به زراعی کشاورزی
دوره ۲۲ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۹
صفحه‌های ۴۹۸-۴۸۷

ارزیابی برخی ویژگی‌های پومولوژیک و بیوشیمیایی ارقام ملس‌ترش و یوسف‌خانی انار در پاسخ به محلول‌پاشی کائولین

سید مرتضی زاهدی[۱*]، رحمت‌اله غلامی[۲]، مهدیه کریمی[۳]، حجت‌الله غلامی[۴]
۱. استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.
۲. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.
۳. کارشناس، بخش باغبانی، سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی، خنداب، ایران.
۴. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۱۲

چکیده
آفتاب‌سوختگی یکی از عوامل مهم محدودکننده تولید انار به‌ویژه در مناطق با تابستان گرم می‌باشد و ازآنجاکه کاربرد برون‌زای کائولین می‌تواند موجب افزایش تحمل به برخی تنش‌های محیطی از طریق بهبود مسیرهای متابولیک و افزایش فتوسنتز خالص شود، در این پژوهش اثر محلول‌پاشی کائولین بر برخی ویژگی‌های پومولوژیک و بیوشیمیایی ارقام تجاری انار در منطقه ریجاب واقع در غرب استان کرمانشاه به‌صورت آزمایش فاکتوریل شامل سه غلظت کائولین (صفر (آب مقطر)، سه و شش درصد) و دو رقم انار (ملس ترش و یوسف‌خانی) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در هر دو رقم تیمار کائولین در غلظت شش درصد سبب بهبود وزن میوه، طول و عرض آریل و میوه، وزن صد آریل و عملکرد گردید. هم‌چنین میوه‌های درختان انار هر دو رقم با تیمار کائولین در هر دو غلظت، به‌ویژه در غلظت شش درصد افزایش مواد جامد محلول، درصد آب میوه و فنل کل را نشان دادند. با وجود عکس‌العمل‌های متفاوت مورفولوژیک و بیوشیمیایی در دو رقم می‌توان با توجه به هدف و شرایط مختلف، از یکی از این رقم استفاده کرد. هم‌چنین تیمار کائولین در غلظت بالا، آفتاب‌سوختگی و ترک‌خوردگی میوه‌های انار را در هر دو رقم موردمطالعه به حداقل رساند و عملکرد در هکتار را افزایش داد که این تیمار می‌تواند به‌عنوان یک روش مناسب برای کاهش نابسامانی‌های فیزیولوژیک در مناطق پرورش انار از جمله منطقه ریجاب معرفی و مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: آفتاب سوختگی، دمای بالا، عملکرد، فنل کل، ملس ترش، منطقه ریجاب.

Evaluation of Some Pomological and Biochemical Characteristics in Malas Torsh and Yosef-Khani Pomegranate Cultivars in Response to Foliar Application of Kaolin

Seyed Morteza Zahedi[1*], Rahmatollah Gholami[2], Mahdieh Karimi[3], Hojattollah Gholami[4]
1. Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.
2. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran.
3. Expert, Horticultural sector, Ministry of Markazi Province Jihad-e-Agriculture, Khondab, Iran.
4. Former M.Sc. Student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
Received: December 15, 2019 Accepted: March 2, 2020

Abstract
Sunburn is one of the important factors, limiting pomegranate production, especially in regions with hot summers. Since exogenous application of kaolin can increase tolerance to some environmental stresses by improving metabolic pathways and increasing net photosynthesis, this paper studies the effect of kaolin spraying on some pomological and biochemical characteristics of commercial pomegranate cultivars in Rijab region (Kermanshah province). Accordingly, it carries out a factorial experiment, based on a RCBD, which is consisted of three concentrations of kaolin (i.e., 0 (distilled water), 3%, and 6%) as well as two pomegranate cultivars (Malas Torsh & Yosef-Khani) with three replications. Results show that in both cultivars, kaolin treatment at 6% concentration improves fruit weight, the length and width of aril and fruit, aril weight, and the yield. In addition, fruits of both pomegranate trees with kaolin treatment at both concentrations, especially at 6% concentration, show increased soluble solids, fruit juice, and total phenol content. Despite the different morphological and biochemical reactions in the two cultivars, one of the cultivars could be used in accordance to different purposes and conditions. In addition, a high concentration of kaolin reduces sunburn and cracking of pomegranate fruits in both cultivars, increasing yield per hectare. This treatment can serve as a suitable method to reduce physiological disorders in pomegranate growing areas such as Rijab region.

Keywords: High temperature, malas torsh, Rijab area, sunburn, total phenol, yield.

* نویسنده مسئول Email: s.m.zahedi@maragheh.ac.ir

۱. مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* L.، گیاهی است که امروزه در بسیاری از نقاط گرمسیری و نیمه‌گرمسیری دنیا کشت شده و دارای حدود ۵۰ رقم تجاری است (Jalili Moghaddam, 2015). برآورد تولید کلی انار در سال ۲۰۱۷ تقریباً بیش از سه و نیم میلیون تن در جهان می‌باشد که کشور ایران رکورد تولید بیش از یک میلیون تن در سال را دارد (FAO, 2017). مهم‌ترین ارقام تجاری کشور که بیش از ۹۵ درصد صادرات را شامل می‌شوند، عبارتند از ملس ساوه یا ملس ترش ساوه، ملس یوسف‌خانی ساوه، شیشه‌کپ، رباب، نادری، بجستانی که از مهم‌ترین ویژگی‌های این ارقام می‌توان به پوست قرمز و نسبتاً کلفت، دانه قرمز تا سیاه، مزه ملس، دیررسی و قابلیت حمل و نقل و صادرات بالا اشاره کرد (Mousavinejad *et al*., 2009). مشخص است که این ارقام تفاوت‌های اساسی در مقابل تنش‌ها داشته باشند.

کیفیت میوه انار به ویژگی‌های ظاهری و غذایی آن بستگی دارد که از جمله می‌توان به میزان ترکیبات فنلی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی اشاره نمود (Hmid *et al*., 2017). علاوه بر نوع رقم که اثرات متفاوتی بر ویژگی‌های کمی و کیفی انار دارد، شرایط نامساعد محیطی از جمله دمای بالا، موجب کاهش ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه، تجزیه آنتوسیانین‌ها و کاهش رنگ میوه می‌شود. این موضوع از لحاظ کیفیت غذایی میوه حائز اهمیت است زیرا باعث کاهش شدید ارزش غذایی انار می‌شود (Weerakkody *et al*., 2010). دمای مطلوب برای رشد درختان انار در بین ارقام مختلف متفاوت و ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است (Melgarejo *et al*., 2004). وجود دماهای بالای ۴۰ درجه سانتی‌گراد در مناطق پرورش انار باعث کاهش کیفیت میوه، عملکرد درخت و هم‌چنین سوختگی برگ‌ها و سرشاخه‌های جوان می‌شود (Roshan, 2007). به‌علت باردهی در جوانه‌های انتهایی و بارده‌نبودن جوانه‌های نیمه پایینی شاخه‌ها، سوختگی ناشی از نور در انار شدیدتر از سایر میوه‌ها است (Parashar Ansari, 2012). دمای بالا تنشی ایجاد می‌کند که سبب تولید گونه‌های فعال اکسیژن و تنش اکسیداتیو و آسیب به درختان می‌شود (Fawole & Opara, 2013).

از طرفی ترک‌خوردگی میوه یکی از مشکلات اساسی مناطق کشت و پرورش انار به‌ویژه در مناطق خشک جهان است که سبب خسارت‌های غیرقابل جبرانی به میوه‌های انار از نظر کاهش بازارپسندی و مستعدشدن به انواع بیماری‌های قارچی می‌شود (Singh *et al*., 2017). یکی از دلایل ترک‌خوردگی میوه انار، کم‌بودن رطوبت مناسب در پوست میوه است که همین عامل سبب خشک‌شدن پوست میوه و کاهش الاستیسیته پوست می‌گردد. به این ترتیب با آبیاری نامنظم یا بارندگی میوه به‌طور ناگهانی ترک خورده و آسیب می‌بینند. کائولین سبب نگهداری رطوبت میوه و جلوگیری از ترک‌خوردن آن می‌گردد (Ghanbarpour *et al*., 2019).

در سال‌های اخیر روش‌های مختلفی جهت جلوگیری از افت کیفیت میوه‌ها در شرایط دما و نور بالا استفاده شده است که یکی از آنها استفاده از کائولین و مشتقات آن و سایر مواد بازتابنده‌های نور خورشید در طول فصل رشد میوه است (Samra & Shalan, 2013; Hegazi *et al*., 2014). کائولین یک ماده معدنی سفید رنگ حاوی سیلیکات آلومینیوم و قابل حل در آب است و مهم‌ترین ویژگی آن داشتن خاصیت انکسار نور است که برای کاهش مؤثر آفتاب سوختگی و کاهش دما روی میوه‌های مختلف پیشنهاد شده است و در غلظت‌های مناسب اثر منفی بر عملکرد روزنه‌ها و فتوسنتز برگ ندارد (Aly *et al*., 2010; Denaxa *et al*., 2012). این ماده در بسیاری از پژوهش‌ها برای کاهش نابسامانی‌های فیزیولوژیک ناشی از دمای بالا،

آفتاب‌سوختگی و آفات در برخی ارقام انار (Weerakkody *et al.*, 2010)، سیب (Glenn, 2010)، انگور (Faissal *et al.*, 2011)، گردو و بادام (Rosati *et al.*, 2006) استفاده و اثرات بهبود رنگ میوه، افزایش بازارپسندی و کیفیت این میوه‌ها با کاربرد این ماده در باغ‌ها گزارش شده است. کائولین اثرات معنی‌داری بر روابط آبی و فتوسنتزی و کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از گرما و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنلی میوه‌های انگور رقم توریگای پرتغالی[1] در ناحیه مدیترانه‌ای دورو[2] (شمال پرتغال) داشته است (Dinis *et al.*, 2018). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده است که کائولین اثر معنی‌داری بر افزایش عملکرد درختان انار، بهبود کیفیت میوه‌ها و کاهش نابسامانی‌های میوه‌های انار رقم واندرفول[3] (Samra & Shalan, 2013; Hegazi *et al.*, 2014)، رقم مانفالوتی[4] (Abd El-Rhman, 2010) و رقم مولارد الچ[5] (Melgarejo *et al.*, 2004) داشته است.

منطقه ریجاب کرمانشاه از نظر اقلیمی برای کشت بسیاری از ارقام تجاری انار از جمله ملس‌ترش و یوسف‌خانی بسیار مناسب می‌باشد و آفتاب‌سوختگی میوه‌ها یکی از عوامل مهم محدودکننده تولید در این منطقه می‌باشد، از طرفی پژوهشی در رابطه با مرتفع ساختن این مشکل در این منطقه یافت نشد. با توجه به لزوم افزایش تولید میوه با کیفیت و کمیت بالاتر در کشور و نظر به نقش کائولین در انعکاس نور خورشید و کاهش بار حرارتی درخت و در نتیجه فراهم‌نمودن امکان کاهش مصرف آب، این مطالعه با هدف بررسی اثر کائولین بر بهبود خصوصیات کمی و کیفی و تعدیل اثر تنش دمای بالا در ارقام سازگار انار در منطقه ریجاب، کرمانشاه انجام گرفت.

1. The Portuguese Touriga
2. Douro
3. Wonderfull
4. Manfaluty
5. Mollar de Elche

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی کائولین بر برخی ویژگی‌های پومولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی دو رقم تجاری انار در منطقه ریجاب در تابستان ۱۳۹۸ اجرا گردید. منطقه ریجاب با یک میکروکلیما با شرایط مناطق نیمه‌گرمسیری در غرب استان کرمانشاه واقع شده است که ارتفاع از سطح دریای آن ۹۵۰ متر می‌باشد و در عرض‌های جغرافیایی ٣٤ درجه و ٣٠ دقیقه تا ٣٤ درجه و ٤٠ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ٤٥ درجه و ٢٥ دقیقه تا ٤٨ درجه و ٣٠ دقیقه شرقی قرار گرفته است. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور شامل کائولین و ارقام انار صورت گرفت. محول‌پاشی کائولین در سه غلظت (صفر (آب مقطر)، ٣ و ٦ درصد) و در دو رقم (یوسف‌خانی و ملس ترش) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل دو اصله درخت بود و در واقع برای هر تیمار شش درخت در نظر گرفته شد. درختان بالغ دو رقم انار ملس ترش و یوسف‌خانی به‌علت کیفیت میوه‌های این ارقام از نظر تجاری و سازگاری با اقلیم منطقه انتخاب شدند. دو مرحله محلول‌پاشی کامل در اواسط تیرماه و اواسط مردادماه (با توجه به هوای گرم و خشک هر ماه یک‌بار محلول‌پاشی) درختان انار با کائولین در غلظت‌های ذکرشده همراه با توئین انجام گرفت (Kavand *et al.*, 2016; Ghanbarpour *et al.*, 2019). میزان محلول مورداستفاده برای هر درخت به‌صورت میانگین ۱۰ لیتر بود که در حدی انجام شد که کل تاج پوشش درخت از محلول کائولین خیس شود. آبیاری درختان به‌روش قطره‌ای و براساس محاسبه میزان تبخیر و تعرق انجام شد. سن درختان ١٤ سال با ارتفاع تقریباً ٣/٥–٣ متر و از نظر عملیات هرس و تربیت یکدست بودند. مراقبت و نگهداری از درختان به‌طور یکسان در همه تیمارها اعمال شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و غلظت برخی از مواد و عناصر خاک در جدول

(۱) و داده‌های هواشناسی طی ماه‌های تیر و مرداد سال ۱۳۹۸ در جدول (۲) آورده شده است.

جهت بررسی‌های آزمایشگاهی، نمونه‌ها در زمان رسیدن به بلوغ تجاری براساس شاخص میزان مواد جامد محلول میوه‌های شاهد (تقریباً ۱۳ درجه بریکس) به‌صورت تصادفی از هر تکرار برداشت و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی کرمانشاه منتقل گردیدند. ویژگی‌های موردنظر مطابق روش‌های زیر اندازه‌گیری شدند.

برای تعیین وزن میوه، شش میوه از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب شد و وزن هر کدام از میوه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و برای مشخص کردن طول و عرض میوه و آریل از کولیس (مدل آلتون)[1] با دقت اندازه‌گیری ۰/۱ میلی‌متر استفاده شد. طول میوه از ابتدای کاسبرگ‌ها تا انتهای میوه و عرض میوه بزرگ‌ترین خط عمود بر طول میوه در نظر گرفته شد. جهت اندازه‌گیری وزن صد آریل[2]، آریل‌های جداشده از میوه‌های مختلف یک تکرار به‌طور کامل با هم مخلوط شدند. سپس ۱۰۰ آریل به‌طور تصادفی از این مخلوط آریل‌ها جدا شد و وزن آنها با ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (Viyar *et al.*, 2017). آب میوه براساس روش AOAC[3] (2005) اندازه‌گیری و براساس درصد گزارش شد.

برای تعیین مواد جامد محلول و اسیدیته، ابتدا آب تعدادی از آریل‌ها که از مخلوط آریل‌های یک تکرار به‌دست آمده بود، با استفاده از هاون گرفته شد. مواد جامد محلول با دستگاه رفرکتومتر اندازه‌گیری و براساس درجه بریکس گزارش شد. برای تعیین اسیدیته کل از روش پتانسیل‌سنجی تیتراسیون استفاده شد. برای این منظور ۱۰ میلی‌لیتر از آب میوه در ۱۰ میلی‌متر آب مقطر حل شد و با سود (هیدروکسید سدیم) ۰/۲ نرمال تیتر گردید. زمانی‌که پی‌اچ محلول به ۸/٤ رسید تیتراسیون متوقف شد (Roussos *et al.*, 2011).

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی کرمانشاه)

عمق خاک (cm)	درصد سیلت (٪)	درصد شن (٪)	پتاسیم قابل‌جذب (mg/L)	فسفر قابل‌جذب (mg/L)	ازت کل (٪)	کربن آلی (٪)	کربنات کلسیم (٪)	اسیدیته خاک
۳۰-۰	۳۲/۲۰	۱۲	۳٤۰	٦/۲۰	۰/۱٦	۱/۸۵	۳۱	۷/۳۰
٦۰-۳۰	۳٤/۳۰	۱٤	۱٤۰	٦	۰/۰۵	۱/۰۱	۳۳	۷/۵۰

جدول ۲. میانگین دما، رطوبت و بارندگی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهرستان سرپل ذهاب به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه ریجاب در تیرماه و مردادماه ۱۳۹۸

ماه	میانگین دما (°C)	میانگین حداکثر دما (°C)	میانگین رطوبت نسبی (٪)	میانگین بارندگی (mm)
تیر	۳۲/۰۵	٤۲/۱۰	۲۵	۰
مرداد	۳۳/۸۰	٤۲/۸۰	۲۵	۱

1. Alton
2. Aril
3. Association Official Analytical Chemists

محتوای فنول کل با استفاده از معرف فولین- سیکالتو[1] اندازه‌گیری شد. حدود نیم گرم از بافت میوه با سه میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد مخلوط و ۳۰۰ میکرولیتر از آن با ۱۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین رقیق‌شده (۱۰ درصد) ترکیب و پس از پنج دقیقه ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات‌سدیم هفت درصد به آن اضافه و پس از ۹۰ دقیقه قرار گرفتن روی شیکر، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (ساخت شرکت پرکین- المیر[2]، آمریکا) در طول موج ۷٦۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و با مقایسه با منحنی استاندارد اسید گالیک در غلظت‌های صفر، ٤، ۸، ١٦، ۳۲، ٤۸ میلی‌گرم در لیتر، محتوای فنل کل براساس میلی‌گرم اسید گالیک در صد میلی‌لیتر آب میوه محاسبه گردید (Singleton & Rossi, 1965). برای تعیین آنتوسیانین کل، پس از عصاره‌گیری آب‌میوه در دو بافر با اسیدیته یک و چهار و نیم، جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر اندازه‌گیری و براساس میلی‌گرم در لیتر گزارش شد (Giusti & Wrolstad, 2001). درصد میوه‌های آفتاب‌سوخته و ترک‌خورده براساس تعداد میوه‌های آسیب دیده نسبت به کل میوه‌های هر تیمار ضربدر ۱۰۰ اندازه‌گیری شد. معیار آفتاب‌سوختگی، رنگ پوست میوه‌های انار بود که بیش از یک چهارم رنگ قرمز و رنگدانه‌های آنتوسیانینی پوست، به قهوه‌ای تغییر رنگ داده و بازارپسندی محصول کاهش پیدا کرده بود (Glenn *et al.*, 2002).

در پایان تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام در سطح احتمال یک یا پنج درصد صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. طول و عرض آریل و میوه

برهم‌کنش غلظت کائولین و نوع رقم بر طول و عرض آریل و میوه معنی‌دار نگردید. غلظت‌های مختلف کائولین در سطح احتمال پنج درصد تغییر معنی‌دار بر طول و عرض آریل و میوه هر دو رقم انار ایجاد کردند و هم‌چنین ارقام تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد از نظر طول و عرض آریل و میوه داشتند. طول و عرض آریل در تیمارهای محلول‌پاشی کائولین بالاتر و این افزایش در غلظت شش درصد بهتر از غلظت سه درصد بود (جدول ۳). کائولین ٦ درصد به‌ترتیب منجر به افزایش ۵/۲ و ۳/٤۳ درصد طول و عرض آریل و هم‌چنین ٦/۷۲ و ۷/٤٦ درصد طول و عرض میوه در مقایسه با شاهد گردید (جدول ۳). گزارش شده که استفاده از کائولین به‌صورت محلول‌پاشی بر درختان انار ارقام واندرفول و پوست سفید درجازین (Ghanbarpour *et al.*, 2019; Abou El-Wafa, 2015) و همین‌طور بر سیب رقم آنا (Aly *et al.*, 2010) سبب افزایش اندازه و قطر میوه می‌گردد. در کنار نوع رقم، تغذیه، آب و شرایط محیطی مانند بالارفتن دما در داخل میوه‌های انار عاملی است که سبب محدود کردن اندازه میوه و آریل‌ها می‌گردد (Lal & Sahu, 2017) که رس کائولین با کاهش تنش دمایی داخل تاج درخت، اثرات معنی‌داری بر افزایش اندازه میوه‌های انار دارد (Denaxa *et al.*, 2012). اثرات معنی‌دار کائولین بر نگه‌داشتن حجم آب و کاهش تبخیر وتعرق محصولات میوه‌ای مختلف ثابت شده است که همین امر سبب بهبود وزن میوه از طریق کاهش ازدست‌رفتن آب می‌گردد (Rosati, 2007). رقم ملس ترش طول و عرض آریل و میوه بالاتری نسبت به رقم یوسف‌خانی داشت (جدول۳). مطالعات نشان می‌دهد نوع رقم در اندازه آریل و در نهایت اندازه میوه مؤثر می‌باشد (Viyar *et al.*, 2017).

1. Folin-Silicato
2. Perkin-elmer

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین اثرات محلول‌پاشی کائولین و ارقام انار بر صفات اندازه‌گیری‌شده

تیمارها	سطح تیمار	طول آریل (mm)	عرض آریل (mm)	طول میوه (mm)	عرض میوه (mm)	وزن میوه (gr)	عملکرد میوه در درخت (kg)	عملکرد میوه در هکتار (ton)
محلول‌پاشی کائولین	صفر(شاهد)	۹/۳۹b	٦/۹۹b	۱۰٦/۰۲b	b۸٦/۰۱	۲۸۹/۵۰b	۱۳/۵۰b	٦۷۵۰/۰۰b
	سه درصد	۹/۷۵ab	۷/۱۷ab	۱۰۹/۱۷ab	a۹۰/۸۹	۳۱۵/۲٦a	۱٤/۹۳a	۷٤٦٦/۷۰a
	شش درصد	۹/۸۸a	۷/۲۳a	۱۱۳/۱۵a	a۹۲/٤۳	۳۳۰/۵۹a	۱٦/۰۰a	۸۰۰۰/۰۰a
رقم	یوسف‌خانی	۹/٤۹b	٦/۷٦b	۱۰٦/٦۰b	b۸٦/٤۲	۳۰۰/۲۷b	۱٤/۲۵b	۷۱۲۷/۸۰b
	ملس ترش	۹/۸٦a	۷/۵۰a	۱۱۲/۲۹a	a۹۳/۱۳	۳۲۳/۲۸a	۱۵/۳٦a	۷٦۸۳/۳۰a

میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد براساس آزمون دانکن نیستند.

نتایج مقایسه ارقام از جهت اندازه میوه می‌تواند با توجه به هدف از کشت و بهبود معیارهای صادراتی و شروع یک برنامه اصلاحی هدفمند برای انتخاب رقم مناسب حائز اهمیت باشد (Jalili Moghaddam, 2015).

۳. ۲. وزن میوه، عملکرد میوه هر درخت و عملکرد میوه در هکتار

برهم‌کنش تیمارهای کائولین و نوع رقم بر وزن و عملکرد میوه معنی‌دار نشد ولی اثر اصلی کائولین در سطح احتمال یک درصد و نوع رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت‌های سه و شش درصد کائولین، وزن میوه بالاتری را نسبت به شاهد در هر دو رقم ایجاد کردند. میوه‌های انار تیمارشده با کائولین شش درصد، ۱٤/۱۹ درصد وزن میوه، ۱۸/۵۱ درصد عملکرد میوه هر درخت را نسبت به شاهد افزایش دادند. از طرفی محلول‌پاشی با کائولین شش درصد، حدود ۱۸ درصد عملکرد درختان میوه در هر هکتار را افزایش داد. هم‌چنین رقم ملس ترش (۷٦۸۳/۳۰ تن در هکتار) عملکرد بالاتری نسبت به رقم یوسف خانی (۷۱۲۷/۸۰ تن در هکتار) داشت (جدول ۳). در کل میوه‌های رقم ملس ترش وزن میوه بالاتری داشتند و به‌طور میانگین ۲۳ گرم از میوه‌های رقم یوسف‌خانی سنگین‌تر بودند (جدول ۳). وزن میوه عامل مهمی در ارزیابی بازارپسندی و انتخاب رقم مناسب محسوب می‌شود (Jalili Moghaddam, 2015). عملکرد مهم‌ترین صفت در مورد درختان انار است و پیداکردن رقم مناسب جهت افزایش عملکرد امری بسیار حیاتی و مهم می‌باشد (Jalili Moghaddam, 2015). اثرات مثبت کائولین بر وزن و عملکرد ارقام مختلف انار در برخی مطالعات نشان داده شده است (Samra & Shalan, 2013; Hegazi *et al*., 2014; Melgarejo *et al*., 2004). مطالعات نشان می‌دهد در انار رقم پوست سفید درجازین (Ghanbarpour *et al*., 2019) و در انار رقم مانفالوتی (Abd El-Rhman, 2010) محلول‌پاشی کائولین بر کل درخت سبب تغییر صفات رشدی میوه از جمله تقویت رشد میوه، تسریع بزرگ‌شدن آنها و افزایش وزن میوه‌ها گردید. می‌توان گفت محلول‌پاشی و ایجاد پوشش کائولین بر درختان و میوه‌ها نقش مهمی بر نگهداری رطوبت با کاهش تبخیر و تعرق، دسترسی بهتر به مواد مغذی و ایجاد رشد بهتر در درختان انار دارد و هم‌چنین این ماده با ایجاد تغییرات در نفوذپذیری غشا و افزایش مقاومت به دمای بالا و آفتاب شدید، سبب افزایش عملکرد در انار می‌گردد (Hegazi *et al*., 2014). برخی پژوهش‌گران گزارش کردند که محلول‌پاشی با کائولین بر درخت انار تعداد میوه بیش‌تری حداکثر رشد را پیدا کردند و عملکرد افزایش یافت (Abd El-Rhman, 2010; Ghanbarpour *et al*., 2019).

۳. ۳. اسیدیته میوه

برهم‌کنش کائولین و رقم و هم‌چنین اثر اصلی محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کائولین بر میزان اسیدیته معنی‌دار نشد درحالی‌که اثر اصلی نوع رقم در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. در این مطالعه میوه‌های رقم یوسف‌خانی (۳/۱۷ درصد) نسبت به رقم ملس ترش (۲/۹۰ درصد) اسیدیته بالاتری داشتند (جدول ٤). محلول‌پاشی کائولین بر سیب رقم آنا (Aly *et al*., 2010) و گوجه‌فرنگی (Cantore *et al*., 2010) بر میزان اسیدیته آنها بی‌تأثیر بود و کائولین میزان اسید میوه را تغییر نداد که با یافته‌های ما مطابقت دارد. اسیدیته و نسبت قند به اسید از عوامل‌کیفی مهم مرتبط با طعم میوه‌انار می‌باشد و برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که تیمار کائولین این صفات را ثابت نگه می‌دارد (Meighani *et al*., 2015). نوع رقم و شرایط محیطی بر عواملی همچون اسیدیته، میزان ویتامین ث و مواد جامد محلول تأثیر معنی‌دار دارند و میزان اسیدیته بین ارقام مختلف انار متغیر است. اسیدیته یکی از فاکتورهایی است که در کنار قند، طعم میوه، کیفیت و بازارپسندی میوه را تعیین می‌کند (Jalili Moghaddam, 2015).

۳. ٤. مواد جامد محلول میوه

اثر اصلی محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کائولین در سطح پنج درصد و اثر اصلی نوع رقم در سطح یک درصد معنی‌دار شد و برهم‌کنش کائولین و رقم معنی‌دار نشد. در این میان، محلول‌پاشی کائولین با غلظت سه و شش درصد بیش‌ترین اثر در افزایش مواد جامد محلول را نشان دادند (جدول ٤). مواد جامد محلول میوه‌های تیمارشده با کائولین شش درصد، تقریباً ۱۲ درصد بیش‌تر از میوه‌های شاهد بود (جدول ٤). افزایش میزان مواد جامد محلول میوه‌های انار رقم واندرفول[1] را با محلول‌پاشی کائولین چهار درصد (Abou El-Wafa, 2015) و همین افزایش را با محلول‌پاشی کائولین دو تا چهار درصد بر انگورهای بی‌دانه رقم کریمسون[2] گزارش کردند (Faissal *et al*., 2011) که با نتایج ما در هر دو رقم انار مطابقت دارد و این اثر به بهبود فرآیند فتوسنتز و واکنش‌های تثبیت کربن توسط کائولین نسبت داده‌اند (Farazmand, 2012). پژوهش‌گران در آزمایشی کائولین را عامل بهبود ویژگی‌های کیفی میوه انگور از جمله مواد جامد محلول دانستند و گزارش دادند که این اثر در ارقام مقاوم به تنش بیش‌تر است و محلول‌پاشی کائولین با افزایش مواد جامد محلول، از دست‌دادن آب میوه و خشک شدن آن را کم و کیفیت میوه را افزایش می‌دهد (Dinis *et al*., 2016).

جدول ٤. نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی محلول‌پاشی کائولین و ارقام انار بر صفات اندازه‌گیری‌شده

تیمارها	سطح تیمار	اسیدیته (%)	مواد جامد محلول (brix)	آب میوه (%)	وزن صد آریل تر (gr)	وزن صد آریل خشک (gr)	آنتوسیانین کل (mg/L)	فنل کل (mg/100mL)
محلول‌پاشی کائولین	صفر(شاهد)	۲/۹۷a	۱۳/۹۱b	۷۵/۵۰b	۲۷/۵۰b	٦/۷۳b	۲۱۸/۰۰a	۱۲۰/۷۰c
	سه درصد	۳/۱۱a	۱٦/۳٤a	۷۹/۹۳a	۲۹/٤۳a	۷/۱۵ab	۲۱۷/۳۳a	۱۳۵/۵۸b
	شش درصد	۳/۰٤a	۱۵/۷۰a	۸۰/۵۹a	۲۹/۸٦a	۷/٤۰a	۲۱۰/۲۱a	۱٤۱/۸۳a
رقم	یوسف خانی	۳/۱۷a	۱۷/۷٦a	۷۹/٤۵a	۲٦/۵۷b	۵/٦۸b	۲۲۰/۲۸a	۱۳۷/۷۱a
	ملس ترش	۲/۹۰b	۱۲/۸۸b	۷۷/۸۹a	۳۱/۲۹a	۸/۵۰a	۲۱۰/۰۷b	۱۲۷/۷۰b

میانگین‌های با حروف مشترک دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد براساس آزمون دانکن نیستند.

1. Wonderful
2. Crimson seedless

هم‌چنین در این مطالعه، رقم یوسف‌خانی (۱۷/۷٦) مواد جامد محلول بیش‌تری نسبت به رقم ملس ترش (۱۲/۸۸) داشت که ناشی از تفاوت ژنتیکی آنها است (جدول ٤). درصد مواد جامد قابل حل از دیگر شاخص‌های کیفیت میوه انار محسوب می‌شود که تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی می‌باشد (Jalili Moghaddam, 2015).

۳. ۵. درصد آب میوه

نتایج نشان داد برهم‌کنش کاربرد غلظت‌های مختلف کائولین محلول‌پاشی‌شده و نوع رقم و هم‌چنین اثر اصلی رقم بر درصد آب میوه معنی‌دار نشد و اثر اصلی کائولین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. محلول‌پاشی کائولین در هر دو غلظت بر هر دو رقم انار سبب افزایش درصد آب میوه گردید ولی دو رقم از نظر درصد آب میوه تفاوتی با هم نداشتند. آریل میوه‌های انار تیمارشده با کائولین شش درصد، ٦ درصد نسبت به میوه‌های شاهد پرآب‌تر بودند (جدول ٤). گزارش‌ها کاربرد غلظت‌های مختلف کائولین را سبب افزایش درصد آب میوه‌های انار بین ۱۸–۵ درصد دانستند (Sharma *et al*., 2018). افزایش دما و کاهش شدید رطوبت میوه سبب کاهش میزان آب میوه و سخت شدن آنها می‌گردد که این اثر با محلول‌پاشی کائولین می‌تواند کاهش یابد (Kavand *et al*., 2016). پیشنهاد شده است که کاهش تبخیر و تعرق و به دنبال آن افزایش رطوبت در میوه‌های پوشش‌دارشده با پوشش‌هایی با پایه کائولین، سبب افزایش محتوی آب در آریل‌های انار، افزایش درصد آب میوه و افزایش کیفیت آن می‌گردد (Sharma *et al*., 2018).

۳. ٦. وزن صد آریل تر و خشک

اثر اصلی کائولین و رقم بر وزن تر و خشک صد آریل معنی‌دار گردید و محلول‌پاشی کائولین در هر دو غلظت و بر هر دو رقم سبب افزایش وزن تر و خشک آریل‌ها گردید. بالاترین میزان افزایش وزن صد آریل تر (۸/۵۸ درصد) و خشک (۹/۹۵ درصد) مربوط به غلظت شش درصد کائولین در مقایسه با شاهد بود و رقم ملس ترش وزن صد آریل بالاتری را نسبت به رقم یوسف‌خانی داشت (جدول ٤). ازآنجایی‌که بخش مهمی از وزن میوه را آب تشکیل می‌دهد و بخش مهمی از افزایش وزن میوه به‌علت افزایش درصد مواد جامد محلول است، افزایش درصد آب میوه‌ها بر وزن تر آریل‌ها و هم‌چنین افزایش مواد جامد محلول اثر مستقیمی بر افزایش وزن خشک آریل‌ها داشته است. پژوهش‌گران کائولین را عامل بهبود ویژگی‌های کیفی میوه‌های انار (Sharma *et al*., 2018) و انگور (Dinis *et al*., 2016) از طریق افزایش اشعه مفید فتوسنتزی، کاهش تبخیر و تعرق میوه، افزایش تولید و ذخیره‌سازی کربوهیدرات‌ها و ماده خشک دانسته‌اند. وزن صد آریل از صفات مهم مورفولوژیکی محسوب شده و ارزیابی این صفت در معیارهای صادراتی، کشت هدفمند ارقام انار و بهبود معیارهای صادراتی نیز تأثیرگذار است (Jalili Moghaddam, 2015).

۳. ۷. آنتوسیانین کل

نتایج نشان داد محلول‌پاشی کائولین اثری بر میزان آنتوسیانین میوه‌های انار در این آزمایش نداشت و هم‌چنین برهم‌کنش کائولین و رقم معنی‌دار نشد، درصورتی‌که اثر اصلی نوع رقم بر میزان آنتوسیانین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. رقم یوسف‌خانی با اختلاف حدود ۱۰ میلی‌گرم در لیتر آنتوسیانین بالاتری نسبت به رقم ملس ترش داشت (جدول ٤). مطالعات نشان می‌دهد که آنتوسیانین آریل‌های انار بین ارقام مختلف بسیار متفاوت و در آریل‌ها بسیار پیچیده‌تر از پوست انار است به‌طوری‌که میزان غلظت رنگدانه‌های آنتوسیانینی سبب تولید رنگ از بسیار کم‌رنگ (متمایل به

سفید) تا قرمز بسیار تیره (متمایل به سیاه) را شامل می‌شود (Zhao *et al*., 2013).

۳. ۸. فنل کل

برهم‌کنش تیمارهای محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کائولین اثر معنی‌داری بر میزان فنل کل نداشتند، درحالی‌که اثر اصلی غلظت کائولین و نوع رقم بر میزان فنل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین غلظت‌ها نشان داد که میوه‌های تیمارشده با کائولین با غلظت شش درصد و در مرتبه بعدی غلظت سه درصد، بالاترین میزان فنل کل را در هر دو رقم نشان دادند. میوه‌های انار تیمارشده با کائولین ٦ درصد باعث افزایش ۱۷/۵۰ درصد میزان فنل در مقایسه با میوه‌های شاهد شدند (جدول ٤). در برخی از مطالعات گزارش شده است که تیمار کائولین سبب افزایش اشعه فعال فتوسنتزی[1] در میوه می‌شود که همین امر فعالیت آنزیم فنیل آمونیالیاز و به‌دنبال آن غلظت فنل کل میوه را افزایش می‌دهد (Sharma *et al*., 2018). میانگین فنل کل میوه در میوه‌های رقم یوسف‌خانی (۱۳۷/۷۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) بالاتر از رقم ملس ترش (۱۲۷/۷۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) بود (جدول ٤). بسیاری از صفات کیفی میوه انار از جمله فنل کل تحت تأثیر نوع رقم می‌باشد و میزان فنل میوه عامل مهمی در سنجش ارزش غذایی و کیفیت دارویی ارقام مختلف انار است (Hmid *et al*., 2017).

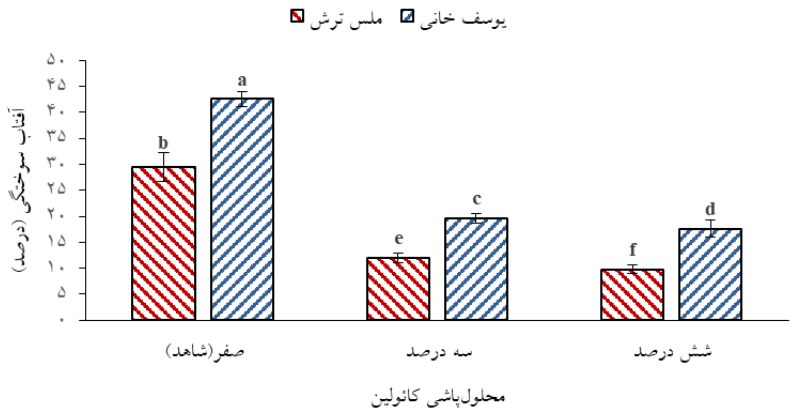
۳. ۹. آفتاب‌سوختگی

برهم‌کنش کائولین و رقم بر میزان آفتاب‌سوختگی میوه‌های انار در سطح یک درصد معنی‌دار شد. کاربرد کائولین به‌ویژه در غلظت شش درصد سبب کاهش آفتاب‌سوختگی گردید و میوه‌های هر دو رقم تیمارشده با این غلظت حدود ۲۰ درصد آفتاب سوختگی کم‌تری نسبت به شاهد داشتند. از طرفی به‌نظر می‌رسد رقم ملس ترش رقم متحمل‌تری نسبت به عارضه آفتاب‌سوختگی می‌باشد (شکل ۱). مطالعات نشان می‌دهد تابش شدید آفتاب به‌ویژه در ماه‌های تیر و مرداد تنش دمایی ایجاد می‌کند که سبب تولید گونه‌های فعال اکسیژن، تنش اکسیداتیو و آسیب به میوه‌ها و شاخ و برگ درختان می‌شود (Fawole & Opara, 2013). در سال‌های اخیر روش‌های مختلفی جهت جلوگیری از سوخته‌شدن میوه‌ها در شرایط آفتاب و دما بالا استفاده شده است که یکی از آنها استفاده از رس کائولین در طول فصل رشد میوه است (Samra & Shalan, 2013; Hegazi *et al*., 2014) و مهم‌ترین ویژگی آن داشتن خاصیت انکسار نور است که برای کاهش مؤثر آفتاب‌سوختگی و کاهش دما روی میوه‌های مختلف پیشنهاد شده است (Cantore *et al*., 2009; Aly *et al*., 2010; Denaxa *et al*., 2012).

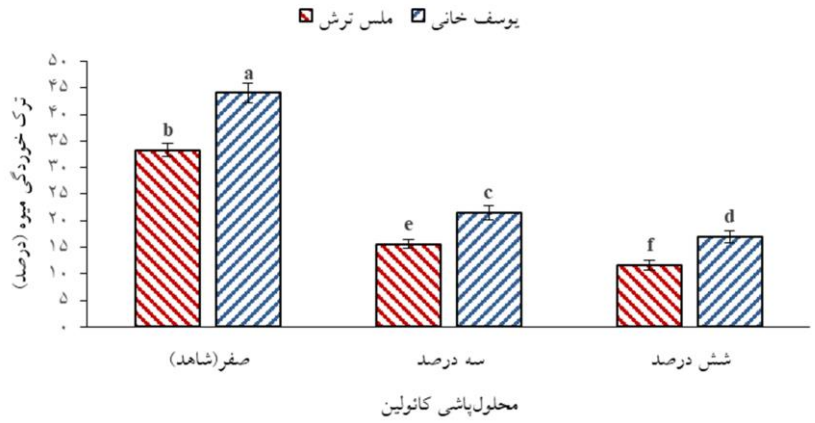
۳. ۱۰. ترک‌خوردگی

برهم‌کنش غلظت و رقم بر میزان ترک‌خوردگی میوه‌های انار در سطح یک درصد معنی‌دار شد. کاربرد کائولین به‌ویژه در غلظت شش درصد سبب کاهش ترک خوردگی در هر دو رقم (تقریباً ۲۵ درصد) گردید. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد رقم ملس ترش مقاومت بیش‌تری در برابر ترک‌خوردگی میوه دارد (شکل ۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد میوه‌های انار رقم واندرفول با کاربرد کائولین در غلظت ٤ درصد کاهش چشم‌گیر درصد ترک خوردگی و افزایش بازارپسندی را نشان دادند که این اثر نسبت به کاربرد غلظت‌های کم‌تر کائولین بیش‌تر مشهود بود (Abou El-Wafa, 2015)، که با یافته‌های ما مطابقت دارد (شکل ۲). میوه‌های انار رقم کندهاری با محلول‌پاشی کائولین در زمان قبل از برداشت تا ٤٦ درصد کاهش ترک‌خوردگی را نشان دادند (Sharma *et al*., 2018).

1. Photosynthetically active radiation



شکل ۱. اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کائولین بر درصد آفتاب‌سوختگی میوه دو رقم انار



شکل ۲. اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کائولین بر درصد ترک خوردگی میوه دو رقم انار

مطالعات نشان می‌دهد که دمای بالای میوه سبب تبخیر آب پوست و واردآمدن تنش خشکی به میوه می‌گردد که همین عامل می‌تواند سبب بروز ترک‌خوردگی انار و بروز مشکلات فراوان از جمله پوسیدگی قارچی میوه گردد (Sharma *et al.*, 2015). استفاده از موادی مانند رس کائولین به‌ویژه در غلظت‌های بالاتر سبب تنظیم آب داخل و پوست میوه و کاهش ترک‌خوردگی در انارهای کشت‌شده در مناطق خشک می‌شود (Singh *et al.*, 2017; Abd El-Rhman, 2010).

٤. نتیجه‌گیری

در هر دو رقم موردمطالعه انار، تیمار کائولین طول و عرض آریل و میوه، وزن صد آریل، وزن میوه و عملکرد و هم‌چنین میزان مواد جامد محلول، درصد آب میوه و فنل کل را افزایش داد. به‌طورکلی، می‌توان گفت محلول‌پاشی توسط کائولین با غلظت مناسب (شش درصد) منجر به تعدیل اثرات منفی دمای بالا و تشعشعات بالای نوری می‌گردد. با توجه به وجود تفاوت ژنتیکی، رقم ملس ترش از نظر صفات مورفولوژیک مانند اندازه

آریل و میوه و صفات مربوط به عملکرد برتر از رقم یوسف‌خانی بود و در برنامه‌های تولید تجاری انار با هدف عملکرد بالاتر می‌تواند بیش‌تر مورداستفاده قرار بگیرد. رقم یوسف‌خانی از نظر صفات کیفی و بیوشیمیایی از رقم ملس ترش بهتر بود و این رقم جهت برنامه‌های اصلاحی با هدف بهبود کیفیت محصول می‌تواند بیش‌تر مورد استفاده قرار بگیرد. علاوه بر این محلول‌پاشی کائولین به‌ویژه در غلظت شش درصد مشکل آفتاب‌سوختگی و ترک‌خوردگی میوه‌ها را در هر دو رقم را به حداقل رسانید که می‌تواند به‌عنوان یک تیمار مناسب در مناطق پرورش انار از جمله منطقه ریجاب معرفی و استفاده گردد.

۵. تشکر و قدردانی

این مطالعه در قالب طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه مراغه و با حمایت مرکز تحقیقات کشاورزی کرمانشاه و همکاری معاونت پژوهشی و آزمایشگاه مرکزی شاعا دانشگاه مراغه انجام شد.

٦. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Abd El-Rhman, I. E. (2010). Physiological studies on cracking phenomena of Pomegranates. *Journal of Applied Sciences Research, 6*(6), 696-703.

Abou El-Wafa, M. (2015). Effect of some treatments on reducing sunburn in wonderful pomegranate fruit trees. *Egypt Journal of Horticulture, 42*(2), 795-806. DOI: 10.21608/ejoh.2015.1332.

Aly, M., El-Megeed, N. A., & Awad, R. M. (2010). Reflective particle films affected on, sunburn, yield, mineral composition and fruit maturity of 'Anna' apple (*Malus domestica*) trees. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6*, 84-92.

AOAC, Association Official Analytical Chemists. (2005). Official methods of analysis. 18th edn. Washington. DC. USA.

Denaxa, N. K., Roussos, P. A., Damvakaris, T., & Stournaras, V. (2012). Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and Ambiol on photosynthesis, leaf sclerophylly indexes and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. *Scientia Horticulturae, 137*, 87-94. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.01.012.

Dinis, L. T., Bernardo, S., Conde, A., Pimentel, D., Ferreira, H., Felix, L., Geros, H., Correia, C. M., & Moutinho-Pereira, J. (2016). Kaolin exogenous application boosts antioxidant capacity and phenolic content in berries and leaves of grapevine under summer stress. *Journal of Plant Physiology, 191*, 45–53. DOI: 10.1016/j.jplph.2015.12.005.

Dinis, L. T., Malheiro, A. C., Luzio, A., Fraga, H., Ferreira, H., Gonçalves I., Pinto G., Correia C. M., & Moutinho-Pereira, J. (2018). Improvement of grapevine physiology and yield under summer stress by kaolin-foliar application: water relations, photosynthesis and oxidative damage. *Photosynthetica, 56*, 641. DOI: 10.1007/s11099-017-0714-3.

Faissal, F. A., Mokhtar, M. S., & Ahmed, M. K. (2011). Protecting crimson seedless grapevines growing in hot climates from sunburn. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 7* (1), 135-141.

FAO. (2017). FAO Land and plant nutrition management service. http:/ www.fao.org/.

Farazmand, H. (2012). Effect of processed kaolin on sunburn on pomegranate fruits. *Pests and plant diseases, 80*(2), 173- 184. (In Persian).

Fawole, O. A., & Opara, L. U. (2013). Changes in physical properties, chemical and elemental composition and antioxidant capacity of pomegranate (cv. Ruby) fruit at five maturity stages. *Scientia Horticulturae, 150*, 37–46. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.10.026.

Ghanbarpour, E., Rezaei, M., & Lawson, S. (2019). Reduction of cracking in pomegranate fruit after foliar application of humic acid, calcium-boron and kaolin during water stress. *Erwerbs-Obstbau, 61*, 29. DOI: 10.1007/s10341-018-0386-6.

Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). *Characterization and measurement of anthocyanins by UV–visible spectroscopy*. In: Wrolstad, R. E., & Schwartz, S. J. (Eds.), Current protocols in food analytical chemistry, John Wiley and Sons, New York.

Glenn, D. M. (2010). Canopy gas exchange and water use efficiency of 'Empire' apple in response to particle film, irrigation, and microclimatic factors. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 135*(1), 25–32. DOI: 10.21273/JASHS.135.1.25.

Glenn, D. M., Prado, E., Erez, A., McFerson, J., & Puterka, G. J. (2002). A reflective, processed kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection, and solar injury in apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *127*(2), 188-193. DOI: 10.21273/JASHS.127.2.188.

Hegazi, A., Samra, N. R., El-Baz, E. E. T., Bahan Khalil, M., & Gawish, M. S. (2014). Improving fruit quality of manfaloty and wonderfull pomegranates by using bagging and some spray treatments with gibberellic acid, calcium chloride and kaolin. *Journal of Plant Production, 5*(5), 779-792. DOI: 10.21608/jpp.2014.55421.

Hmid, I., Elothmani, D., Hanine, H., Oukabli, A., & Mehinagic, E. (2017). Comparative study of phenolic compounds and their antioxidant attributes of eighteen pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Morocco-Review. *Arabian Journal of Chemistry, 10*(2), 2675-2684. DOI: 10.1016/j.arabjc.2013.10.011.

Jalili Moghaddam, Z. (2015). *Comprehensive pomegranate guide*. Agricultural Education and Promotion Press. Tehran, Iran. pp. 22-72. (In Persian)

Kavand, M., Arzani, K., Barzegar, M., & Mirlatifi, M. (2016). Effects of sunscreen, kaolin application, fruit thinning and supplementary irrigation on the aril browning disorder of Pomegranate cv. "Malase Torshe Saveh". *Journal of seed and seedling Improvement, 33*(1), 85-112. (In Persian). DOI: 10.22092/SPPJ.2017.113760.

Lal, N., & Sahu, N. (2017). Management strategies of sunburn in fruit crops-A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *6*(6), 1126-1138. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.606.131.

Meighani, H Ghasemnezhad M, & Bakhshi D. (2015). Effect of kaolin on the sunburn damage and qualitative characteristics of pomegranate fruit cv. Malas-e-Torsh-e-Saveh. *Iranian Journal of Horticultural Science (IJHS), 47*(3), 491-499. (In Persian)

Melgarejo, P., Martínez, J. J., Hernández, F. A., Martínez –Font, R., Barrows, P., & Erez, A. (2004). Kaolin treatment to reduce pomegranate sunburn. *Scientia Horticulture, 100*, 349-353. DOI: 10.1016/j.scienta.2003.09.006.

Mousavinejad, G., Emam-Djomeh, Z., Rezaei, K., & Khodaparast, M.H.H. (2009). Identification and quantification of phenolic compounds and their effects on antioxidant activity in pomegranate juices of eight Iranian cultivars. *Food Chemistry, 115*, 1274-79. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.01.044.

Parashar, A., & Ansari, A. (2012). A therapy to protect pomegranate (*Punica granatum* L.) from sunburn. *International Journal of Comprehensive Pharmacy, 3*, 1-3.

Rosati, A. (2007). Physiological effects of kaolin particle film technology: A review. *Functional Plant Science, & Biotechnology, 1*, 100-105.

Rosati, A., Metcalf, S., Buchner, R., Fulton, A., & Lampinen, B. (2007). Effects of kaolin application on light adsorption and distribution, radiation use efficiency and photosynthesis of almond and walnut canopies. *Annals of Botany, 99*(2), 255-263. DOI: 10.1093/aob/mcl252.

Roshan, A. A. (2007). Evaluation of agro-climatic zones compatible with olive (*Olea europaea* L.) cultivation in Iran. PhD. Thesis. University of Tehran. Faculty of Geography. (In Persian).

Samra, B. N., & Shalan, A. M. (2013). Studies on thinning, bagging and aluminum silicate spraying on yield and quality of Wonderfull pomegranate. *Journal of Plant Production, 4* (2), 219-227. DOI: 10.21608/jpp.2013.68984.

Sharma, R. R., Reddy, S. V. R., & Datta, S. C. (2015). Particle films and their applications in horticultural crops. *Applied Clay Science, 116-117*, 54-68. DOI: 10.1016/j.clay.2015.08.009.

Sharma, R. R., Datta, S. C., & Varghese, E. (2018). Effect of Surround WP®, a kaolin-based particle film on sunburn, fruit cracking and postharvest quality of 'Kandhari' pomegranates. *Crop Protection, 114*, 18-22. DOI: 10.1016/j.cropro.2018.08.009.

Singh, A., Burman, U., Saxena, A., & Meghwal, P. R. (2019). Interactive effects of micronutrients, kaolin and mulching under drip irrigation system in managing fruit cracking of pomegranate (*Punica granatum*). *Acta Horticulturae, 1254*, 213-218. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1254.32.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture, 16*, 144-158.

Viyar, A. H., Qadri, R., Iqbal, A., Nisar, N., Khan, I., Bashir, M., & Shah, F. (2017). Evaluation of unexplored pomegranate cultivars for physicochemical characteristics and antioxidant activity. *Journal of Food Science and Technology, 54*(9), 2973-2979. DOI: 10.1007/s13197-017-2736-z.

Weerakkody, P., Jobling, J., Vergara, M. M., & Rogers, G. (2010). The effect of maturity, sunburn and the application of sunscreens on the internal and external qualities of pomegranate fruit grown in Australi. *Scientia Horticulturae, 124* (1), 57–61. DOI: 10.1016/j.scienta.2009.12.003.