Journal of Abiotic Stress in Horticultural Crops
https://jabssh.znu.ac.ir

Research Article
Vol. 1, No. 1, Autumn and Winter 2026, p. 85-94

Evaluation of some morpho-physiological traits of leaves and fruits in two pomegranate cultivars differing in susceptibility and tolerance to fruit cracking under abiotic stress conditions

Nasrin Shiravand [1], Javad Erfani-Moghadam [*2], Orang Khademi [3]

1 - Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural resources, Ilam University, Ilam, Iran.
2 - Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture and Natural resources, Ilam University, Ilam, Iran.
3 - Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran.
(*- Corresponding author's Email: j.erfani@ilam.ac.ir)

Received: 23 July 2026
Received in revised form: 31 August 2026
Accepted: 02 September 2026

How to cite this article:
Shiravand, N., Erfani-Moghadam, J. and Khademi, O. (2026). Evaluation of some morpho-physiological traits of leaves and fruits in two pomegranate cultivars differing in susceptibility and tolerance to fruit cracking under abiotic stress conditions. *Journal of Abiotic Stress in Horticultural Crops*, *1*(1), 85-94. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.30470/ashc.2026.742848

Introduction

Pomegranate (*Punica granatum* L.) is one of the most important horticultural crops in Iran. Its cultivated area is increasing due to its adaptability to diverse climatic conditions, suitability for cultivation in a wide range of soil textures (from heavy to light), tolerance to salinity, drought and water scarcity, as well as its high genetic diversity. However, fruit cracking is considered one of the most significant and damaging physiological disorders in pomegranate-growing regions both in Iran and worldwide. Several factors have been reported to be associated with this physiological disorder, including irregular irrigation intervals, untimely rainfall, cultivar type, diurnal temperature fluctuations, hot and desiccating winds, early autumn frosts, deficiency of certain nutrients such as boron, zinc and calcium, soil texture and composition, improper pruning, and damage caused by certain sucking pests, particularly mites and aphids. Accordingly, this study was conducted to investigate the relationship between pomegranate fruit cracking and certain morphological and physiological characteristics of fruit and leaves in two cultivars, namely 'Malas Toshkan' and 'Zard Toshkan'. A better understanding of these associations may facilitate the identification of traits linked to fruit cracking tolerance and provide useful information for the selection and breeding of crack-resistant pomegranate genotypes.

Materials and Methods

This research was carried out in a commercial pomegranate orchard located in the Chegni region of Khorramabad, Lorestan Province, Iran, using a randomized complete block design (RCBD). Two pomegranate cultivars, 'Malas Toshkan' (relatively resistant to cracking) and 'Zard Toshkan' (relatively susceptible to cracking), were selected from a commercial orchard with uniform irrigation management in the Chegni region. For each cultivar, three blocks were designated, with three trees per block. A number of flowers from the first flowering flush were tagged to facilitate harvesting at maturity. This procedure was performed to distinguish and identify the primary flowers from those of the second and third flowering flushes. At the ripening stage, 40 leaves and 15 fruits were randomly collected from different parts of the tree canopy in each sampled tree and examined for morphological and physicochemical characteristics.

Results and Discussion

The results of this study revealed significant differences ($p < 0.01$) for most of the evaluated traits between the two cultivars. Significant differences were observed in leaf moisture content and peel moisture content

Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).
https://doi.org/10.30470/ashc.2026.742848

between the two cultivars, with the cracking-resistant cultivar exhibiting higher values for these traits compared to the susceptible one. Peel thickness (0.56 mm) was significantly greater in 'Malas Toshkan' (cracking-resistant) than in the susceptible cultivar 'Zard Toshkan' (cracking-susceptible). Crown diameter (2.03 cm) and crown length (3.04 cm) were also significantly higher in the resistant cultivar compared to the susceptible one. However, crown opening was greater in the susceptible cultivar than in the resistant cultivar. Fruit weight, fruit length, and fruit diameter were significantly higher in the cracking-resistant cultivar ('Malas Toshkan') compared to the susceptible cultivar ('Zard Toshkan'). Leaf length and leaf width were also significantly greater in the cracking-resistant cultivar (than in the susceptible one. Regarding fruit biochemical composition, the results indicated that ascorbic acid content, total soluble solids (TSS), and titratable acidity were significantly higher in the cracking-resistant cultivar compared to the susceptible one.

Conclusions

The overall findings of this study demonstrated that pomegranate fruit cracking is associated with numerous morpho-physiological characteristics of leaves and fruits. The percentage of fruit cracking decreased with increasing parameters such as peel thickness, fruit length, fruit diameter, fruit weight, fresh leaf weight, dry leaf weight, leaf moisture content, leaf chlorophyll content, fresh peel weight, dry peel weight, peel moisture content, seed length, seed diameter, seed moisture content, 100-seed weight, crown length, crown diameter, ascorbic acid content, titratable acidity, and total soluble solids (TSS). In contrast, fruit cracking increased with increasing fruit pH, crown opening, leaf dry matter content, peel dry matter content, and seed dry matter content. A comprehensive understanding of these factors can facilitate further studies aimed at controlling this disorder. Moreover, the identification of cracking-resistant cultivars can promote their cultivation and utilization in breeding programs to develop new cultivars with enhanced resistance to fruit cracking.

Keywords: Ascorbic acid, Fruit cracking, Peel thickness, Pomegranate.

نشریه تنش‌های غیر زیستی در محصولات باغبانی
https://jabssh.znu.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱، شماره ۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۵، ص. ۸۵ – ۹۴

ارزیابی برخی صفات مورفو-فیزیولوژیکی برگ و میوه در دو رقم انار حساس و متحمل به ترکیدگی تحت شرایط تنش غیرزیستی

نسرین شیراوند، جواد عرفانی‌مقدم*، اورنگ خادمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۵/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۰۹

چکیده

انار (*Punica granatum* L.) یکی از مهم‌ترین درختان میوه نیمه¬گرمسیری در ایران است؛ اما ترک¬خوردگی میوه مسئله‌ای جدی در تولید انار است. هدف از این تحقیق، ارزیابی برخی خصوصیات مورفو-فیزیولوژیکی برگ و میوه در دو رقم انار زرد تشکن (حساس به ترکیدگی) و ملس تشکن (متحمل به ترکیدگی) بود. این آزمایش در باغی تجاری در منطقه خرم¬آباد از استان لرستان انتخاب شد و در قالب طرح بلوک¬های کامل تصادفی در ۳ تکرار صورت گرفت. خصوصیات مهم رویشی و فیزیولوژیکی برگ و میوه اندازه¬گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد تفاوت معنی¬داری بین دو رقم در اکثر صفات مورد ارزیابی وجود دارد. نتایج نشان داد در رقم مقاوم ملس تشکن مقادیر ضخامت پوست میوه (۰/۵۶ میلی¬متر)، طول میوه (۷/۰۲ سانتی¬متر)، قطر میوه (۷/۱۷ سانتی¬متر)، وزن میوه (۲۱۷/۱ گرم)، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، درصد رطوبت برگ (۵۷/۵۴٪)، مقدار کلروفیل برگ (۲۸/۷۶ µg/ml)، وزن تر پوست، وزن خشک پوست، درصد رطوبت پوست میوه (۵۷/۰۸٪)، طول دانه، قطر دانه، درصد رطوبت دانه، وزن صد دانه، طول تاج، قطر تاج، اسید آسکوربیک (۸۳/۳۲٪)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) و مواد جامد محلول (TSS) بیشتر بود؛ ولی برخی شاخص¬ها، مانند pH عصاره میوه، میزان باز بودن تاج میوه، مقدار ماده خشک برگ، مقدار ماده خشک پوست میوه و مقدار ماده خشک دانه، در رقم حساس زرد تشکن بالاتر بودند. در نهایت، شناسایی و پایش این صفات می‌تواند به‌عنوان نشانگرهای کارآمد در برنامه‌های اصلاحی برای توسعه و معرفی ارقام مقاوم به ترکیدگی در انار مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: اسانس، تنش غیرزنده، گلوتاتیون، گیاه دارویی، محلول‌پاشی.

مقدمه

انار (*Punica granatum* L.) یکی از مهم‌ترین درختچه‌های میوه است که بیش از ۷ هزار سال است در ایران مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (Chater *et al.*, 2021). ایران به‌عنوان کانون جهانی تنوع زیستی انار، غنی‌ترین ژرم‌پلاسم انواع کشت‌شده و وحشی این میوه را در اختیار دارد (Zarei and Sahraroo, 2018). انار یکی از مهم‌ترین محصولات باغی کشور ایران است که سطح زیرکشت آن به علل سازگاری با شرایط متفاوت آب‌وهوایی، قابل کشت بودن در خاک‌های سنگین تا سبک، تحمل شوری آب، خشکی و تنوع ژنتیکی بالا، در حال افزایش است. حدود ۹۳ هزار هکتار از اراضی ایران که عمدتاً در مرزهای بیابانی واقع شده‌اند، به تولید تجاری انار اختصاص یافته‌اند و سالانه یک میلیون و سیصد و پنجاه هزار تن انار در این کشور تولید می‌شود (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۴۰۳). با این حال، ترکیدگی میوه انار یکی از مهم‌ترین عوارض فیزیولوژیکی و خسارت‌زا در تمام مناطق انارکاری کشور و دنیا محسوب می‌شود و یکی از مشکلات مهم انار است؛ به‌طوری که یکی از موانع کشت انار است. شکافی که در پوست میوه در اثر ترکیدگی ایجاد می‌گردد، باعث گسترش بیماری‌های قارچی در میوه می‌شود و خسارت آفات، ازجمله کرم گلوگاه را افزایش می‌دهد (Abubakar *et al.* 2013). این عارضه ممکن است روی درخت یا پس از برداشت در اثر عواملی مانند فشار ایجاد شود. میوه‌های ترک‌خورده ارزش خود را برای بازار تازه‌خوری از دست می‌دهند و در صورتی که توسط قارچ‌ها آلوده نشده باشند، از آن‌ها برای فراوری استفاده می‌کنند. دلایل متعددی در ارتباط با این عارضه فیزیولوژیک عنوان شده است که ازجمله می‌توان به نامنظم بودن دور آبیاری، بارندگی بی‌موقع، نوع رقم، تغییرات درجه حرارت در شبانه‌روز، بادهای شدید گرم و سوزان، سرمای زودرس پاییزه، کمبود برخی از عناصر مانند بور، روی و کلسیم، بافت و جنس خاک، هرس نامناسب، خسارت برخی از آفات مکنده، به‌ویژه کنه‌ها و شته‌ها، اشاره کرد (Holland *et al.*, 2009; Abubakar *et al.* 2013). در گزارشی، ترکیدگی میوه انار به‌طور معنی‌داری با آبیاری منظم، به‌خصوص با آبیاری قطره‌ای، کاهش یافته است (Prasad *et al.* 2003). با این حال، مشخص شده است بارندگی در زمان بلوغ میوه بعد از یک دوره خشکی باعث تسریع در ترکیدگی میوه می‌شود. علت این امر به خاطر عدم تعادل رطوبت در بخش‌های مختلف میوه انار است؛ به‌طوری که دوره‌های خشکی باعث سخت شدن پوست میوه می‌شوند و در صورتی که بعد از این دوره، درخت آبیاری گردد و یا بارندگی اتفاق بیفتد، باعث رشد و نمو سریع بخش‌های داخلی میوه و ترکیدگی پوست میوه خواهد شد؛ بنابراین، ترکیدگی میوه مسئله‌ای اساسی در مناطقی است که در زمان رسیدن میوه، بارندگی وجود دارد (Holland *et al.*, 2009; El-Rhman, 2010). گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد ترکیدگی میوه در میوه‌های به‌دست‌آمده از مرحله آخر گل‌دهی، در انار بیشتر است (Mohamed, 2004).

در پژوهشی، خصوصیات شیمیایی پوست میوه انار در ارتباط با ترکیدگی میوه بررسی شد و نتایج نشان داد که مقاومت به ترکیدگی، ناشی از تفاوت در برخی از خصوصیات فیزیکی و به‌خصوص در بافت میوه است (Açar *et al.* 2021; Saei *et al.* 2014). برخی از خصوصیات مورفولوژیکی میوه انار، ازجمله ضخامت لایه کوتیکولی و تعداد لایه اپیدرمی، شکل و اندازه میوه، در مقاومت یا حساسیت میوه به ترکیدگی مؤثر هستند (Bargel and Neinhuis, 2005). با وجود تحقیقات گسترده درمورد ترکیدگی میوه در محصولاتی مانند گوجه‌فرنگی (Matas *et al.*, 2004) و گیلاس (Lane *et al.*, 2000)، دانش ما درمورد مکانیسم‌های بیوفیزیکی و صفات مورفولوژیکی مؤثر بر مقاومت یا حساسیت به ترکیدگی در انار همچنان محدود است (Saei *et al.*, 2014). برخی مطالعات به نقش ویژگی‌های پوست، نظیر ضخامت پوست (Bargel and Neinhuis, 2005)، ترکیبات دیواره سلولی مانند پکتین و پیوندهای کلسیمی (Cybulska *et al.*, 2011; Hepler, 2005) و خصوصیات بیومکانیکی نظیر کشش‌پذیری و سفتی اشاره کرده‌اند (Saei *et al.*, 2014). با این حال، گزارش‌های ضد و نقیضی درمورد اهمیت ضخامت پوست در مقاومت به ترکیدگی وجود دارد؛ به‌طوری که برخی محققان ضخامت را عامل تعیین‌کننده ندانسته‌اند و نقش ویژگی‌های بیومکانیکی و ترکیبات شیمیایی پوست را پررنگ‌تر می‌دانند (Saei *et al.*, 2014; Lane *et al.*, 2000).

همچنین تفاوت معنی‌داری در میزان ترک‌خوردگی میوه در درختان انار با سنین مختلف درخت مشاهده شد؛ به‌طوری که میزان ترک‌خوردگی میوه به‌وضوح همراه با افزایش سن درخت افزایش یافته است (Yuan *et al*, 2010). عوامل ژنتیکی نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در حساسیت یا مقاومت به ترکیدگی

دارند؛ به‌طوری که برخی ارقام انار به‌طور طبیعی مقاوم‌تر از سایرین هستند (Khadivi-Khub, 2015)؛ علاوه بر این، مطالعات نشان داده است که ارقام با بافت نرم دانه (نرم‌استخوانی) به دلیل میزان کمتر لیگنین در دیواره سلولی، حساسیت بیشتری به ترکیدگی دارند (Zarei *et al*., 2013; Sarkhosh *et al*., 2011; Zhang *et al*., 2020). گزارش‌های کمی وجود دارد که محلول‌پاشی درختان انار با اسیدجیبرلیک با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه بنزیل آدنین با غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش ترکیدگی میوه انار شده است (Mohamed, 2004). اسیدجیبرلیک با افزایش تقسیم سلولی و انعطاف‌پذیری پوست میوه، منجر به کاهش ترکیدگی میوه می‌گردد (Ozturk *et al*., 2018; Rouhi and Esmaeilzadeh, 2013). محلول‌پاشی با اسید جیبرلیک علاوه بر کاهش ترکیدگی میوه انار، باعث افزایش وزن میوه نیز می‌شود (El-Mahdy *et al*., 2010).

ترکیدگی میوه انار یکی از عوامل مؤثر در کاهش کیفیت آن محسوب می‌شود و سالانه باعث خسارات اقتصادی قابل توجهی می‌گردد. این پژوهش به‌منظور بررسی رابطه بین ترکیدگی میوه انار با برخی از خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی میوه و برگ در دو رقم ملس تشکن و زرد تشکن بررسی گردید. ارزیابی علل ترکیدگی در میوه می‌تواند از راهکارهای مؤثر در شناسایی ژرم‌پلاسم‌های مقاوم به ترکیدگی میوه انار و گسترش کشت و کار آن‌ها باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یکی از باغستان‌های انار ۱۱ ساله منطقه چگنی خرم‌آباد در استان لرستان به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. دو رقم انار ملس تشکن (نسبتاً مقاوم به ترکیدگی) و زرد تشکن (نسبتاً حساس به ترکیدگی)، از باغی تجاری با شرایط آبیاری یکسان در منطقه چگنی انتخاب شدند (شکل ۱). درختان انار با فاصله ۵ در ۵ متر در زمینی با بافت شنی لومی کشت شده بودند و آبیاری به شکل غرقابی با فاصله زمانی ۱۰ روز یک‌بار و در هر دوره آبیاری به میزان تقریبی ۲۵۰ لیتر برای هر درخت صورت گرفت. برای هر رقم سه بلوک و سه درخت در هر واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و تعدادی از گل‌های مربوط به سری اول گل‌دهی درخت به‌منظور برداشت در زمان رسیدن نشانه‌گذاری شدند. این عملیات به‌منظور تفکیک و شناسایی گل‌های اولیه انار از گل‌های سری دوم و سوم گل‌دهی انجام گردید. در زمان رسیدن، از هر درخت مورد مطالعه ۴۰ عدد برگ و ۱۵ میوه حاصل از گل‌هایی که نشانه‌گذاری شده بودند، به‌صورت تصادفی برداشت و از نظر خصوصیات مورفولوژی و فیزیکوشیمیایی بررسی شد.

در این پژوهش برخی از صفات برگ و میوه، ازجمله درصد رطوبت برگ، مقدار ماده خشک برگ، درصد رطوبت پوست میوه، مقدار ماده خشک پوست میوه، درصد رطوبت دانه، مقدار ماده خشک دانه، ضخامت پوست میوه، وزن میوه، وزن صد دانه، طول میوه، قطر میوه، طول تاج میوه، قطر تاج میوه، طول دانه، قطر دانه، طول برگ، عرض برگ، کلروفیل برگ، بزرگی تاج میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، pH عصاره میوه، مواد جامد محلول (TSS) و ویتامین ث در میوه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری صفات مربوط به درصد رطوبت و ماده خشک برگ، میوه و دانه، بعد از ثبت وزن اولیه، مقداری از بافت آن‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و درصد رطوبت و ماده خشک برگ ثبت گردید. اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل با استفاده از دستگاه رفرکتومتر در شرایط آزمایشگاه انجام شد. کلیه اندازه‌گیری‌های مربوط به وزن برگ، میوه و دانه با استفاده از ترازوی دقیق الکترونیکی با دقت یک‌صدم گرم انجام شد. کلیه صفات مربوط به ابعاد میوه، دانه و برگ با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. اسیدیته قابل تیتراسیون به روش تیتراسیون و pH عصاره با pH متر و ویتامین ث با استفاده از روش تیتراسیون با یدور پتاسیم اندازه‌گیری شد (Mussa & El-Sharaa, 2014). برای اندازه‌گیری کلروفیل کل برگ از دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD 502 PLUS) استفاده و این صفت در سه مرحله در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور ثبت گردید و میانگین سه دوره به‌عنوان کلروفیل کل برگ ثبت شد.

تجزیه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.



شکل ۱. ارقام انار زرد تشکن (راست) و ملس تشکن (چپ)

Fig 1. Pomegranate cultivars: 'Zard Toshkan' (right) and 'Malas Toshkan' (left)

نتایج و بحث

نتایج این پژوهش نشان داد تفاوت معنی‌داری در بیشتر صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد (جدول ۱). تفاوت معنی‌داری در مقدار رطوبت برگ و پوست میوه بین دو رقم وجود داشت؛ به‌طوری که مقدار این صفت در رقم مقاوم به ترکیدگی (۵۸/۰۷ درصد) از رقم حساس به ترکیدگی (۵۱/۴۷ درصد) بیشتر بود. بالا بودن درصد رطوبت پوست میوه در رقم ملس تشکن یکی از علل مهم برای مقاومت میوه این رقم در برابر ترکیدگی است. افزایش رطوبت در پوست میوه یکی از عوامل مهم در افزایش رشد سلولی در گیاه است. کمبود رطوبت باعث کاهش سنتز پروتئین یا سنتز دیواره سلولی و بزرگ شدن سلول می‌شود. در شرایط کمبود رطوبت، فعالیت غالب آنزیم‌ها کاهش می‌یابد؛ در صورتی که این شرایط، فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده دیواره‌های سلولی را افزایش می‌دهد. نتایج برخی گزارش‌ها نشان داد با افزایش مقدار رطوبت میوه، مقاومت به ترکیدگی بیشتر می‌گردد (Hosein-Beigi *et al.*, 2019). مطالعات انجام‌شده توسط هپاسکوی و همکاران (Hepaksoy *et al.*, 2000) نشان داد مقاومت به ترکیدگی میوه انار در ارقامی که کارایی جذب آب بیشتری دارند، بیشتر است.

ضخامت پوست در رقم ملس تشکن (۰/۵۶ میلی‌متر) به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم حساس به ترکیدگی (۰/۲۹ میلی‌متر) بود. ضخامت پوست میوه در انواع ارقام انار متغیر است و حتی در داخل یک رقم، میوه‌های حاصل از گل‌های سری اول انار که معمولاً میوه‌های بزرگ‌تری تولید می‌کنند، دارای ضخامت پوست بیشتری هستند. میوه‌های دارای پوست ضخیم از لحاظ انبارداری بسیار مناسب‌تر از میوه‌های پوست نازک هستند. در مناطقی که در زمان برداشت انار، بارندگی پاییزه و یا سرمای زودرس پاییزه وجود دارد، با توجه به خسارت ترکیدگی انار، کاشت ارقام انار که دارای پوست ضخیم‌تری هستند، ترجیح داده می‌شود. عارضه ترکیدگی در مناطقی که دارای بارندگی پاییزه یا سرمای زودرس پاییزه است، یکی از مشکلات اساسی انارهایی است که میوه آن‌ها دارای پوست نازک است. ارقام انار دارای میوه ضخیم‌تر، از نظر آفات و امراض نسبت به ارقام انار دارای پوست نازک، مقاوم‌تر هستند (Sepehvand, 2013). نتایج گزارش‌ها نشان داد میوه ارقامی از انار که دارای پوست نازک‌تر باشند، در اثر کوچک‌ترین تغییر در تعادل حرارت و رطوبت دچار عارضه ترکیدگی می‌شوند؛ ولی میوه ارقامی از انار که دارای پوست ضخیم‌تر باشند، نسبت به تغییرات دما و رطوبت محیط حساسیت کمتری دارند (Ranjbar *et al.*, 2004). قطر تاج و طول تاج در رقم ملس تشکن، به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم زرد تشکن بود؛ اما میزان باز بودن تاج در رقم حساس زرد تشکن بیشتر از رقم مقاوم ملس تشکن بود. قطر و طول تاج در رقم ملس تشکن به‌ترتیب ۲/۰۳ و ۳/۰۴ سانتی‌متر ثبت گردید، در حالی که در رقم

زرد تشکن به میزان ۱/۷۸ و ۱/۴۷ سانتی‌متر برآورد شد. تاج انار در ارقام مختلف از نظر قطر گلو، طول تاج و بزرگی تاج و حالت کاسبرگ‌ها از نظر بسته تا باز بودن متفاوت است. بر اساس مشاهدات، ارقامی که دارای پوست ضخیم‌تری هستند، معمولاً تاج یا کاسبرگ‌ها شکل بسته‌تری دارند و در میوه ارقامی که دارای پوست نازک‌تری هستند، شکل تاج آن بازتر می‌گردد (Sarkhosh *et al*., 2007).

یکی از مشخصه‌های بارز درمورد عارضه ترکیدگی که مورد توجه است، باریکی گلوی انار است و معمولاً انارهایی که میوه آن‌ها دارای گلوی باریک باشد، دارای پوست نازک‌تری هستند. علاوه بر رقم، اندازه میوه (قطر میوه) نیز با قطر گلو رابطه دارد و میوه‌های درشت‌تر، دارای قطر گلوی بیشتری هستند (Sepehvand, 2013). بر اساس نتایج پژوهش‌های قبلی، مشخص شده است که بین قطر گلو با قطر میوه و ضخامت پوست میوه، رابطه وجود دارد و میوه-های درشت‌تر دارای ضخامت پوست بیشتری هستند (Sepehvand, 2013). بر اساس این گزارش‌ها، هرچه قطر گلو و طول تاج بیشتر و باز بودن تاج کمتر باشد، ضخامت پوست میوه بیشتر است و هرچه ضخامت پوست میوه بیشتر باشد، خسارت عارضه ترکیدگی کمتر می‌شود. همچنین میوه‌هایی که دارای تاج بسته‌تری باشند، ورود آفات به داخل میوه کمتر و به دنبال آن، عارضه ترکیدگی کاهش می‌یابد. وزن، طول میوه و قطر میوه در رقم مقاوم به ترکیدگی ملس تشکن (به‌ترتیب ۲۱۷/۱ گرم، ۷/۰۲ و ۷/۱۷ سانتی‌متر)، بیشتر از رقم حساس به ترکیدگی زرد تشکن (به‌ترتیب ۱۴۵/۷ گرم، ۵/۹۳ و ۴/۴۵ گرم) بود. نتایج گزارش‌های دیگر هم نشان داده است که عارضه ترکیدگی میوه، در میوه‌های کوچک‌تر بیشتر از میوه‌های درشت است (Saad, 1988). افزایش تقسیم سلولی در گل‌های سری اول میوه انار که دارای تخمدان بزرگ‌تری هستند، شاید یکی از علل افزایش مقاومت به ترکیدگی در میوه‌های بزرگ‌تر باشد. نتایج نشان می‌دهد خاصیت الاستیسیته و رشد دیواره سلولی در میوه ارقامی که دارای پوست ضخیم‌تری هستند، نسبت به ارقامی که ضخامت پوست میوه در آن‌ها کمتر است، بیشتر بوده و مقاومت دیواره سلولی و سطح پوست میوه آن بالاتر و در برابر فشار و کشش بیشتر است. این خاصیت باعث افزایش مقاومت میوه در برابر ترکیدگی می‌شود.

طول و عرض برگ در رقم ملس تشکن (به‌ترتیب ۱۰/۱۷ و ۲/۵۵ سانتی‌متر) که مقاوم به ترکیدگی بود، به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم حساس به ترکیدگی زرد تشکن (به‌ترتیب ۷/۰۴ و ۱/۵۸ سانتی‌متر) ثبت گردید. افزایش در مساحت برگ باعث افزایش بیشتر فتوسنتز و در نتیجه، ذخیره‌سازی بیشتر در گیاه می‌گردد که می‌تواند باعث رشد و نمو بهتر میوه شود. نتایج این پژوهش نشان داد طول دانه، قطر دانه، وزن صد دانه و درصد رطوبت دانه در رقم مقاوم به ترکیدگی ملس تشکن بیشتر از رقم حساس به ترکیدگی زرد تشکن است. نتایج مربوط به ترکیبات بیوشیمیایی میوه نشان داد مقدار اسید آسکوربیک، درصد مواد جامد محلول و درصد اسید قابل تیتر در رقم مقاوم به ترکیدگی (ملس تشکن) بیشتر از رقم حساس (زرد تشکن) بوده است (جدول ۲). افزایش مواد جامد محلول در میوه باعث منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی میوه می‌شود که ورود آب به داخل میوه را تسهیل می‌کند و در کنترل ترکیدگی مؤثر است. نتایج مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در دو رقم انار زرد تشکن در جدول ۲ آمده است. نتایج به‌دست‌آمده در چند رقم انار نشان داد عارضه ترکیدگی میوه با کاهش درصد مواد جامد محلول، کاهش اسید و افزایش درصد ماده خشک میوه، بیشتر می‌شود (Hepaksoy *et al*., 2000).

در گزارشی، محلول‌پاشی اسید جیبرلیک، نفتالن اسید استیک، CPPU، عنصر بور و کلسیم در درختان انار نشان داد استفاده از ترکیبات فوق باعث کاهش ترکیدگی میوه، افزایش اندازه میوه و افزایش آب میوه شده است. همچنین محلول‌پاشی با این ترکیبات باعث افزایش مواد جامد محلول و درصد اسید شده است (Sharma and Belsare, 2011). ترک‌خوردگی ممکن است توسط یک‌سری عوامل ژنتیکی کنترل شود؛ به‌طوری که برخی از ارقام به ترک‌خوردگی حساس و برخی مقاوم هستند. در میوه گوجه‌فرنگی، ژن‌های عامل ترک‌خوردگی را شناسایی کردند و مشخص شد ترکیدگی میوه گوجه‌فرنگی از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود (Peet and Willits, 1995)

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس برخی صفات مورفو-فیزیولوژیکی برگ و میوه در دو رقم انار ملس تشکن (مقاوم به ترکیدگی) و زرد تشکن (حساس به ترکیدگی)

Table 1. Results of analysis of variance for some morpho-physiological leaf and fruit traits in two pomegranate cultivars: 'Malas Toshkan' (cracking-resistant) and 'Zard Toshkan' (cracking-susceptible)

Source of variation	df	Leaf width	Leaf length	Peel thickness	Peel dry matter	Peel moisture	Leaf dry matter	Leaf moisture	Vitamin C	pH	Titratable acidity	TSS
Block	2	0.003^{ns}	0.36^{ns}	0.005^{ns}	8.2^{ns}	8.2^{ns}	8.09^{ns}	8.09^{ns}	56.44^{ns}	0.001^{ns}	0.03^{ns}	0.13^{ns}
Cultivar	1	4.23^{**}	32.6^{**}	0.33^{**}	196.4^{**}	196.4^{**}	143.7^{**}	143.7^{**}	0.28^{**}	0.28^{**}	27.38^{**}	9.53^{**}
Error	16	0.004	0.30	0.002	4.67	4.67	7.39	7.39	0.002	0.002	0.07	0.12
CV%	-	3.07	6.26	12.56	3.94	3.94	6.00	4.96	1.71	1.71	3.33	2.20

ns، * و **: به‌ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns , *, **: Non significantly difference, significantly difference at 5% and 1% of probability level, respectively.

ادامه جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس برخی صفات مورفو-فیزیولوژیکی برگ و میوه در دو رقم انار ملس تشکن (مقاوم به ترکیدگی) و زرد تشکن (حساس به ترکیدگی)

Continue table 1. Results of analysis of variance for some morpho-physiological leaf and fruit traits in two pomegranate cultivars: 'Malas Toshkan' (cracking-resistant) and 'Zard Toshkan' (cracking-susceptible)

Source of variation	df	Leaf chlorophyll	100-seed weight	Seed dry matter	Seed moisture	100-seed weight	Seed diameter	Seed length	Fruit crown opening	Fruit crown diameter	Fruit crown length	Fruit diameter	Fruit length	Fruit weight
Block	2	10.26^{ns}	27.48^{ns}	0.44^{ns}	0.44^{ns}	27.48^{ns}	0.003^{ns}	0.002^{ns}	0.008^{ns}	0.004^{ns}	0.05^{ns}	0.04^{ns}	0.08^{ns}	3996^{ns}
Cultivar	1	304^{**}	1500^{**}	29.26^{**}	29.26^{**}	1500^{**}	1.95^{**}	2.25^{**}	17.74^{**}	0.25^{**}	11.12^{**}	2.35^{**}	5.34^{**}	5688^{**}
Error	16	6.33	21.97	1.18	1.18	21.97	0.00	0.002	0.01	0.006	0.05	0.07	0.07	891
CV%	-	11.44	16.95	1.24	1.24	16.95	2.33	5.46	5.08	4.13	9.97	3.94	4.62	10.4

ns، * و **: به‌ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns , *, **: Non significantly difference, significantly difference at 5% and 1% of probability level, respectively

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در دو رقم انار زرد تشکن (حساس به ترکیدگی) و ملس تشکن (مقاوم به ترکیدگی)

Table 2. Results of mean comparison of evaluated traits in two pomegranate cultivars: 'Zard Toshkan' (cracking-susceptible) and 'Malas Toshkan' (cracking-resistant)

Trait*	Zard Toshkan	Malas Toshkan	Trait*	Zard Toshkan	Malas Toshkan
Fruit weight (g)	145.7 b	217.1 a	Fruit crown length (cm)	1.47 b	3.04 a
Fruit length (cm)	5.93 b	7.02 a	Fruit crown opening (cm)	3.29 a	1.13 b
Fruit diameter (cm)	4.45 a	7.17 b	100-seed weight (g)	18.52 b	36.87 a
Peel moisture (%)	51.47 b	58.07 a	Seed diameter (cm)	0.60 b	1.06 a
Peel dry matter (%)	52.48 a	41.92 b	Seed length (cm)	0.91 b	1.30 a
Peel thickness (mm)	0.29 b	0.56 a	Seed moisture (%)	66.40 b	88.95 a
Leaf dry matter (%)	48.10 a	42.45 b	Seed dry matter (%)	13.59 a	11.04 b
Leaf moisture (%)	51.89 b	57.54 a	Total soluble solids (Brix˚)	15.38 b	16.84 a
Leaf length (cm)	7.04 b	10.17 a	Vitamin C (%)	18.94 b	32.83 a
Leaf width (cm)	1.58 b	2.55 a	pH	3.29 a	3.04 b
Leaf chlorophyll (µg/ml)	18.23 b	28.76 a	Titratable acidity (%)	1.33 b	1.85 a
Fruit crown diameter (cm)	1.78 b	2.03 a			

میانگین‌های هر ردیف که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means followed by similar letters in each row are not significantly different at 5% probablity level using Duncan,s Multiple Range Test.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج کلی به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان داد که دو رقم انار دارای ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیکی متفاوتی در برگ و میوه بودند. نتایج نشان داد مقادیر ضخامت پوست، طول میوه، قطر میوه، وزن میوه، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، درصد رطوبت برگ، مقدار کلروفیل برگ، وزن تر پوست، وزن خشک پوست، درصد رطوبت پوست، طول دانه، قطر دانه، درصد رطوبت دانه، وزن صد دانه، طول تاج، قطر تاج، اسید آسکوربیک، اسیدیته قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول، در رقم ملس تشکن بیشتر بود؛ ولی برخی شاخص‌ها مانند pH عصاره میوه، میزان باز بودن تاج میوه، مقدار ماده خشک برگ، مقدار ماده خشک پوست میوه و مقدار ماده خشک دانه، در رقم حساس زرد تشکن بالاتر بود. در نهایت، با شناسایی کامل این عوامل می‌توان مطالعات کامل‌تری برای کنترل این عارضه انجام داد و یا با شناسایی ارقام مقاوم به ترکیدگی میوه می‌توان کشت و کار آن‌ها را گسترش داد و یا از آن‌ها در برنامه اصلاح این محصول برای دستیابی به ارقام مقاوم به ترکیدگی استفاده نمود.

سپاسگزاری

هزینه‌های این پژوهش از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه ایلام تأمین شده است که نگارندگان مراتب قدردانی خود را ابراز می‌دارند.

References

Abubakar, A. R., Ashraf, N. and Ashraf, M., 2013. Effect of plant biostimulants on fruit cracking and quality attributes of pomegranate cv. Kandhari kabuli. Scientific Research and Essays. 8, 2171-2175. https://doi.org/10.5897/SRE2013.5702

Açar, E., Cengiz, M., Kaçar, Y. A. and Özgüven, A. I., 2021. Determination of fruit cracking rates in some pomegranate (*Punica granatum* L.) genotypes growed non-irrigated conditions. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology. 9, 2635-2640. https://doi.org/10.24925/turjaf.v9isp.2635-2640.4862

Bargel, H. and Neinhuis, C., 2005. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit growth and ripening as related to the biomechanical properties of fruit skin and isolated cuticle. Journal of Experimental Botany. 56, 1049–1060. https://doi.org/10.1093/jxb/eri098.

Chater, J. M., Yavari, A., Sarkhosh, A., Jia, Z., Merhaut, D. J., Preece, J. E., and Hou, L., 2021. World pomegranate cultivars. In The pomegranate: botany, production and uses (pp. 157-195). Wallingford UK: CAB International. https://doi.org/10.1079/9781789240764.0157

Cybulska, J., Zdunek, A. and Konstankiewicz, K. 2011. Calcium effect on mechanical properties of model cell walls and apple tissue. Journal of Food Engineering. 102(3), 217-223. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.08.019

El-Mahdy, T. K., Mohamed, A. K. and Mohamed, N. I., 2010. Effect of flower thinning and spraying with gibberellic acid and ethephon on yield and fruit quality of manfalouty pomegranate cultivar. Assiut Journal of Agricultural Sciences. 40, 69-91. https://doi.org/10.21608/ajas.2009.268800

El-Rhman, I. A., 2010. Physiological studies on cracking phenomena of pomegranates. Journal of Applied Sciences Research. 6, 696-703.

Hepaksoy, S., Aksoy, U., Can, H. Z. and Ui, M. A., 2000. Determination of relationship between fruit cracking and some physiological responses, leaf characteristics and nutritional status of some pomegranate varieties. Ciheam - Options Mediterraneennes. 42, 81-86.

Hepler, P. K. 2005. Calcium: A central regulator of plant growth and development. The Plant Cell Online. 17(8), 2142-2155. https://doi.org/10.1105/tpc.105.032508

Holland, D., Hatib, K. and Bar-Yaakov, I., 2009. Pomegranate: Botany, Horticulture, Breeding. Horticultural Reviews. 35, 127-191. https://doi.org/10.1002/9780470593776.ch2

Hosein-Beigi, M., Zarei, A., Rostaminia, M., and Erfani-Moghadam, J., 2019. Positive effects of foliar application of Ca, B and GA3 on the qualitative and quantitative traits of pomegranate (*Punica granatum* L.) cv.'Malase-Torshe-Saveh'. Scientia Horticulturae. 254, 40-47. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.081

Khadivi-Khub, A. 2015. Physiological and genetic factors influencing fruit cracking. Acta Physiologiae Plantarum. 37(1), 1718. https://doi.org/10.1007/s11738-014-1718-2

Lane, W., Meheriuk, M. and McKenzie, D. L. 2000. Fruit cracking of a susceptible, an intermediate, and a resistant sweet cherry cultivar. HortScience. 35(2), 239-242.. https://doi.org/10.21273/hortsci.35.2.239

Matas, A. J., Cobb, E. D., Paolillo Jr., D. J. and Niklas, K. J. 2004. Crack resistance in cherry tomato fruit correlates with cuticular membrane thickness. HortScience. 39(6), 1354-1358.

Mohamed, A. K. A., 2004. Effect of gibberellic acid (GA3) and benzyladinine (BA) on splitting and quality of Manfalouty fruits. Assiut Journal of Agricultural Sciences. 35, 11–21.

Mussa, S. B. and El-Sharaa, I., 2014. Analysis of Vitamin C (ascorbic acid) Contents packed fruit juice by

UV-spectrophotometry and Redox Titration Methods. Journal of Applied Physics. 6, 46-52. https://doi.org/10.9790/4861-06524652

Ozturk, B., Bektas, E., Aglar, E., Karakaya, O. and Gun, S., 2018. Cracking and quality attributes of jujube fruits as affected by covering and pre-harvest Parka and GA3 treatments. Scientia Horticulturae. 240, 65-71. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.004

Peet, M. M. and Willits, D. H., 1995. Role of excess water in tomato fruit cracking. HortScience. 30, 65-68. https://doi.org/10.21273/hortsci.30.1.65

Prasad, R. N., Bankar, G. J. and Vashishtha, B. B., 2003. Effect of drip irrigation on growth, yield and quality of pomegranate in arid region. Indian Journal of Horticulture. 60, 140–142.

Ranjbar, V., Asadi, Y., Hosseininia, M., and Behzadi Shahrebabaki, H., 2004. Pomegranate Guide: Cultivation, Maintenance, and Harvesting. Agricultural Education Publishing, Iran. [In Persian with English summary]

Rouhi, V. and Esmaeilzadeh, A., 2013. Effect of gibberellin concentrations and spraying time on cracking of pomegranate fruit (*Punica granatum* L.) cv. "Malas Esfahan". Journal of Horticultural Sciences. 27, 310-317. [In Persian with English summary]. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.26388

Saad, F. A., 1988. Studied on the phenomenal cracking of pomegranate (*Punica granatum*) cv Taifi fruits in Saudi Arabia. Part1. general study of fruit growth and cracking occurrence. Alexandria Journal of Agricultural Research. 33, 127-135.

Saei, H., Sharifani, M. M., Dehghani, A., Seifi, E. Akbarpour, V. 2014. Description of biomechanical forces and physiological parameters of fruit cracking in pomegranate. Scientia Horticulturae. 178, 224-230. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.09.005

Sarkhosh, A., Zamani, Z., Fatahi Moghaddam, M. R., Ebadi, A., Saie, A., Tabatabaie, S. Z., Akrami, M.R., 2007. Study on Relationships among Fruit Quantitative and Qualitative Characteristics of Some Pomegranate Genotypes. Journal of Water and Soil Science. 10, 147-160. [In Persian with English summary]

Sarkhosh, A., Zamani, Z., Fatahi, R., Hassani, M. E., Wiedow, C., Buck, E. and Gardiner, S. E. 2011. Genetic diversity of Iranian soft-seed pomegranate genotypes as revealed by fluorescent-AFLP markers. Physiology and Molecular Biology of Plants. 17(3), 305-311. https://doi.org/10.1007/s12298-011-0070-x

Sepehvand, M., 2013. Evaluation of genetic diversity of some pomegranate genotypes in Lorestan province using morphological markers [Master's thesis, Lorestan University, Iran]. [In Persian with English summary]

Sharma, N. and Belsare, C., 2011. Effect of Plant Bio-Regulators and Nutrients on Fruit Cracking and Quality in Pomegranate (*Punica granatum* L.)'G-137'in Himachal Pradesh. Acta horticulturae. 890, 347. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.890.48

Yuan, Z. H., Yin, Y. L., Feng, L. J., Zhao, X. Q., Hou, L. F. and Zhang, Y. X., 2010. Evaluation of Pomegranate Bagging and Fruit Cracking in Shandong, China. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on the 940 (pp. 125-129). https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.940.15

Zarei, A. and Sahraroo, A., 2018. Molecular characterization of *Punica granatum* L. accessions from Fars province of Iran using microsatellite markers. Horticultural Environment and Biotechnology. 59, 239–249. https://doi.org/10.1007/s13580-018-0019-x

Zarei, A., Zamani, Z., Fatahi, R., Mousavi, A. and Salami, S. A. 2013. A mechanical method of determining seed-hardness in pomegranate. Journal of Crop Improvement. 27(4), 444-459. https://doi.org/10.1080/15427528.2013.790867

Zhang, X., Zhao, Y., Ren, Y., Wang, Y. and Yuan, Z. 2020. Fruit breeding in regard to color and seed hardness: A genomic view from pomegranate. Agronomy. 10 (7), 991. https://doi.org/10.3390/agronomy10070991