مقاله پژوهشی

تأثیر اکسید روی، تالک و کائولین بر خصوصیات بیوشیمیایی و کیفی میوه انار رقم ملس ساوه

مسعود ناظری[۱]*، نسرین ملائی[۱] و سید جلال طباطبایی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۴- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۷)

چکیده

آفتاب سوختگی یکی از بزرگترین معضلات کشت انار است که منجر به کاهش عملکرد و کیفیت میوه می‌شود. به منظور ارزیابی اثر کاربرد مواد ضد تعرق بر کیفیت و خصوصیات بیوشیمیایی میوه انار، آزمایشی در شهرستان قم در قالب طرح کاملاً تصادفی با نه تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل تالک (T)، اکسید روی (ZnO)، کائولین (K)، اکسید روی+ تالک (ZnT)، تالک+کائولین (TK)، اکسید روی+کائولین (ZnT)، اکسید روی+ تالک+کائولین (ZnTK)، توری با عبور نور ۵۰ درصد و شاهد (محلول پاشی با آب) بودند. نتایج نشان داد که خصوصیات کیفی گیاه به طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارها قرار گرفت. بیشترین ضخامت پوست میوه در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار ZnT مشاهده شد. بیشترین طول آریل مربوط به تیمار ZnK بود اما هیچکدام از تیمارها تأثیری بر روی قطر آریل، طول و قطر هسته انار نداشتند. بیشترین میزان فنل پوست در تیمار ZnTK ثبت شد و سایر تیمارها تقریبا در یک سطح معنی‌داری قرار گرفتند. کمترین میزان pH پوست و فعالیت آنزیم پراکسیداز آریل در تیمار توری مشاهده شد و تیمارهایی که ترکیبی از تالک، کائولین و اکسید روی بودند، بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز را داشتند. ZnK سبب افزایش ۷۷ درصدی فعالیت آنزیم لاکاز نسبت به شاهد شد. بیشترین و کمترین فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز در تیمارهای ZnTK و کائولین اندازه گیری شد. به نظر می‌رسد اکسید روی به دلیل ایجاد سطح مناسبی از پراکسیداز و کم کردن فعالیت لیپوکسیژناز و لاکاز تیمار مناسبی برای افزایش کیفیت میوه انار می‌باشد.

کلمات کلیدی: انار، آفتاب سوختگی، پراکسیداز، لاکاز، لیپوکسیژناز

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

* پست الکترونیک: masoud.nazeri@shahed.ac.ir

مقدمه

انار با نام علمی (*Punica granatum*) از قدیمی‌ترین میوه‌های کشت شده در ایران می‌باشد. این گیاه بومی مناطق مرکزی آسیا از ایران تا هیمالیا است. آب انار به عنوان یک منبع عمده از پلی‌فنل‌ها بوده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قوی در برابر اکسیداسیون چربی‌های مضر خون دارد. آنتی‌اکسیدان‌های فعال از بخش‌های مختلف میوه شامل پوست، آب و بذرها استخراج شده است. میوه انار به طور وسیع به عنوان میوه تازه یا فراوری شده مانند آب میوه، مربا، شیره، رب انار و ژله مصرف می‌شود (جکسون[1] و همکاران، ۲۰۱۱).

بیشتر مناطق انارکاری ایران در مناطق گرم و خشک استان‌های فارس، مرکزی، اصفهان، و یزد قرار دارند و آفتاب سوختگی تابستانه در این مناطق یک پدیده شایع است که در مواردی باعث از بین رفتن ۴۰ تا ۵۰ درصد از محصول می‌شود (شاکری و همکاران، ۱۳۸۵). این اختلال به طور کلی در درختان جوان رخ می دهد. هرس کاذب ممکن است آفتاب سوختگی را تقویت کند. پوست سطحی میوه‌های انار رو به آفتاب به رنگ قهوه‌ای یا برنز درآمده و با افزایش شدت به رنگ قهوه‌ای تیره تغییر می‌کند. درجه حرارت بالا به همراه شدت نور زیاد، خشکسالی و رطوبت نسبی کم موجب آفتاب سوختگی می‌شوند. وزش باد شدید یکی دیگر از دلایل مهم این عارضه می‌باشد (کهرامان‌اوغلو و اوسانماز[2]، ۲۰۱۶). در زیر قسمت‌های آفتاب سوخته آریل‌ها کم آب و به رنگ سفید درآمده و باعث کاهش بازارپسندی میوه می‌شود. درجه حرارت بالا موجب تولید گونه‌های فعال اکسیژن[3] شده که پایداری غشا را کاهش می‌دهد (ویراک-کودی[4] و همکاران، ۲۰۰۹). تولید و از بین بردن گونه‌های اکسیژن فعال با فعالیت آنزیم‌ها مرتبط است.

لاکاز و پراکسیداز دو آنزیم مهم در لیگنین‌سازی بوده و در سلول‌هایی که لیگنین‌سازی به شدت انجام شده، فعالیت این دو آنزیم کاهش پیدا کرده است (کئوتانیمی[5] و همکاران، ۲۰۰۷). پراکسیدازها جزو آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی هستند که در سوبرینی شدن، لیگنیفیکاسیون، پاسخ به تنش‌های محیطی و اتصالات عرضی دیواره سلولی نقش بسزایی دارند. پراکسیداز با گرفتن الکترون از فنل برای احیا کردن پراکسید هیدروژن سوبسترای لازم برای لیگنین-سازی را فراهم می‌کند (گسپار[6] و همکاران، ۱۹۸۵). لاکازها یک نوع گلیکوپروتئین متعلق به خانواده بزرگ اکسیدکننده‌های مس بوده که در سیتوپلاسم گیاهان، باکتری‌ها و قارچ‌ها مشاهده شده است (دوی‌ودی[7] و همکاران، ۲۰۱۱). این آنزیم بخشی از سیستم سنتزکننده لیگنین‌ها در بافت‌های چوبی بوده و قدرت فراوانی در تجزیه پارادی‌فنل‌ها دارد (گاونهلت و لارسن[8]، ۲۰۰۲). لیپوکسیژناز (LOX) پراکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع نشده از دیواره سلولی را کاتالیز می‌کند. با رها شدن اسیدهای چرب، سوبسترای لازم برای آنزیم لیپوکسیژناز فراهم می‌شود. این پراکسیداسیون چربی‌های غشا سبب می‌شود ACC در دسترس ACC-اکسیداز قرار بگیرد و در نتیجه تولید اتیلن افزایش و پیری سلول گیاهی تشدید شود (باتاچارجی[9]، ۲۰۰۵).

برای کاهش آفتاب سوختگی رویکردهای مختلفی وجود دارد. استفاده از ارقام مقاوم یا جلوگیری از قرار گرفتن میوه جوان در معرض آفتاب دو روش عمده می‌باشد. اعمال رژیم‌های آبیاری و تغذیه مناسبی که سبب افزایش رشد رویشی شده و پاکت‌گذاری جهت حفاظت از میوه می‌تواند مفید باشد (کهرامان‌اوغلو و اوسانماز، ۲۰۱۶؛ مرادی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۷). یکی دیگر از روش‌های کاهش دمای درخت، استفاده از آب‌پاشی بارانی روی درخت بوده که این روش هم بدلیل کمبود آب و کیفیت نامناسب آب‌های موجود موجب شور شدن خاک به مرور زمان می‌شود. یکی از راه‌های کاهش خسارت آفتاب سوختگی استفاده از مواد منعکس کننده نور[10] می‌باشد که با بازتاب بخشی از نور رسیده به درخت سبب کاهش آفتاب سوختگی و افزایش کمیت و کیفیت میوه می‌شود (روساتی[11] و همکاران، ۲۰۰۶). این مواد به جهت کاهش هدر رفتن آب از برگ‌های گیاه و کاهش سرعت انتشار بخار آب بسیار مهم هستند. اکسید روی از موادی است که در ترکیبات ضد آفتاب استفاده می‌شود (بوونیالیت‌لپولی[12] و همکاران، ۲۰۱۱). پودر تالک خاصیت آبگریزی دارد و به سختی در آب حل

1. Jackson
2. Kahramanoglu and Usanmaz
3. Reactive oxygen species
4. Weerakkody
5. Koutaniemi
6. Gaspar
7. Dwivedi
8. Gavnholt and Larsen
9. Bhattacharjee
10. Particle Films
11. Rosati
12. Boonyanitlpony

می‌شود. طبق برخی نظرات محلول‌پاشی تالک سبب محافظت میوه سیب در برابر آفات و آفتاب سوختگی می‌شود (اسژادر[1] و همکاران، ۲۰۰۹).
استفاده از کائولین برای کاهش آفتاب سوختگی اثبات شده است. این پژوهش با مقایسه اثرات تالک، کائولین، اکسید روی و ترکیب آنها با هم سعی در رسیدن به یک فرمولاسیون بهتر جهت کاهش اثرات آفتاب سوختگی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال ۱۳۹۷ در شهرستان قم، پنج کیلومتری جاده قم-کاشان روی درختان ۷ ساله انار رقم ملس ترش ساوه انجام گردید. فاصله درختان از هم ۳ متر و آبیاری به صورت غرقابی با دور هر ۸ روز صورت گرفت. تیمارها شامل تالک (T)، اکسید روی (ZnO)، کائولین (K)، اکسید روی+ تالک (ZnT)، تالک+کائولین (TK)، اکسید روی+کائولین (ZnT)، اکسید روی+تالک+کائولین (ZnTK)، توری با عبور نور ۵۰ درصد و شاهد (محلول پاشی با آب) بودند. محلول‌پاشی با غلظت دو درصد و در دو نوبت صورت گرفت. نوبت اول ۹۰ روز بعد از گلدهی و نوبت دوم دو هفته بعد از محلول‌پاشی اول صورت گرفت. محلول‌پاشی در اوایل صبح و تا چکه کردن محلول از برگ‌ها ادامه پیدا کرد. این آزمایش با نه تیمار و در سه تکرار صورت گرفت. هر درخت به عنوان یک تکرار یک تیمار در نظر گرفته شد. برای انجام کارهای آزمایشی در مهر ماه ۹۷ به صورت تصادفی چند میوه از قسمت‌های مختلف درخت برداشت و به دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران منتقل شد. برای ضخامت پوست، سه میوه انتخاب و در پنج بخش از پوست‌های جدا شده از هر میوه، ضخامت پوست با کولیس دیجیتال (Digital Caliper, 1114-200A) اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. آریل‌های سه میوه از پوست میوه جدا و دانه‌های آریل انارها با هم مخلوط و تعداد ۴۰ آریل به طور تصادفی انتخاب گردید. طول و قطر آریل‌ها با کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری و پس از حذف بخش گوشتی، طول و قطر هسته‌ها نیز اندازه‌گیری شد. سفتی و یا سختی دانه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج دیجیتالی (HP Digital Force Gauge) با پروب ۵ میلی‌متر اندازه‌گیری و بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع بیان گردید. برای اندازه‌گیری pH پوست میوه، آب پوست سه میوه گرفته و با آب مقطر به نسبت (۱:۱۰) رقیق و با pH متر مدل (Clean PH500) اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری فنل

برای سنجش مقدار ترکیبات فنل آب پوست میوه از معرف فولین سیکالتیو استفاده شد (سینگلتون[2] و همکاران، ۱۹۹۹). ۸ میلی‌لیتر آب مقطر، ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره نمونه، ۱ میلی‌لیتر کربنات سدیم و ۱ میلی‌لیتر محلول معرف فولین (۱:۱۰) آماده به لوله آزمایش منتقل شد. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای آزمایشگاه باقی ماندند و جذب آب در ۷۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (SHIMADZU UV-1205) خوانده شد. نمونه کنترل بدون عصاره با استفاده از گالیک اسید به دست آمد. نمودار استاندارد اسیدگالیک رسم و معادله خط $y = ax + b$ رسم گردید.

اندازه گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز

از روش چنس و مایلی[3] (۱۹۵۵) برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز انجام گرفت. برای تهیه عصاره آنزیمی جهت سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز، از بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH=7) استفاده شد. پس از پودرکردن ۳۵۰ میلی‌گرم از بافت آریل با نیتروژن مایع و انتقال آن به تیوپ ۲ میلی‌لیتری، ۱۵۰۰ مایکرولیتر از بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار حاوی ۲ درصد PVPP و ۱/۳ میلی‌مولار EDTA، به آن افزوده شد و پس از ورتکس، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در ۲۰۰۰۰g سانتریفیوژ شدند. به منظور سنجش فعالیت آنزیمی ۶۰۰ مایکرولیتر بافر فسفات‌سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار به همراه ۲۷۰ مایکرولیتر گوئیکول ۲ درصد و ۱۷۰ مایکرولیتر پراکسیدهیدروژن ۱ درصد به مدت ۹ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس ۱۵۰ مایکرولیتر از عصاره آنزیمی به مخلوط واکنش افزوده و به وسیله دستگاه الایزر، افزایش جذب نوری درطول موج ۴۷۰ نانومتر در مدت ۳ دقیقه ثبت شد. میزان فعالیت این آنزیم بر اساس کیلو کاتال در میلی‌لیتر عصاره میوه گزارش شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم لاکاز

برای سنجش فعالیت آنزیم لاکاز از بافر فسفات‌سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH=6) استفاده شد. بدین منظور پس از پودر

1. Schrader
2. Singleton
3. Chance and Maehly

کردن ۳۵۰ میلی‌گرم از بافت آریل در حضور نیتروژن مایع ۱۵۰۰ مایکرولیتر از بافر فسفات‌سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار به آن افزوده شد و پس از ورتکس، نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در ۲۰۰۰۰g سانتریفیوژ شدند. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم لاکاز ۶۰۰ مایکرولیتر بافر فسفات‌سدیم ۱۰۰ میلی-مولار به علاوه ۱۰۰ مایکرولیتر گائیکول ۲۰۰ میلی‌مولار و ۳۰۰ مایکرولیتر از عصاره آنزیمی به مخلوط واکنش اضافه شد. میزان تجزیه گائیکول بر اثر آنزیم لاکاز و در نتیجه افزایش جذب نوری در طول موج ۴۶۵ نانومتر به مدت یک ساعت به وسیله دستگاه الایزر ثبت شد. میزان فعالیت این آنزیم بر اساس کاتال در میلی لیتر عصاره میوه گزارش شد (ارکورت[1] و همکاران، ۲۰۰۷).

اندازه‌گیری آنزیم لیپواکسیژناز

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم لیپواکسیژناز از روش بونت[2] و کروزت (۱۹۹۷) استفاده شد. ابتدا ۰/۱ گرم از بافت پوست انار را با حضور نیتروژن مایع پودر و به میکروتیوب منتقل گردید. ۱ میلی‌لیتر بافر استخراج فسفات که حاوی ۰/۵ میلی‌مولار EDTA بود به میکروتیوب اضافه گردید و به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۴۰۰۰ و دمای ۴ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ شد. برای تهیه بافر سوبسترا اسید لینولئیک ابتدا ۱۰ میکرولیتر از این اسید را با ۴ میلی‌لیتر آب مقطر، ۱ میلی‌لیتر سود ۰/۱ نرمال و ۵ میکرولیتر توئین ۸۰ مخلوط گردید و به مدت ۲۰ دقیقه در شیکر در دمای ۴۰ درجه قرار گرفت تا اسید لینولئیک به خوبی حل شود و در نهایت محلول مورد نظر را به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رساندیم. مخلوط واکنش که شامل ۱۸۰ میکرولیتر بافر فسفات، ۲۰ میکرولیتر سوبسترای اسید لینولئیک و ۵ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود، به میکروپلیت منتقل شد. در محلول بلانک از بافر فسفات جای عصاره آنزیمی استفاده گردید. مخلوط واکنش به مدت ۱۰ دقیقه در حمام بن ماری در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری و در آخر در طول موج ۲۳۴ نانومتر توسط دستگاه الایزا قرائت گردید. فعالیت این آنزیم با استفاده از قانون بیرلامبرت و ضریب خاموشی آنزیم لیپوکسیژناز بر حسب µMOL/g FW.min با فرمول $A = 25000cl$ محاسبه شد.

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج جدول‌های تجزیه واریانس تاثیر مواد ضدتعرق روی صفات کیفی و بیوشیمیایی میوه (جدول ۱و۳) نشان داد که کاربرد این مواد بر ضخامت پوست میوه، سفتی هسته، Ph، فنل پوست، آنزیم لاکاز، پراکسیداز و لیپواکسیژناز در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری داشته است.

ضخامت پوست، طول آریل و سفتی هسته

کاربرد مواد ضدتعرق تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر ضخامت پوست انار داشتند. نتایج نشان داد که تیمار ZnT، ضخامت پوست را به میزان ۴۲/۵۶ درصد نسبت به شاهد و ۲۵/۱۸ درصد نسبت به تیمار ZnK کاهش داد (جدول۲). افزایش ضخامت پوست در تیمار شاهد می‌تواند به دلیل افزایش تبخیر از سطح میوه و تجمع مواد در پوست میوه باشد. پژوهش‌های گذشته نشان داده‌اند که استفاده از کائولین ۲/۵ درصد سبب کاهش ضخامت پوست میوه در انار شده است (احتشامی، ۱۳۹۱).

کاربرد مواد ضدتعرق بر طول هسته، قطر هسته و قطر آریل تأثیر معنی‌داری نداشتند اما بر طول آریل در سطح ۵ درصد تأثیر معنی‌دار داشت. مطابق با جدول مقایسه میانگین بیشترین طول آریل به ترتیب در تیمار ZnK و توری مشاهده شد (جدول۲). به نظر می‌رسد با محلول پاشی مواد ضدتعرق و کاهش دمای سطح میوه، آب بیشتری به طرف آریل‌ها رفته و موجب افزایش طول آریل شده است. محلول پاشی کائولین ۳ درصد سبب افزایش طول مغز در بادام شده است (محمدی جوارزاری، ۱۳۹۱). همچنین افزایش طول آریل در اثر کاربرد کائولین ۲/۵ درصد گزارش شده است (احتشامی، ۱۳۹۱). کاربرد مواد ضد تعرق تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر شاخص سفتی هسته میوه داشتند. بیشترین سفتی را تیمار TK با مقایسه میانگین ۱۳/۰۱ ایجاد کرد. کمترین سفتی هسته در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد و اغلب تیمارها تقریبا در یک سطح قرار گرفتند. زمانیکه دمای پوست بالا برود آب از سمت آریل به سمت پوست حرکت می‌کند و روغن دانه‌ها در دسترس قرار گرفته که به

1. Erkurt

2. Bonnet and Crouzet

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر مواد کاهنده تبخیر و تعرق بر خصوصیات کیفی انار

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ضخامت پوست	طول آریل	قطر آریل	طول هسته	قطر هسته	سفتی هسته
تیمار	۸	۱/۶۶**	۰/۷۵*	۰/۲۴^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۱۲/۰۷**
خطای آزمایشی	۱۶	۰/۱۱	۰/۳	۰/۲۹	۰/۱۵	۰/۰۳	۱/۲
CV	-	۹/۰۵	۵/۲۲	۷/۸۹	۵/۷۱	۶/۹۵	۱۰/۴۹

ns، * و ** به ترتیب به معنی: معنی دار نیست، معنی‌دار درسطح ۵٪ و ۱٪

عنوان کمک مراقبت از پوست به کار می‌رود (کهرامان‌اوغلو و اوسانماز، ۲۰۱۶). سفتی هسته با میزان تشکیل فیبر در هسته رابطه مستقیمی دارد (ملگارجو[1] و همکاران، ۲۰۰۰). در تیمار شاهد میزان فیبرسازی کاهش پیدا کرده که می‌تواند به دلیل انتقال آب و مواد غذایی محلول در آن به پوست باشد.

کاربرد مواد ضدتعرق تأثیر معنی‌داری بر میزان pH پوست میوه انار نشان داد. میزان pH پوست در تیمار ZnK ۴/۱۸ درصد نسبت به تیمار توری و ۲/۵۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت (شکل۲). pH با مقدار قند رابطه مستقیم و با اسیدهای آلی رابطه عکس داشته و با افزایش تنفس ترکیبات اسیدی به قندهای ساده تبدیل می‌شود. اکسید روی با خاصیت فتوکاتالیستی که دارد موجب شکسته شدن اسیدهای آلی می‌شود (لی[2] و همکاران، ۲۰۱۱). استفاده از نانو ذرات اکسید روی به غلظت ۱/۲۵ گرم در لیتر و ۳ درصد موجب افزایش pH در انگور و توت فرنگی شد (امامی‌فر، ۱۳۹۷؛ امامی‌فر[3] و همکاران، ۲۰۱۵). در دیگر تحقیقات صورت گرفته تفاوت معنی‌داری در میزان pH آب میوه انار محلول‌پاشی شده با کائولین ۲/۵ درصد با شاهد مشاهده نشد (احتشامی، ۱۳۹۱).

نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از تأثیر مواد کاهنده تبخیر و تعرق بر فنل پوست میوه در سطح یک درصد می‌باشد (جدول۳). کمترین میزان فنل کل در تیمار توری و بیشترین آن در ZnTK مشاهده شد. اما تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و دیگر تیمارها مشاهده نشد (شکل ۱). فنل‌ها به صورت گسترده در گیاهان وجود داشته و فراوانترین متابولیت ثانویه در گیاهان می‌باشند. تولید و پایداری ترکیبات فنلی به میزان رسیدگی میوه و درجه حرارت، نور و فعالیت آنزیم‌ها بستگی دارد. با رسیدن میوه ترکیبات فنلی افزایش پیدا می‌کند (وراککودی و همکاران، ۲۰۰۹). میزان ترکیبات فنلی پوست سیب گلدن دلیشز بیرون تاج درخت و آفتاب سوخته نسبت به سیب درون تاج درخت هفت درصد افزایش پیدا کرد (زوپان[4] و همکاران، ۲۰۱۴). کاهش فنل در تیمار توری می‌تواند به دلیل عدم رسیدگی میوه باشد. کاربرد کائولین ۲ و ۴ درصد سبب افزایش ترکیباتی فنلی پوست میوه انار شد (فلاحی، ۱۳۹۱). استفاده از ترکیبات تجاری بر پایه کائولین نیز میزان ترکیبات فنلی را در انار رقم قندهاری به میزان ۲۱ درصد نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی افزایش داد (شارما[5] و همکاران، ۲۰۱۸).مشخص شد که کاربرد مواد ضدتعرق تأثیر معنی‌داری بر آنزیم پراکسیداز میوه در سطح ۱ درصد داشت. بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمارهای TK، ZnK، ZnTK و شاهد اندازه‌گیری شد. تیمارهای توری و T کمترین میزان فعالیت پراکسیداز را داشتند (شکل ۳). مهمترین مکانسیم گیاهان برای مقابله با تنش دما و نور زیاد، تولید مواد آنتی اکسیدانی می‌باشد و گیاهانی که در معرض تنش قرار می‌گیرند فعالیت پراکسیداز را تنظیم می‌کنند. میزان فعالیت آنزیم‌های ضداکسیداسیونی با افزایش دما افزایش پیدا می‌کند. هرچه میزان این مواد کاهش پیدا کند خسارت حاصل از تولید اکسیژن‌های فعال نیز بیشتر می‌شود (آلی[6] و همکاران، ۲۰۱۰). تنظیم چرخه‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر پراکسیداز در پاسخ به تنش‌ها تأیید شده است. علاوه بر این، پراکسیداز در ترمیم بافت‌های آسیب دیده، مکانیسم‌های اتصال متقاطع و اتصال به دیواره سلولی نیز دخیل است، که توسط آن به سیستم دفاعی گیاه کمک می‌کند (پاساردی[7] و همکاران، ۲۰۰۵).

1. Melgarejo
2. Li
3. Emamifar
4. Zupan
5. Sharma
6. Aly
7. Passardi

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر مواد ضدتعرق بر خصوصیات کیفی و بیوشیمیایی انار

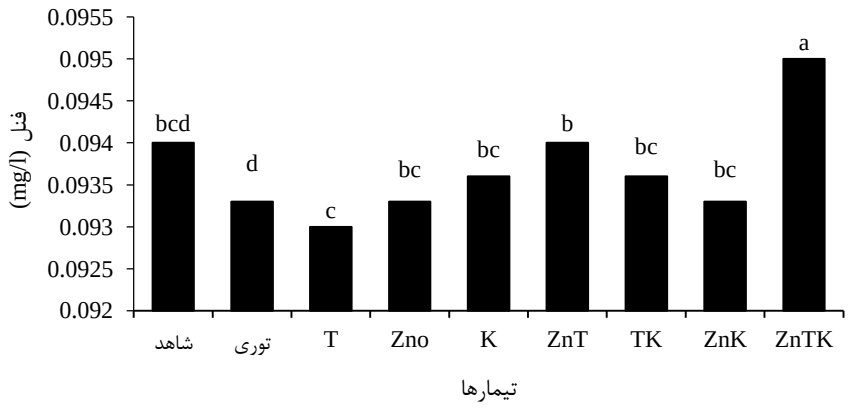
تیمار	ضخامت پوست**	طول آریل*	سفتی هسته**
شاهد	۵/۱۰۴ a	۱۰/۵۸ abc	۵/۵۹ c
توری	۲/۹۸۵ c	۱۰/۹۳ b	۱۰/۷۷ b
T	۳/۲۷ bc	۱۰/۸۸ ab	۱۱/۵۸ ab
ZnO	۳/۳۰۱ bc	۱۰/۷۸ abc	۱۰/۲۱ b
K	۳/۸۱۹ b	۱۰/۶ abc	۱۰/۵۷ b
ZnT	۲/۹۸۱ c	۱۰/۵۶ abc	۱۰/۳۶ b
TK	۳/۸۷۶ b	۹/۸۸ bc	۱۳/۰۱ a
ZnK	۴/۷۳۸ a	۱۱/۳ a	۱۰/۹۳ b
ZnTK	۳/۷۳۲ b	۹/۷۳ c	۱۱/۰۳ ab

* و ** به ترتیب به معنی: معنی دار درسطح ۵٪ و ۱٪. T= تالک، ZnO= اکسید روی، K= کائولین، ZnT= اکسید روی+تالک، TK= تالک+کائولین، ZnK= اکسیدروی+کائولین و ZnTK= اکسیدروی+تالک+کائولین.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مواد ضد تعرق بر خصوصیات بیوشیمیایی انار

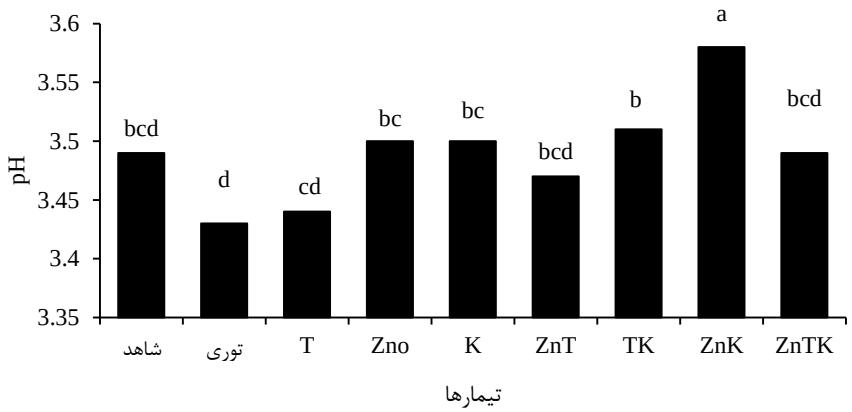
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		pH	فنل پوست	آنزیم پراکسیداز	آنزیم لاکاز	آنزیم لیپوکسیژناز
تیمارها	۸	۰/۰۰۵**	۱/۰۳**	۰/۰۰۰۰۷۱**	۰/۰۹**	۴۸۶۰۳۷۹۱۷**
خطای آزمایشی	۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۲	۸۷۷۳۲۹۳
CV	-	۱/۰۰۸	۰/۴۸	۰/۸۵	۱۴/۸۷	۱۰/۳

ns، * و ** به ترتیب به معنی: معنی دار نیست، معنی دار درسطح ۵٪ و ۱٪



شـــکل ۱- اثر مواد ضـــد تعرق بر فنل پوســـت. حروف متفاوت نشان دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح p≤۰/۰۱ است. T= تالک، ZnO= اکسید روی، K= کائولین، ZnT= اکسید روی+تالک، TK= تالک+کائولین، ZnK= اکسیدروی+کائولین و ZnTK= اکسیدروی+تالک+کائولین

فعالیت آنزیم پراکسیداز در پوست سیب‌هایی که دچار آفتاب سوختگی شده نسبت به سیب‌هایی که در سایه قرار داشتند ۶۰ درصد افزایش پیدا کرد (زوپان و همکاران، ۲۰۱۴). افزایش فعالیت پراکسیداز در تیمارهای TK، ZnK، ZnTK می‌تواند نشان دهنده افزایش تولید پراکسیداز در این تیمارها باشد. در دیگر تحقیقات افزایش فعالیت مواد ضداکسیداسیونی در آریل و پوست انار محلول‌پاشی شده با کائولین ۲ و ۴ درصد نشان داده شده است (فلاحی، ۱۳۹۱).



شـــکل ۲- اثر مواد ضـــد تعرق بر pH پوســـت. حروف متفاوت نشـان دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح $p\leq ۰/۰۱$ است. T= تالک، ZnO= اکسید روی، K= کائولین، ZnT= اکسید روی+تالک، TK= تالک+کائولین، ZnK= اکسیدروی+کائولین و ZnTK= اکسیدروی+تالک+کائولین

طبق نتایج به دست آمده بیشترین میزان فعالیت آنزیم لاکاز در تیمار ZnK مشاهده شد (شکل ۴). از آنجایی که لاکاز در گیاهان سبب افزایش لیگنین سازی می‌شود (پورسل[1] و همکاران، ۲۰۰۵) تاکنون درباره تأثیر کائولین، اکسید روی و تالک بر آنزیم لاکاز در درخت و میوه تحقیقی صورت نگرفته است. از لاکاز برای از بین بردن ترکیبات رنگی (فنلی و غیرفنلی) آب‌های زیرزمینی استفاده شده است و اکسیدهای معدنی مانند اکسید روی سبب عدم تحرک لاکاز و تجزیه رنگی می‌شود (رانی[2] و همکاران، ۲۰۱۷) که در این آزمایش تیمار ZnO یکی از پایین‌ترین سطوح آنزیم لاکاز را داشت. لاکاز بخشی از سیستم سنتزکننده لیگنین‌ها در بافت های چوبی است و همراه با پراکسیداز موجب لیگنینی شدن می‌شود. لاکاز از اولین آنزیم‌هایی است که قادر به پلیمریزاسیون مونومرهای لیگنین می‌باشد. پراکسید هیدروژن مورد نیاز لاکاز برای این فرآیند توسط آنزیم پراکسیداز فراهم می‌شود (گسپار و همکاران، ۱۹۸۵).

لیپواکسیژناز به غشا سلول حمله و پراکسیداسیون لیپیدی غشا را آغاز می‌کند. طبق نتایج به دست آمده کمترین میزان فعالیت این آنزیم در تیمار کائولین و بیشترین فعالیت آن در تیمار ZnTK مشاهده شد (شکل۵) به گونه‌ای که میزان فعالیت این آنزیم را نسبت به تیمار شاهد و ZnTK به میزان ۶۶ و ۷۷ درصد کاهش داد. Surround WP® یک شرکت تجاری آمریکایی تولیدکننده در زمینه مواد منعکس کننده نور می‌باشد که محصولات خود را بر پایه کائولین تولید می-کند. در آزمایشی که درباره تأثیر این ماده بر روی انار رقم قندهاری و سیب رقم دلیشز صورت گرفت، میزان فعالیت آنزیم لیپواکسیژناز در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی ۳۵ و ۲۶ درصد کاهش پیدا کرد (شارما و همکاران، ۲۰۱۸؛ شارما و همکاران، ۲۰۲۰).

نتیجه‌گیری کلی

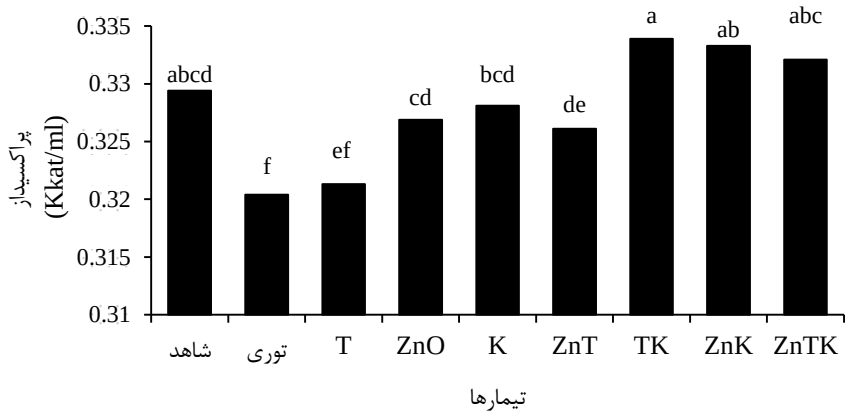
بر اساس نتایج این تحقیق، مواد کاهنده تششع مثل اکسیدروی جایگزین مناسبی برای پرده های توری می باشد. این مواد نه تنها از لحاظ هزینه مصرف مقرون به صرفه بوده بلکه بدلیل سهولت مصرف، می‌توان از آنها در مناطقی که مشکلات آفتاب سوختگی و کاهش کیفیت میوه در اثر تششع بالا را دارند، با غلظت حداکثر ۲ درصد استفاده نمود.

سپاسگزاری

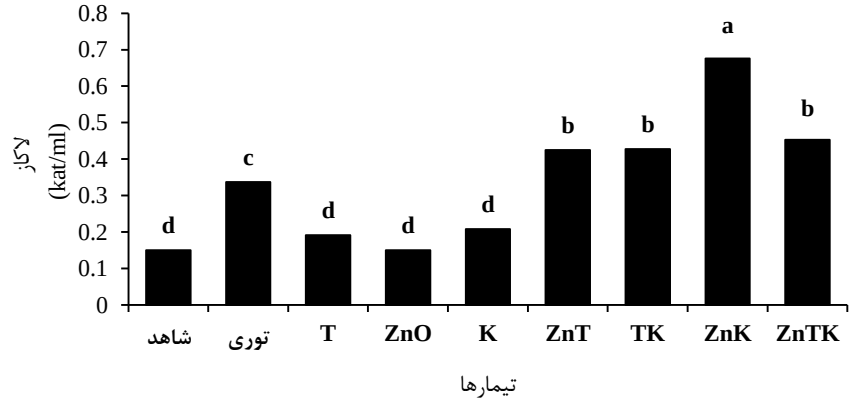
بدینوسیله از سازمان برنامه و بودجه کشور از معاونت محترم توسعه امور علمی و فرهنگی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی بدلیل تأمین منابع مالی طرح و همچنین از جهاد دانشگاهی بدلیل نظارت مستمر بر اجرای طرح قدردانی می‌گردد.

1. Pourcel

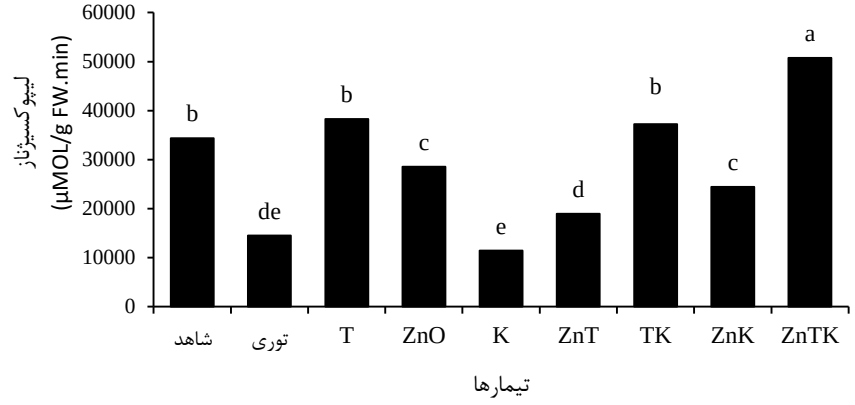
2. Rani



شکل ۳- اثر مواد ضدتعرق بر آنزیم پراکسیداز. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح p≤۰/۰۱ است. T= تالک، ZnO= اکسید روی، K= کائولین، ZnT= اکسید روی+تالک، TK= تالک+کائولین، ZnK= اکسیدروی+کائولین و ZnTK= اکسیدروی+تالک+کائولین



شکل ۴- اثر مواد ضدتعرق بر آنزیم لاکاز. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح p≤۰/۰۱ است. T= تالک، ZnO= اکسید روی، K= کائولین، ZnT= اکسید روی+تالک، TK= تالک+کائولین، ZnK= اکسیدروی+کائولین و ZnTK= اکسیدروی+تالک+کائولین



شکل ۵- اثر مواد ضدتعرق بر آنزیم لیپواکسیژناز. حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها در سطح p≤۰/۰۱ است. T= تالک، ZnO= اکسید روی، K= کائولین، ZnT= اکسید روی+تالک، TK= تالک+کائولین، ZnK= اکسیدروی+کائولین و ZnTK= اکسیدروی+تالک+کائولین

منابع

احتشامی، س. ۱۳۹۱. تأثیر کائولین و پاکت‌گذاری بر آفتاب سوختگی و برخی ویژگی‌های کیفی انار رقم رباب نیریز. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان.

امامی‌فر، آ. ۱۳۹۷. ارزیابی تأثیر پوشش خوراکی نانوذرات اکسید روی بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی انگور سیاه طی انبارداری. فناوری‌های نوین غذایی، ۴(۵): ۶۶۳-۶۸۰.

شاکری، م.، اشکان، س.م. و زکیئی، ز. ۱۳۸۵. آفتاب سوختگی تنه و سرشاخه درختان انار و راه‌های کنترل آن. علوم کشاورزی ایران، ۳۷(۱): ۹۳-۱۰۰.

فلاحی، ف.۱۳۹۱. اثر کائولین بر کاهش آفتاب سوختگی، قهوه‌ای شدن آریل ها و ویژگی های کیفی میوه انار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ولی عصر رفسنجان.

محمدی جوارزاری، ع. ۱۳۹۱. برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی کائولین بر شاخص‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک و کمیت و کیفیت خشک میوه بادام. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه شیراز.

مرادی‌نژاد، ف.، خیاط، م. و حامدی، ف. ۱۳۹۷. تأثیر پاکت‌گذاری قبل از برداشت بر مقادیر کلسیم، پتاسیم، آهن و کیفیت میوه انار رقم شیشه کب در انبار سرد. تغذیه گیاهان باغی، ۱(۲): ۳۷-۵۰.

Aly, M., Abd El- Megeed, N. and Awad, A. 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(1): 84- 92.

Bhattacharjee, S. 2005. Reactive Oxygen species and oxidative burst: Roles in stress, Senescence and signal transduction in plants. Current Science, 89: 1113-1121.

Bonnet, J.L. and Crouzet, J. 1977. Lipoxygenase from tomato fruit partial purification and study of some properties. Journal of Food Science, 42: 1999-2003.

Boonyanitlpony, P., Kumar, P., Kositsup, B., Baruah, S. and Dutta, J. 2011. Effect of Zinc Oxide Nanoparticles on Roots of Rice (Oryza sativa L). International Conference on Environment and BioScience, 27: 172-176.

Chance, B. and Maehly, A.C. 1955. Assay of catalases and peroxidases. In: Colowick, S.P. and Kaplan, N.O. (Eds.), Methods in Enzymology. Academic Press, New York.

Dwivedi, U.N., Singh, P., Pandey, V.P. and Kumar, A., 2011. Structure–function relationship among bacterial, fungal and plant laccases. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, 68(2): 117-128.

Emamifar, A. and Mohammadizadeh, M. 2015. Preparation and application of LDPE/ZnO nanocomposites for extending shelf life of fresh strawberries. Food technology and biotechnology, 53(4): 488-495.

Erkurt, E.A., Unyayar, A. and Kumbur, H. 2007. Decolorization of synthetic dyes by white rot fungi, involving laccase enzyme in the process. Process Biochemistry, 42(10): 1429-1435.

Gaspar, T., Penel, C., Castillo, F.J. and Greppin, H. 1985. A two-step control of basic and acidic peroxidases and its significance for growth and development. Physiologia Plantarum, 64: 418- 423.

Gavnholt, B. and Larsen, K. 2002. Molecular biology of plant laccases in relation to lignin formation. Physiologia Plantarum, 116(3): 273-280.

Jackson, D., Looney, N.E. and Morley-Bunker, M. 2011. Temperate and subtropical fruit production. CABI.

Kahramanoglu, I. and Usanmaz, S. 2016. Pomegranate production and marketing. CRC Press.

Koutaniemi, S., Warinoski, T., Karkonem, A., Alatalo, E., Fossdal, C.G., Saranppa, P., Lakso, T., Fagerstedt, K.V., Simola, L.K., Paulin, L., Rudd, S. and Teeri, T.H. 2007. Expression profiling of the lignin biosynthetic pathway in Norway spruce using EST sequencing and real-time RT-PCR. Plant Molecular Biology, 65: 311–328.

Li, X., Li, W., Jiang, Y., Ding, Y., Yun, J., Tang, Y. and Zhang, P. 2011. Effect of nano-ZnO-coated active packaging on quality of fresh-cut “Fuji” apple. International Journal of Food Science and Technology, 46(9): 1947–1955.

Melgarejo, P., Sanchez, M., Hernandez, F., Martinez, J.J and Amoros, A. 2000. Parameters for determining the hardness and pleasantness of pomegranates (*Punica granatum* L.). Options Mediterraneennes, 42: 225-230.

Passardi, F., Cosio, C., Penel, C and Dunand, C. 2005. Peroxidases have more functions than a Swiss army knife. Plant Cell Report, 24(5): 255–265.

Pourcel, L., Routaboul, J.M., Kerhoas, L., Caboche, M., Lepiniec, L. and Debeaujon, I. 2005. Transparent Testa10 encodes a laccase-like enzyme involved in oxidative polymerization of flavonoids in Arabidopsis seed coat. The Plant Cell, 17(11): 2966-2980.

Rani, M., Shanker, U., Chaurasia, A.K. 2017. Catalytic potential of laccase immobilized on transition metal oxides nanomaterials: Degradation of Alizarin Red S dye. Journal of Environmental Chemical Engineering, 5(3): 2730–2739.

Rosati, A., Metcalf, S.G., Buchner, R.P., Fulton, A.E. and Lampinen, B.D. 2006. Physiological effects of kaolin applications in well-irrigated and water-stressed walnut and almond trees. Annals of Botany, 98(1): 267-275.

Schrader, L. E., Kahn, C. and Elfving, D. C. 2009. Sunburn browning decreases at-harvest internal fruit quality of apples (*Malus domestica* Borkh.). International Journal of Fruit Science, 9(4): 425-437.

Sharma, R.R., Datta, S.C. and Varghese, E. 2020. Kaolin-based particle film sprays reduce the incidence of pests, diseases and storage disorders and improve postharvest quality of 'Delicious' apples. Crop Protection, 127: 104950 p.

Sharma, R.R., Datta, S.C. and 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.

Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods in Enzymology, 299: 152-178.

Weerakkody, P., Jobling, J., Infante, M.M.V. and Rogers, G. 2009. The effect of maturity, sunburn and the application of sunscreens on the internal and external qualities of pomegranate fruit grown in Australia. Scientia Horticulturae, 124(1): 57-61.

Zupan, A., Mikulic-Petkovsek, M., Slatnar, A., Stampar, F. and Veberic, R. 2014. Individual phenolic response and peroxidase activity in peel of differently sun-exposed apples in the period favorable for sunburn occurrence. Journal of Plant Physiology, 171(18): 1706-1712.