان می‌دهند که استفاده از توده‌های محلی و ترکیب آن‌ها با ارقام هیبرید می‌تواند به بهبود عملکرد و مقاومت در برابر شرایط زیست‌محیطی نامناسب کمک کند. نتیجه‌گیری می‌شود که با اعمال گزینش مناسب و به‌کارگیری منابع ژنتیکی بومی، می‌توان به ایجاد ارقام جدید فلفل با کیفیت و عملکرد بهتر در راستای توسعه پایدار کشاورزی پرداخت. در نهایت، برنامه‌های اصلاحی باید بر روی بهبود کیفیت، ثبات عملکرد و سازگاری با شرایط محیطی متمرکز شوند تا محصولات با کیفیت‌تری را تولید کنند و به تقاضای رو به افزایش بازار پاسخ دهند.

تشکر و قدردانی: از دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به دلیل همکاری صمیمانه در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض منافع: نویسندگان اظهار می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در رابطه با نشر این مقاله وجود ندارد.

References

Aklilu, S., Abebie, B., & Wogari, D. (2016). Genetic variability and association of characters in Ethiopian hot pepper (*Capsicum annuum* L.) landraces. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade,* 61(1), 19–36. DOI: 10.2298/JAS1601019A

Aliu, S. A., Rusinovci, I., Fetahu, S., Kaçiu, S., & Zeka, D. (2017). Assessment of morphological variability and chemical composition of some local pepper (*Capsicum annuum* L.) populations on the area of Kosovo. *Acta Agriculturae Slovenica,* 109(2), 205–213. DOI: 10.14720/AAS.2017.109.2.05

Barchenger, D. W., Clark III, R. A., Gniffke, P. A., Ledesma, D. R., Lin, S. W., Hanson, P., & Kumar, S. (2018). Stability of yield and yield components of pepper (*Capsicum annuum*), and evaluation of publicly available predictive meteorological data in East and Southeast Asia. *HortScience,* 53(12), 1776–1783. DOI: 10.21273/HORTSCI13581-18

Barchi, L., Lefebvre, V., Sage-Palloix, A. M., Lanteri, S., & Palloix, A. (2009). QTL analysis of plant development and fruit traits in pepper and performance of selective phenotyping. *Theoretical and Applied Genetics,* 118(6), 1157–1171. DOI: 10.1007/s00122-009-0970-0

Barik, S., Ponnam, N., Reddy, A. C., DC, L. R., Saha, K., GC, A., & Reddy, M. (2022). Breeding peppers for industrial uses: Progress and prospects. *Industrial Crops and Products,* 178, 114626. DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.114626

Barroso, P., Ferreira, K., dos S. Pessoa, A., Rêgo, M., Crispim, J., Medeiros, G., & Rêgo, E. (2015). Heritability of traits related to germination and morphogenesis in vitro in ornamental peppers. *Acta Horticulturae,* 1087, DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1087.54

Baseerat Afroza, B. A., Khan, S., Mushtaq, F., Hussain, K., & Nabi, A. (2013). Variability and correlation studies in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Progressive Horticulture,* 45(1), 209–213.

Choi, H., Back, S., Kim, G. W., Lee, K., Venkatesh, J., Lee, H. B., Kwon, J. K., & Kang, B. C. (2023). Development of a speed breeding protocol with flowering gene investigation in pepper (*Capsicum annuum*).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]

Frontiers in Plant Science, 14, 1151765. DOI: 10.3389/fpls.2023.1151765

Dinu, M., Soare, R., & Ivan, C. G. (2024). Analysis of the diversity of some hot pepper (*Capsicum annuum* L.) populations from southwest Romania on the base of morphological and production characters. *Annals of the University of Craiova, Biology, Horticulture, Food Products Processing Technology, Environmental Engineering,* 29(65). DOI: 10.52846/bihpt.v29i65.137]

Gebreigziabher, E. T., Gebremedhin, T., & Fissha, N. (2024). Effect of irrigation depth and nitrogen fertilizer rates on pepper (*Capsicum annuum* L.) yield and water use efficiency in Tselemty District, Tigray, Ethiopia. *International Journal on Food, Agriculture and Natural Resources,* 5(3), 56–61. DOI: 10.46676/ij-fanres.v5i3.325

Geleta, L. F., & Labuschagne, M. T. (2006). Combining ability and heritability for vitamin C and total soluble solids in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 86(9), 1317–1320. DOI: 10.1002/jsfa.2494

Kayak, N., Kal, Ü., Dal, Y., Türkmen, Ö., Eroğlu, S., Arı, B. Ç., Issı, N., Tanrıverdı, Ö. B., & Seymen, M. (2022). Determination of yield, quality and morphological characteristics of different hybrid pepper cultivar candidates in Konya ecological conditions. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences,* 36(1), 31–38. DOI: 10.15316/sjafs.2022.006

Lahbib, K., Bnejdi, F., & El-Gazzah, M. (2012). Genetic diversity evaluation of pepper (*Capsicum annuum* L.) in Tunisia based on morphologic characters. *African Journal of Agricultural Research,* 7(23), 3413–3417. DOI: 10.5897/AJAR11.2171

Lannes, S. D., Finger, F. L., Schuelter, A. R., & Casali, V. W. (2007). Growth and quality of Brazilian accessions of Capsicum chinense fruits. *Scientia Horticulturae,* 112(3), 266–270. DOI: 10.1016/j.scienta.2006.12.029

Meliani, S., Sebaa, H., & Chebhouni, N. (2022). Study on variation in morpho-anatomical attributes and germination features of five varieties of *Capsicum annuum* L. grown in Algeria. *South Asian Journal of Experimental Biology,* 12(2), 192–202. DOI: 10.38150/sajeb.12(2).p192-202

Mladenović, J., Pavlović, N., Marjanović, M., Tomić, D., Grubišić, M., Zornić, V., & Zdravković, J. (2024). Breeding potential of morphological and phytochemical characteristics of landraces and autochthone varieties of *Capsicum annuum* L. in Republic of Serbia. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca,* 52(1), 13435. DOI: 10.15835/nbha52113435

Naegele, R. P., Mitchell, J., & Hausbeck, M. K. (2016). Genetic diversity, population structure, and heritability of fruit traits in *Capsicum annuum*. *PLOS ONE*, 11(7), e0156969. DOI: 10.1371/journal.pone.0156969

Oliveira, V. R., Casali, V. W., Cruz, C. D., Pereira, P. R., & Braccini, A. D. (1999). Assessment of genetic diversity in sweet pepper using multivariate analysis. *Horticultura Brasileira,* 17, 19–24. DOI: 10.1590/S0102-05361999000100006

Panayotov, N., & Dimova, D. (2014). Assessment of yield and yield stability of new perspective pepper breeding lines with conical shape. *Genetika,* 46(1), 19–26. DOI: 10.2298/GENSR1401019P

Pandit, M., & Adhikary, S. (2014). Variability and heritability estimates in some reproductive characters and yield in chilli (*Capsicum annuum* L.). *International Journal of Plant & Soil Science,* 3(7), 845–853. DOI: 10.9734/IJPSS/2014/7236

Parisi, M., Alioto, D., & Tripodi, P. (2020). Overview of biotic stresses in pepper (*Capsicum* spp.): Sources of genetic resistance, molecular breeding and genomics. *International Journal of Molecular Sciences,* 21(7), 2587. DOI: 10.3390/ijms21072587

Pessoa, A., Barroso, P., Rêgo, E. D., Medeiros, G., Bruno, R., & Rêgo, M. D. (2015). Genetic divergence of physiological-quality traits of seeds in a population of peppers. *Genetics and Molecular Research,* 14(4), 12479–12488. DOI: 10.4238/2015.October.16.15

Rêgo, E. R. D., Rêgo, M. M. D., Cruz, C. D., Finger, F. L., & Casali, V. W. (2011). Phenotypic diversity, correlation and importance of variables for fruit quality and yield traits in Brazilian peppers (*Capsicum baccatum*). *Genetic Resources and Crop Evolution,* 58(6), 909–918. DOI: 10.1007/s10722-010-9628-7

Roudbari, Z., Imani, M. R., Sarhadi, J., Khoshkam, S., & Yoneszadeh, R. (2023). The evaluation of the fruit morphological diversity in some species of pepper (*Capsicum* spp.). *Journal of Horticultural Science,* 37(3), 699–709. DOI: 10.22067/jhs.2022.77363.1179 [In Persian]

Salehian, M., Darvishzadeh, R., Rezazadeh Bari, M., Jabari, M., & Jannatdoust, M. (2022). Evaluation of genetic variability of agro-morphological traits in Iranian pepper population (*Capsicum annuum* L.). *Plant Productions,* 45(2), 157–168. DOI: 10.22055/ppd.2022.37868.1988 [In Persian]

Sood, S., Sood, R., Sagar, V., & Sharma, K. (2009). Genetic variation and association analysis for fruit yield, agronomic and quality characters in bell pepper. *International Journal of Vegetable Science,* 15(3), 272–284. [DOI: 10.1080/19315260902875822]

Tripodi, P., & Kumar, S. (2019). The Capsicum crop: An introduction. In The *Capsicum* Genome (pp. 1–8). Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-97217-6_1

Valšíková, M., Rehuš, M., Komár, P., & Paulen, O. (2017). The impact of varieties, ripeness, and heat treatment on the retention of vitamin C and content of soluble solids in sweet pepper. *Slovak Journal of Food Sciences/Potravinarstvo,* 11(1). DOI: 10.5219/754

Zeynali, T., Olfati, J. A., Samizadeh, H., & Rabiei, B. (2020). Crossing to improve fruit yield and shape characteristics in chili pepper. *Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding,* 9(1), 84–95. DOI: 10.30479/IJGPB.2021.12889.1269 [In Persian]

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1653]