

اثر کائولین بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و آفتاب سوختگی پرتقال رقم واشنگتن ناول^۱

Effect of Kaolin Application on Some Physiological Characteristics and Sunburn in ‘Washington Navel’ Orange

مریم مظفری فرد، مجید راحمی* و الهام اصل مشتاقی^۲

چکیده

یکی از دشواری‌های تولید مرکبات در جنوب ایران، آفتاب سوختگی میوه‌ها در تابستان است. برای جلوگیری از سوختگی برگ و میوه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به مدت دو سال (۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) در یک باغ تجاری در در منطقه جونان، شهرستان داراب، استان فارس انجام شد. فاکتور اول سطح‌های ۰، ۲۰ و ۶٪ کائولین، فاکتور دوم جهت شمال و جنوب درخت و فاکتور سوم زمان نمونه برداری بود. نتیجه‌های آزمایش نشان داد که تیمار کائولین ۳٪ به طور معنی‌داری دمای سایه‌ساز درخت را کاهش داد. تیمار سطح‌های مختلف کائولین اختلاف معنی‌داری با شاهد از نظر کلروفیل کل برگ، بیشینه عملکرد کوانتمومی فتوسیستم II (Fv/Fm)، آهنگ فتوسنتز، هدایت روزنی‌ای و CO₂ زیر روزنی نداشتند، اما تعرق را کاهش دادند. هم‌چنین هر دو غلظت کائولین سبب کاهش سطح، شدت و درصد آفتاب سوختگی شدند به گونه‌ای که توانستند تا ۵۴٪ سطح آفتاب سوختگی را کاهش دهند. به طور کلی، کائولین ۳٪ بدون اثر بر مقدار فتوسنتز جهت کاهش آفتاب سوختگی در مرکبات به ویژه در باغ‌های تجاری پرتقال رقم واشنگتن ناول در طول رشد و نمو پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آفتاب سوختگی، تعرق، دمای سایه‌ساز، کائولین.

مقدمه

دمای بهینه برای رشد مطلوب درختان مرکبات ۱۶ تا ۲۸ درجه سلسیوس است. گرمای بالاتر از ۴۰ درجه سلسیوس باعث سوختگی برگ‌ها و سرشاخه‌های جوان و کاهش آب و کیفیت میوه می‌شود که بیشتر در استان‌های جنوبی کشور پیش می‌آید (۲). خطر تغییرهای دمایی و هم‌چنین خشکسالی در استان فارس با توجه به موقعیت جغرافیایی و هم‌چنین اقلیم آن وجود دارد. یکی از دشواری‌های مهم در بسیاری از منطقه‌های میوه‌کاری استان، دماهای بسیار بالا در فصل تابستان می‌باشد و این مسأله در سال‌هایی که خشکسالی اتفاق می‌افتد، بسیار حادتر و خسارت‌های ناشی از آن نیز شدید می‌شود. اثرهای مخرب دماهای بالا در فراورده‌های باغی مختلف می‌تواند متفاوت باشد، اما نتیجه آن در تمامی این باغ‌ها، کاهش کمی و کیفی فراورده و هم‌چنین ضعف عمومی درختان خواهد بود. برای مثال دماهای بالا در باغ‌های پرتقال سبب آفتاب سوختگی در میوه‌ها می‌شود و میوه بازارپسندی خود را از

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲۶

۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و دانشجوی پیشین دکتری علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (rahemi@shirazu.ac.ir).

دست می‌دهد (۴). گرمای تولید شده در هنگام قرار گرفتن مستقیم در برابر نور شدید خورشید، می‌تواند باعث ایجاد لکه روی میوه شود و به آن آسیب بزند، همچنین باعث ایجاد لکه‌های کمبیزینگی و بافت‌مرده روی برگ شود و زمینه را برای شانکرهای پوستی مناسب کند. در سطحی از میوه که در برابر خورشید قرار دارد، قسمت‌های قهوه‌ای و چرمی آفتاب‌سوخته، گسترش می‌یابد. بعضی از میوه‌ها کمی نامتعادل و کج می‌شوند. اثرهای آفتاب‌سوختگی میوه در رقم‌هایی که میوه‌های خود را در قسمت خارجی درخت تولید می‌کنند، بدتر است. آفتاب‌سوختگی می‌تواند از راه‌های مختلف بر درختان مرکبات اثر گذارد: از جمله سوختگی میوه، برگ‌ها و پوست که ممکن است به دلیل تابش مستقیم خورشید یا بادهای گرم و خشک همراه با جذب رطوبت ناکافی باشد (۱۷). تغییر موقعیت میوه ناشی از افزایش وزن یا تغییرهای ناگهانی به دلیل هرس تابستانه، شکستگی شاخه، ریزش برگ و آسیب‌های دیگر، میوه را در برابر سطح‌های بالایی از پرتو خورشید قرار می‌دهد، دمای سطح میوه را افزایش می‌دهد و میوه در برابر پرتو UV قرار می‌گیرد (۲۷). در برخی از رقم‌های مرکبات تا ۲۰٪ محصول در اثر آسیب آفتاب‌سوختگی از دست می‌رود و در گرمای شدید تلفات بیشتری به محصول وارد می‌شود (۱۷). یکی از راهکارهای محافظت از میوه در برابر آفتاب‌سوختگی، استفاده از آبیاری بارانی برای خنک کردن سایه‌ساز و میوه می‌باشد (۲۶). البته به دلیل کمبود آب و مقدار بالای نمک آن، که می‌تواند از راه شوری به سایه‌ساز آسیب بزند، این راهکار به ندرت گزینه‌ای مناسب در اقلیم خشک است (۲۵). این سیستم به فناوری‌های جدید، هزینه‌های بالا و همچنین آب کافی برای این منظور نیاز دارد ضمن این‌که سبب گسترش برخی بیماری‌ها نیز می‌شود. روش دیگر استفاده از شبکه‌های رنگی به عنوان سایه‌بان است (۲۵)، که نیازمند صرف هزینه‌های بسیار بالا می‌باشد.

در سال‌های پیشین، استفاده از کائولین که یک ماده سفید رنگ از آلمینوسیلیکات $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ است، به عنوان یک راهکار جدید مطرح شده است. این ماده از نظر شیمیایی در گستره وسیعی از pH بدون تغییر می‌ماند. از ویژگی‌های این ماده داشتن رنگ سفید، دارا بودن ویژگی پوششی بسیار خوب، نرمی و غیرسایشی بودن آن، قابلیت انداخته‌دادن جریان الکتریسیته و گرما، قیمت ارزان، بی اثر بودن از نظر شیمیایی، قطر کمتر از ۲ میکرومتر، قدرت پراکندگی بالا و ایجاد پوشش یکنواخت، نبود اختلال در تبادل گازی برگ به دلیل منفذدار بودن این ماده، عبور پرتو فعال فتوستنتزی از خود و ایجاد محدودیت در عبور پرتوهای فروسرخ و فرا بنفش، ایجاد تغییر در رفتار حشرات و بیماری‌زها و حذف آسان از روی فراورده‌ها با شستشوی ساده می‌باشد (۱۴). کاربرد کائولین در مرکبات در هنگام ظهر، هدایت روزنگاری و بیشترین مقدار فتوستنتز (A_{\max}) را بهبود بخشیده است اما در صبح این افزایش مشاهده نشده است (۱۸). کائولین فتوستنتز و بهره‌وری مصرف آب را در گریپ‌فروت افزایش داده است (۱۷). همچنین گلن و همکاران (۱۲) دریافتند که در سیب، کاربرد کائولین در شرایط اشباع نوری باعث افزایش کارایی فتوستنتز برگ‌ها، به وسیله کاهش دمای سطح برگ می‌شود. کائولین تنفس روز را ۶۰ تا ۷۰٪ نسبت به شاهد کاهش داد که کاهش تنفس خود باعث حفظ ماده‌های حاصل از فتوستنتز می‌شود (۱۶). برمه و همکاران (۱) بیان کردند که کائولین دمای برگ را پایین آورد، از مقدار تعرق زیتون کاست، مقدار آب گیاه را افزایش داد و باعث کاهش هدایت روزنگاری در فصل رشد شد. در تاکهای تیمار شده با کائولین بسته شدن روزنگاری و افزایش پتانسیل آب برگ، به آن‌ها در حفظ آب و افزایش راندمان مصرف آب کمک می‌کند (۱۵). اثر مثبت کائولین برای کاهش آفتاب‌سوختگی و بهبود رنگ میوه، به عنوان نتیجه‌ای از بالا بردن بازتاب پرتو خورشیدی و در نتیجه کاهش در دمای میوه، به طور گسترده برای سیب (۱۱، ۲۵)، انار (۳۴) و

گوجه‌فرنگی (۸) گزارش شده است. کاهش آسیب آفتاب سوختگی تا ۵۰٪ نیز در میوه‌ها بیان شده است (۱۴). بنابراین این پژوهش، به منظور بررسی اثر محلول پاشی کائولین بر شاخص‌های فیزیولوژیک و کاهش آفتاب سوختگی میوه پرتقال رقم واشنگتن ناول طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در یک باغ تجاری پرتقال واشنگتن ناول (*Citrus sinensis* cv. Washington Navel) ۷ ساله در منطقه جونان شهرستان داراب استان فارس اجرا شد. درختان با فاصله ۶ متر کاشته شده بودند و جهت کاشت درختان شمالی-جنوبی بود. درختان با سیستم آبیاری قطره‌ای آبیاری و عملیات زراعی با نظر باگدار اعمال می‌شد. فاکتور اول شامل سطح‌های ۰، ۳ و ۶٪ کائولین، فاکتور دوم شامل سمت شمال و جنوب درختان و فاکتور سوم زمان نمونه‌برداری بود.

ویژگی‌های فتوسنتزی

با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز (LCA₄, BioScientific Ltd., UK), سرعت فتوسنتز، مقدار تعرق، هدایت روزنگاری و مقدار CO₂ زیر روزنگار خوانده شد. محفظه برگی در هر اندازه‌گیری در جهتی قرار می‌گرفت که بیشینه دریافت مستقیم نور خورشید را در شرایط مزرعه داشته باشد.

مقدار کلروفیل کل برگ

نمونه‌برداری از برگ‌های قسمت جنوبی و شمالی درختان مورد آزمایش به‌طور تصادفی انجام شد. برگ‌های جدا شده از درختان بی‌درنگ با نگهداری روی یخ و شرایط تاریکی به آزمایشگاه منتقل شدند. اندازه‌گیری کلروفیل به روش شیمیایی (۱۶) انجام شد. یک گرم برگ تازه با مقداری استون ۸۰٪ درون هاون له شد. عصاره حاصل درون لوله سانتریفیوژ ریخته و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۸۰۰ rpm سانتریفیوژ (مدل SW14R, ساخت فرانسه) شد. پس از سانتریفیوژ، محلول رویی جدا و در بالان‌های حجمی ۲۵ میلی‌لیتری با استون ۸۰٪ به حجم رسانیده شد. سپس مقدار جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل 20-UV-120-20) (ژاپن) در دو طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد. از استون ۸۰٪ به عنوان شاهد استفاده شد. سپس، با فرمول زیر مقدار کلروفیل کل برگ محاسبه شد:

$$\text{میلی گرم کلروفیل کل} = \frac{\text{حجم استون مصرف شده}}{\text{وزن نمونه}} \times \frac{[20.2(D_{645}) + 8.02(D_{663})]}{1000}$$

D: عبارت است از مقدار جذب نمونه‌ها در دو طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر.

دمای سایه‌ساز

با استفاده از دماسنچ فروسرخ (Infrared Thermometer Model: 8895) در ساعت ۱۲ ظهر تابستان، دمای چند نقطه از قسمت‌های مختلف سایه‌ساز (به صورت جداگانه برای سمت شمال و جنوب سایه‌ساز درخت) ثبت و میانگین آن‌ها به عنوان دمای سایه‌ساز گزارش شد.

سنجه بیشینه عملکرد کوانتمی فتوسیستم II (F_v/F_m)

برای اندازه‌گیری بیشینه عملکرد کوانتمی فتوسیستم II، از هر درخت چهار برگ جوان به‌طور کامل توسعه یافته، دو برگ از شمال درخت و دو برگ از قسمت جنوب درخت انتخاب و پس از پاک کردن

گرد و غبار، با وصل کردن گیرهای مخصوص در قسمت میانی برگها، شرایط تاریکی برای قسمتی از برگ ایجاد شد. مدت زمان سازگاری برگها به تاریکی ۲۰ دقیقه بود و پس از آن با استفاده از دستگاه کلروفیل فلورومتر (Chlorophyl Fluorometer OS: 30P, USA)، شاخص F_v/F_m اندازه‌گیری و ثبت شد.

سرعت فتوسنتز، مقدار تعرق، هدایت روزنایی و مقدار CO_2 زیر روزنایی در چهار زمان شامل: ۱: $91/3/17$:۲، $91/4/24$:۳، $91/5/22$:۴ و $91/8/1$:۵، با استفاده از دستگاه فتوسنتزمر، اندازه‌گیری شد. در این تاریخ‌ها و هم‌چنین در تاریخ‌های $92/5/19$, $92/4/26$, $92/3/19$ و $92/8/1$ نمونه‌های برگی از دو سمت درخت به منظور اندازه‌گیری کلروفیل جمع‌آوری شدند. دمای سایه‌ساز به وسیله دماسنجه بیشینه عملکرد کوانتمومی فتوسیستم (Fv/Fm) (II) با استفاده از دستگاه کلروفیل فلورومتر در دو جهت درخت در چهار تاریخ $92/5/19$, $92/4/26$, $92/3/19$ و $92/8/1$ اندازه‌گیری شد.

آفتاب سوختگی

در زمان برداشت مقدار سوختگی میوه‌ها در ۵ عدد میوه در هر جهت درخت (درصد)، سطح سوخته شده (درصد) و شدت سوختگی اندازه‌گیری شد. میوه‌ها پس از برداشت به صورت چشمی ارزیابی شدند و قسمت‌های سوخته نشانه‌گذاری شد. از هر تیمار تعداد میوه‌های آفتاب‌سوخته شمارش و به درصد بیان شد. به منظور ارزیابی شدت سوختگی از روش امتیازدهی استفاده شد.

به این ترتیب که عدد ۰ به میوه‌های سالم و بدون سوختگی

عدد ۱ = میوه‌های دارای آفتاب‌سوختگی خیلی کم، عدد ۲ به میوه‌های دارای آفتاب‌سوختگی کم، عدد ۳ به میوه‌های دارای آفتاب‌سوختگی متوسط، عدد ۴ به میوه‌های دارای آفتاب‌سوختگی زیاد و عدد ۵ به میوه‌های دارای آفتاب‌سوختگی خیلی زیاد اختصاص داده شد.

به منظور محاسبه دقیق مساحت آفتاب‌سوخته، پس از علامت‌گذاری قسمت‌هایی از پوست که دچار سوختگی شده بودند، پوست میوه‌ها از گوشت جدا شد و قسمت سوخته و سالم از هر میوه به طور جداگانه در زیر دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ^۱ ساخت شرکت Delta-T قرار داده شد، دستگاه مجهر به دوربینی (با مدل HITACHI-KP-D40E/K) می‌باشد که از جسم زیر دستگاه عکس برداری می‌کند و با نرم‌افزار WinDIAS که طول مشخصی را برای آن تعریف کرده و با توجه به رنگ، مساحت را تشخیص می‌دهد و بر حسب میلی‌متر مربع، مساحت هر ناحیه را می‌خواند. در پایان، با توجه به مساحت سوخته و مساحت کل پوست میوه درصد سوختگی هر میوه اندازه‌گیری شد.

تجزیه آماری

از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ برای واکاوی دادها استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها نیز براساس آزمون LSD انجام گرفت. ساختار آماری آزمایش به صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در چهار درخت و اکاوی شد و نتیجه‌های آن به طور کامل ارائه شده است.

نتایج

اثر سال در جدول‌های تجزیه واریانس مرکب در دو سال معنی‌دار نبود، بنابراین از داده‌های دو سال میانگین گرفته شد. مقایسه میانگین‌های دمای سایه‌ساز (شکل ۱) نشان می‌دهد که تیمار کائولین 3% به طور معنی‌داری

دماهی سایه‌ساز درخت را نسبت به درختان شاهد کاهش داده است، اما غلظت ۶٪ تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت.

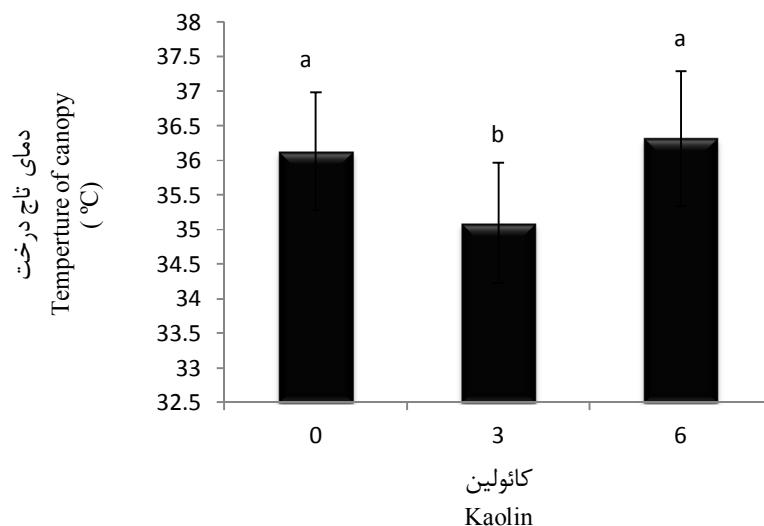


Fig. 1. The main effect of kaolin on the orange tree canopy temperature. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

شکل ۱- اثر اصلی کائولین بر دماهی سایه‌ساز درخت پرتقال. میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

در زمان‌های ۱، ۲ و ۳ دماهی سایه‌ساز درخت بین جهت شمال و جنوب، تفاوت معنی‌داری با هم نداشت، اما در مرحله ۴ دماهی جهت جنوبی درخت به‌طور معنی‌داری بیشتر از سمت شمالی درخت بود (شکل ۲).

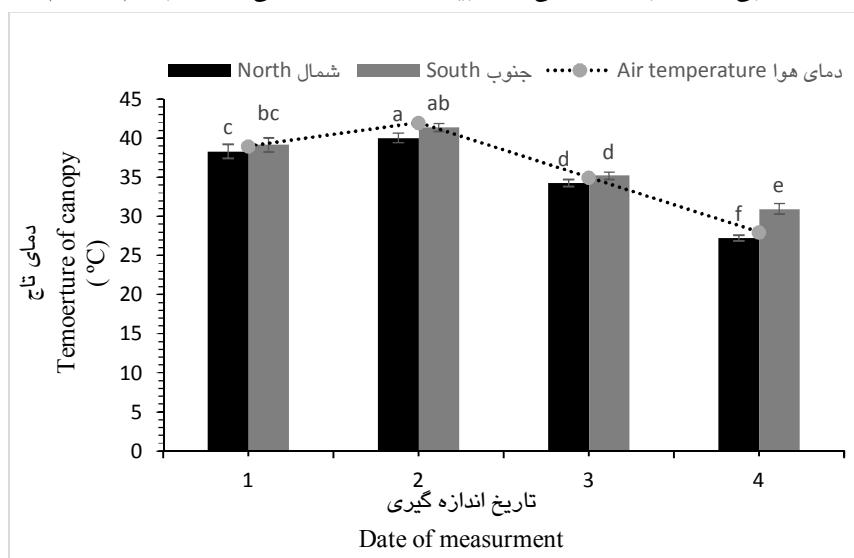


Fig. 2. Interaction of measuring date (Time 1: June, Time 2: July, Time 3: August, Time 4: November) and tree direction on the orange tree canopy temperature. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

شکل ۲- برهمکنش تاریخ اندازه‌گیری (زمان ۱: خرداد ماه، زمان ۲: تیر ماه، زمان ۳: مرداد ماه، زمان ۴: آبان ماه) و جهت درخت بر دماهی سایه‌ساز درخت پرتقال. میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

مقایسه میانگین‌های مقدار کلروفیل کل برگ (شکل ۳) نشان داد، کاربرد تیمار کائولین مقدار کلروفیل برگ را کاهش داد و بین تیمارهای ۳ و ۶٪ کائولین تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD مشاهده نشد.

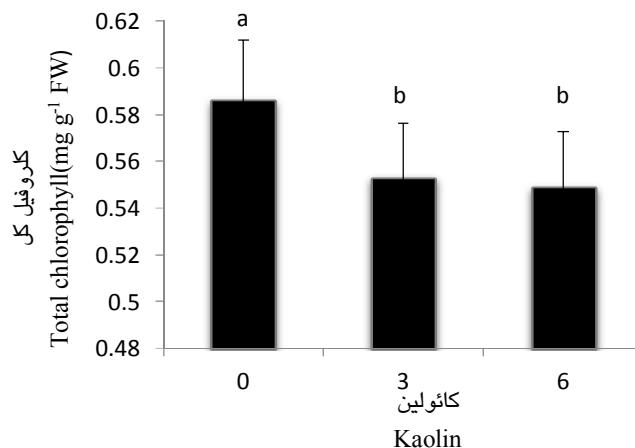


Fig. 3. The main effect of kaolin on orange total leaf chlorophyll content. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

شکل ۳- اثر اصلی کائولین بر مقدار کلروفیل کل برگ پرتوال. میانگین‌هایی که حروفی مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

مقدار کلروفیل با گذشت زمان (از فصل بهار (زمان ۱) به سمت فصل تابستان (زمان ۲ و ۳)) کاهش و در پاییز (زمان ۴) کمی افزایش یافت. بین غلظت‌های مختلف کائولین و شاهد در یک زمان اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در پایان تاریخ نمونه‌برداری، تیمار ۳٪ کائولین بیشترین مقدار کلروفیل را داشت (شکل ۴).

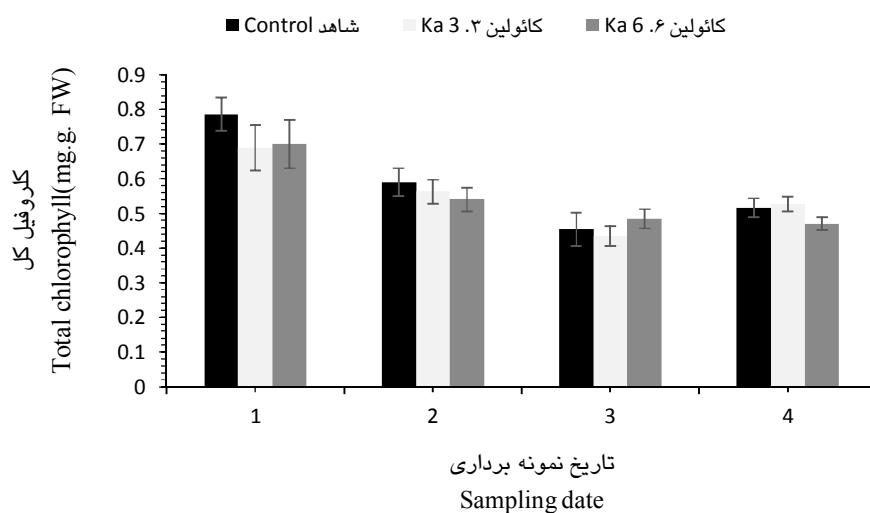


Fig. 4. Interaction effects of sampling date (Time 1: June, Time 2: July, Time 3: August, Time 4: November) and kaolin spray treatment on orange total leaf chlorophyll content. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

شکل ۴- اثر برهمکنش تاریخ نمونه‌برداری (زمان ۱: خرداد ماه، زمان ۲: تیر ماه، زمان ۳: مرداد ماه، زمان ۴: آبان ماه) و تیمار محلول‌پاشی کائولین بر مقدار کلروفیل کل برگ پرتوال. میانگین‌هایی که حروفی مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

با توجه به جدول ۱، گرچه اثر تیمارها بر بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستم II معنی‌دار نبود، اما نتیجه‌های نشان داد که درختان تیمار شده با کائولین ۳٪ در تنفس کمتری نسبت به سایر تیمارها قرار داشتند.

جدول ۱- برهمکنش محلول پاشی کائولین، موقعیت میوه و زمان (زمان ۱: ۹۲/۳/۱۹، زمان ۲: ۹۲/۴/۲۶، زمان ۳: ۹۲/۵/۱۹، زمان ۴: ۹۲/۸/۱) بر فلورسانس کلروفیل (fv/fm) درخت پرتقال.

Table 1. The interaction of kaolin foliar application, fruit position and sampling date (Time 1: 9.6. 2013, Time 2: 17.7.2013, Time 3: 10.8.2013, Time 4: 23.10.2013) on chlorophyll fluorescence (fv/fm) in orange tree.

		جهت Direction							
سطح‌های کائولین Kaolin levels (%)		جنوب South				شمال North			
		زمان ۱ Time 1	زمان ۲ Time 2	زمان ۳ Time 3	زمان ۴ Time 4	زمان ۱ Time 1	زمان ۲ Time 2	زمان ۳ Time 3	زمان ۴ Time 4
0	0.711 f-j†	0.697 ij	0.772 a-d	0.735 d-i	0.707 h-j	0.688 j	0.745 b-h	0.796 a	
3	0.737 c-i	0.718 e-j	0.764 a-d	0.751 b-f	0.709 g-j	0.708 h-j	0.754 a-e	0.781 ab	
6	0.763 a-d	0.695 ij	0.751 b-g	0.735 d-i	0.713 e-j	0.70 ij	0.714 e-j	0.778 a-c	

†Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

امیانگین هایی که حرف‌های مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

بیشترین مقدار فتوسنتز به تیمار ۳٪ کائولین مربوط می‌شد، البته تیمارهای کائولین تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند، در حالی‌که بین غلظت‌های مختلف کائولین تفاوت معنی‌دار وجود داشت (شکل ۵).

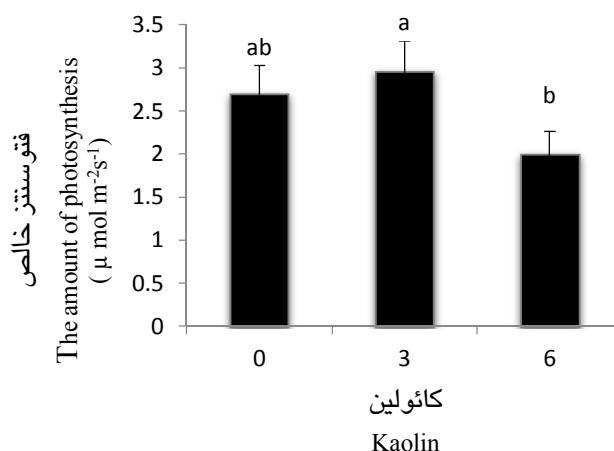


Fig. 5. The main effect of kaolin on the amount of photosynthesis in orange tree. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

شکل ۵- اثر اصلی کائولین بر مقدار فتوسنتز درخت پرتقال. میانگین هایی که حرف‌های مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

به طور کلی تیمار کائولین باعث کاهش مقدار تعرق از سطح برگ شد. اگرچه بین سطح‌های مختلف کائولین تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی هر دو سطح با شاهد تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال ۵٪ آزمون نشان دادند (شکل ۶).

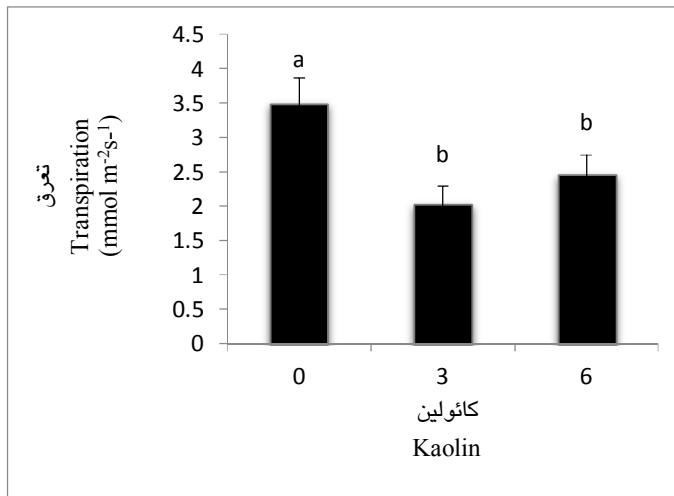


Fig. 6. The main effect of kaolin on the leaf transpiration in orange tree. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

شکل ۶- اثر اصلی کائولین بر مقدار تعرق از سطح برگ پرترال. میانگین هایی که حرفهای مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

نتیجه های اندازه گیری هدایت روزنہ ای (شکل ۷) نشان داد که کائولین ۶٪ به طور معنی داری باعث کاهش هدایت روزنہ ای شد، اما کائولین ۳٪ تفاوت معنی داری با شاهد نداشت.

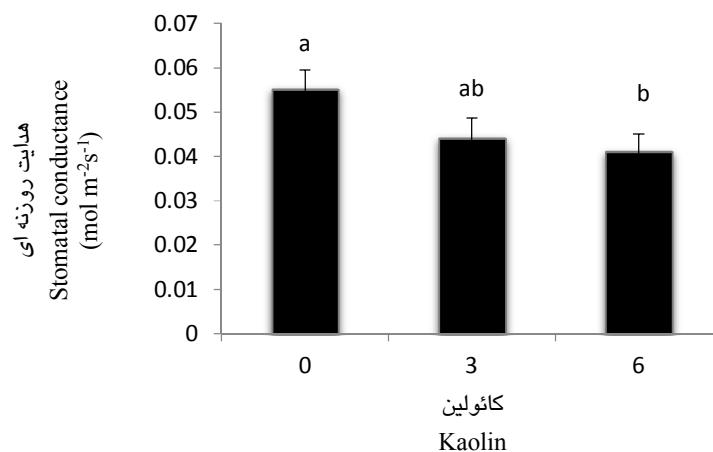


Fig. 7. The main effect of kaolin on the stomatal conductance in orange tree. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

شکل ۷- اثر اصلی کائولین بر مقدار تبادلات گازی روزنہ برگ پرترال. میانگین هایی که حرفهای مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

تیمارهای کائولین تفاوت معنی داری با شاهد در مقدار CO_2 زیر روزنہ ای نداشتند، اما کمترین مقدار تجمع CO_2 زیر روزنہ در غلظت ۳٪ کائولین مشاهده شد (شکل ۸).

با توجه به نتیجه های جدول ۲، تیمار محلول پاشی کائولین مقدار سطح آفتاب سوخته میوه را به طور معنی داری کاهش داد، به گونه ای که کمترین سطح آفتاب سوخته در غلظت ۰.۶٪ (۷/۳۷٪) و بیشترین سطح سوختگی در شاهد (۱۶/۱۷٪) مشاهده شد (جدول ۲).

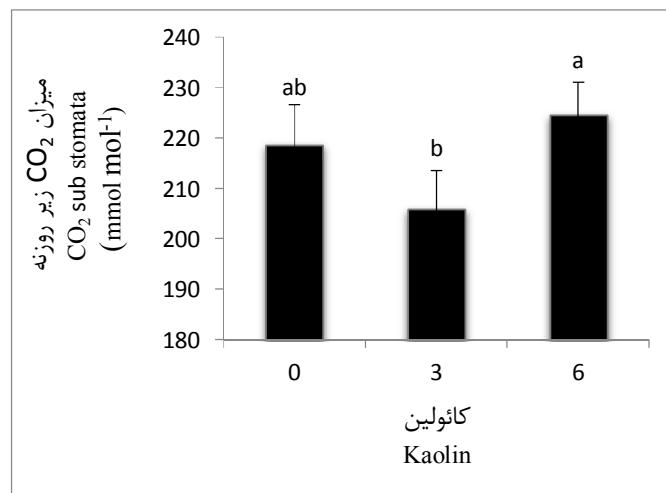


Fig. 8. The main effect of kaolin on the sub stomatal CO_2 in orange tree. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

شکل ۸- اثر اصلی کائولین بر مقدار CO_2 زیر روزنہ پرتقال. میانگین هایی که حرفهای مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۲- برهمکنش محلولپاشی کائولین و موقعیت میوه بر درصد سطح آفتابسوخته میوه پرتقال.

Table 2. The interaction of kaolin spray and fruit position on percentage of sunburn area of orange fruit.

سطح‌های کائولین Kaolin levels (%)	موقعیت میوه Fruit position	
	جنوب South	شمال North
0	21.55 a †	10.79 bc
3	12.32 b	3.13 d
6	11.31 b	3.44 cd

†Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

‡میانگین هایی که حرفهای مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

کائولین بر شدت آفتابسوختگی اثر معنی دار داشت و غلظت ۳٪ کمترین شدت سوختگی (۰/۸۸) و شاهد بیشترین شدت (۰/۷۲) را نشان داد (جدول ۳).

جدول ۳- برهمکنش محلولپاشی کائولین و موقعیت میوه بر شدت آفتابسوختگی میوه پرتقال.

Table 3. The interaction of kaolin spray and fruit position on the intensity of sunburn of orange fruit.

سطح‌های کائولین Kaolin levels (%)	موقعیت میوه Fruit position	
	جنوب South	شمال North
0	2.53 a †	1.62 b
3	1.26 bc	0.5 c
6	1.7 b	0.65 bc

†Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

‡میانگین هایی که حرفهای مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

کائولین بر تعداد میوه آفتابسوخته (به درصد) نیز اثر معنی داری داشت به طوری که کمترین تعداد میوه آفتابسوخته در غلظت ۳٪ (۴۴٪/۸۱) و بیشترین تعداد میوه آفتابسوخته در شاهد (۷۶٪/۸۸) مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۴- برهمکنش محلول پاشی کائولین و موقعیت میوه بر درصد میوه آفتابسوخته پر تقال.

Table 4. The interaction of kaolin spray and fruit position on percent of sunburn orange fruit.

سطح های کائولین Kaolin levels (%)	موقعیت میوه	
	Fruit position	
	جنوب South	شمال North
0	80 a†	73.75 a
3	59.5 ab	30.13 c
6	70 a	42.5 bc

†Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

امیانگین هایی که حرف های مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

به طور کلی، بین سطح های مختلف کائولین بر سطح میوه آفتابسوخته، شدت سوختگی و تعداد میوه آفتابسوخته تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول های ۲، ۳ و ۴). موقعیت میوه بر سطح آفتابسوخته، شدت آفتابسوختگی و تعداد میوه آفتابسوخته اثر معنی داری نشان داد و میوه هایی که در قسمت شمالی بودند نسبت به ناحیه جنوبی درخت، سطح، شدت و تعداد میوه آفتابسوخته کمتری داشتند (جدول های ۲، ۳ و ۴).

برهمکنش تیمار محلول پاشی کائولین و موقعیت میوه بر سطح آفتابسوخته، شدت سوختگی و تعداد میوه آفتابسوخته اثر معنی داری نداشت، هرچند که کمترین سطح سوختگی (۳٪/۱۲)، شدت سوختگی (۰٪/۵) و تعداد میوه سوخته (۳۰٪/۱۳) مربوط به تیمار کائولین ۳٪ بود که در ناحیه شمالی درخت بودند و بیشترین سطح آفتابسوخته (۵۵٪/۲۱)، شدت آفتابسوختگی (۵۲٪/۲) و تعداد میوه آفتابسوخته در میوه های شاهد در قسمت جنوبی درخت مشاهده شد (جدول های ۲، ۳ و ۴).

بحث

حضور ذرات معدنی، بر سطح میوه و برگ با دخالت در فرایندهای فیزیولوژیکی، و بیشتر با گرما، تعادل تابش و تبادل گاز همراه می باشد (۸، ۳۳). زیاد بودن این بقایا در فعالیت روزنامه ها اختلال به وجود می آورد و دمای برگ را بالا می برد. به همین دلیل غلظت بالاتر کائولین (۶٪) نتوانست دمای سایه سار را کاهش دهد که با یافته های دیگر پژوهشگران (۷) همسویی دارد. فناوری پوشش نازک کائولین، تنفس گرمایی را کاهش می دهد و منجر به تولید میوه و سبزی های با کیفیت بالا می شود (۱۹، ۱۴). کاهش دمای برگ به دلیل بازتابش نور با کائولین به وسیله سایر پژوهشگران گزارش شده است (۱۲، ۱۸، ۲۶). کاهش دمای سایه سار در این پژوهش نیز به احتمال زیاد می تواند به دلیل افزایش بازتابش نور و کاهش جذب آن باشد. اثرهای کائولین روی دمای سایه سار با نتیجه های به دست آمده برای بسیاری از گونه های درختی از جمله سیب (۱۲، ۳۶)، انار (۲۵)، پکان (۲۲)، گردو (۲۹)، گلابی (۱۸) و مرکبات (۲۲) همسو می باشد. در همه آن ها کائولین دمای برگ و یا سایه سار را ۱ تا ۶ درجه سلسیوس کاهش داده است. نتیجه های حاصل از این پژوهش نشان داد که مقدار کلروفیل کل برگ در زمان های مختلف اندازه گیری، بین سطح های مختلف کائولین و شاهد تفاوت معنی داری با هم نداشت. نتیجه های ما با یافته های فرازمند (۵) روی درختان انار که نشان داد مقدار کلروفیل برگ در درختان شاهد و محلول پاشی شده با کائولین اختلاف معنی دار با هم نداشتند، همسو

است. کائولین اثر معنی‌داری بر مقدار کلروفیل در زیتون (۱) و گریپ‌فروت (۱۸) نداشت، اما در گل مریم (۲۴)، بادمجان (۲۸)، لوبيا (۳۲) و بادام (۶) مقدار کلروفیل را افزایش داد.

فلورسانس فتوسیستم II می‌تواند به عنوان یک ابزار مهم در تعیین مقدار تنفس در گیاهان به کار رود. نسبت F_v/F_m بیشینه عملکرد کواتنمی فتوسیستم II را نشان می‌دهد و یک عامل مهم برای تعیین وضعیت دستگاه فتوسنتزی است. تنش‌های محیطی که بر کارایی فتوسیستم II اثر دارند، باعث کاهش نسبت F_v/F_m می‌شوند (۲۰). از کلروفیل فلورسانس می‌توان برای تعیین از هم‌پاشیدگی کلروفیل در اثر تنفس (سرمازدگی، دمای بالا) و یا پیری استفاده کرد (۲۱). سوتلو-کویتیوا و همکاران (۳۱) گزارش کردند که مقدار فلورسانس فتوسیستم II در وردهای تیمار شده با کائولین و شاهد تفاوت معنی‌داری با هم نداشت، که همسو با نتیجه‌های ما می‌باشد. نتیجه‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که فتوسنتز در گیاهان تیمارهای کائولین و شاهد تفاوت معنی‌داری با هم نداشت، البته بیشترین مقدار فتوسنتز در تیمار ۳٪ کائولین مشاهده شد که با تیمار ۶٪ تفاوت معنی‌داری داشت. با توجه به نتیجه‌های این پژوهش، کائولین نه تنها بر مقدار فتوسنتز اثر منفی نداشت بلکه در تیمار ۳٪ باعث افزایش فتوسنتز شد که می‌توان آن را به اثر کائولین ۳٪ در کاهش دمای سایه‌ساز نسبت داد.

محلول‌پاشی دانه‌های رس کائولین و گلایسین بتائین روی درختان زیتون که در تنفس خشکی به سر می‌برند، منجر به افزایش قابل توجهی در فتوسنتز در مقایسه با شاهد شد. هدایت روزنگاری در برگ‌های تیمار شده با کائولین تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. به‌نظر می‌رسد که در ظهر، عامل محدود کننده برای فعالیت فتوسنتزی، دمای بالا همراه با تابش فعال فتوسنتزی (PAR) زیاد و اختلاف فشار بخار است. در چنین شرایطی، ثابت شده است دانه‌های رس کائولین بیشتر در حفظ بخشی از فعالیت فتوسنتزی مؤثر است (۱۰). با توجه به نتیجه‌ها، تیمارهای کائولین، به‌طور معنی‌داری باعث کاهش تعرق نسبت به شاهد شدند، اگرچه بین سطح‌های مختلف کائولین تنفس معنی‌داری وجود نداشت. کمترین مقدار تعرق مربوط به غلظت ۳٪ کائولین بود. وقتی کائولین دمای برگ را کاهش می‌دهد (۱۴)، اختلاف دمای سایه‌ساز و هوا کاهش می‌یابد. به دنبال کاهش اختلاف فشار بخار، تعرق و هدایت روزنگاری نیز کاهش می‌یابند (۱۵). کائولین با بسته‌شدن روزنگاری و افزایش پتانسیل آب برگ، در حفظ آب و افزایش عملکرد مصرف آب به تاکها کمک می‌کند (۱۵). از نظر CO_2 زیر روزنگار، تفاوت معنی‌داری بین سطح‌های کائولین با شاهد وجود نداشت، اما در تیمار غلظت ۶٪ کائولین، به‌طور معنی‌داری CO_2 زیر روزنگار بیشتر از غلظت ۳٪ کائولین بود، که مطابق با نتیجه‌های فتوسنتز می‌باشد که مقدار فتوسنتز در تیمار ۶٪ کائولین کمتر از بقیه تیمارها بود. زمانی که فتوسنتز به خوبی انجام نشود، باعث تجمع CO_2 خواهد شد و افزایش تجمع CO_2 حتی باعث بسته‌شدن روزنگار نیز می‌شود (۹، ۲۱). در تیمار ۳٪ عکس این قضیه اتفاق می‌افتد، چرا که مقدار فتوسنتز در آن بیشتر می‌باشد و مصرف CO_2 نیز بیشتر خواهد بود. به‌نظر می‌رسد که تأثیرات کائولین و ترکیب‌های مشابه دیگر از راه دو سازوکار کاهش پرتوهای مضری که به سطح میوه می‌رسند و کاهش دمای سطح میوه، باعث کاهش آفتاب‌سوختگی در بسیاری از میوه‌ها می‌شوند (۳۷، ۱۶، ۱۲، ۷). محلول‌پاشی درختان با کائولین سبب کاهش آفتاب‌سوختگی میوه و تنش‌های حرارتی وارد بر درخت به‌ویژه در ماه‌های گرم سال می‌شود و در نتیجه بازار پسندی میوه و مقدار صادرات را افزایش می‌دهد. به‌طوری که در این پژوهش دیده شد، محلول‌پاشی درختان پرتقال با کائولین اثر مطلوبی در کاهش خسارت آفتاب‌سوختگی میوه پرتقال رقم واشنگتن ناول داشت و موجب کاهش حدود ۵۲ و ۵۴ درصدی سطح آفتاب‌سوختگی میوه‌ها به

ترتیب در غلظت ۳ و ۶٪ کائولین نسبت به شاهد شد. نتیجه‌های این پژوهش با دیگر پژوهشگران مبنی بر مؤثر بودن کائولین در کاهش خسارت آفتاب سوختگی همسو می‌باشد (۳۵، ۳۴، ۳۳، ۸).

Reference

منابع

- برمه، ل.، ن. ا. معلمی، و س. م. ح. مرتضوی. ۱۳۹۰. بررسی اثر ضد تعرقی کائولین بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک چهار رقم زیتون. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۲۲: ۱۱-۲۲.
- خوئی، س. ۱۳۷۱. اصول تغذیه مرکبات. سازمان چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی. ۲۶۶ ص.
- Rahimi, M. ۱۳۸۷. فیزیولوژی پس از برداشت (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. چاپ پنجم. ۴۲۷ ص.
- شاهبیک، م.، ج. مؤمنی، م. حسن پور اصلیل، و ع. شادپور. ۱۳۸۱. اثرات تیمارهای قارچکش، گرمادرمانی و پوشش‌های پلی‌اتیلن بر عمر انباری پرتقال تامسون ناول. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۳۴: ۳۴-۳۹.
- فرازمند، ح. ۱۳۹۱. اثر کائولین فرآوری شده بر آفتاب‌سوختگی میوه‌های انار. نشریه آفات و بیماری‌های گیاهی، ۱۷۳-۱۸۰: ۸۰.
- محمدی‌جوارزی، ع. ۱۳۹۱. برهمکنش تنفس خشکی و محلول‌پاشی کائولین بر شاخص‌های فیزیولوژیک و کمیت و کیفیت خشک میوه بادام. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. ۱۱۲ ص.
- Alvarez, H.L., C.M. Di Bella, G.M. Colavita, P. Oricchio and J. Strachnoy. 2015. Comparative effects of kaolin and calcium carbonate on apple fruit surface temperature and leaf net CO₂ assimilation. *J. Appl. Hort.* 17: 176-180.
- Cantore, V., B. Pace and R. Albrizio. 2009. Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality. *Environ. Exp. Bot.* 66:279-288.
- Colavita, G., V. Blackhall and S. Valdez. 2011. Effect of kaolin particle films on the temperature and solar injury of pear fruits. *Acta Hort.* 89:609-615.
- Denaxa, N.K., P.A. Roussos, T. Damvakaris and V. Stournaras. 2012. Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and ambiol on photosynthesis, leaf sclerophyll index and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. *Sci. Hort.* 137:87-94.
- Glenn, D.M., G.J. Puterka, S.R. Drake, T.R. Unruh, A.L. Knight, P. Baherle, E. Prado and T.A. Baugher. 2001. Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126:175-181.
- Glenn, D.M., E. Prado, A. Erez, J. Mc Ferson and G.J. Puterka. 2002. A reflective, processed-kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection, and solar injury in apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127:188-193.
- Glenn, D.M., A. Erez, G.J. Puterka and P. Gundrum. 2003. Particle films affect carbon assimilation and yield in Empire' apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128:356-362.
- Glenn, D.M. and G.J. Puterka. 2005. Particle films: a new technology for agriculture. *Hort. Rev.* 31:1-44.
- Glenn, D.M., N. Cooley, R. Walker, P. Clingeffer, and K. Shellie. 2010. Impact of kaolin particle film and water deficit on wine grape water use efficiency and plant water relations. *HortScience*, 45:1178-1187.

16. Gindaba, J. and S.J. Wand. 2007. Do fruit sunburn control measures affect leaf photosynthetic rate and stomatal conductance in 'Royal Gala' apple? Environ. Exp. Bot. 59:160-165.
17. Jifon, J. and J. Syvertsen. 2001. Effects of moderate shade on citrus leaf gas exchange, fruit yield, and quality. Proc. Florida State Hort. Soc. 114:177-181.
18. Jifon, J.L. and J.P. Syvertsen. 2003. Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of ruby red' grapefruit leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 128:107-112.
19. Khaleghi, E., K. Arzani, N. Moallemi and M. Barzegar. 2015. The efficacy of kaolin particle film on oil quality indices of olive trees (*Olea europaea* L.) cv. 'Zard' grown under warm and semi-arid region of Iran. Food Chem. 166:35-41.
20. Krause, G. and E. Weis. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. Annu. Rev. Plant Biol. 42:313-349.
21. Lobos, G.A., C. Acevedo-opazo, A. Guajardo-moreno, H. Valdés-gómez, J.A. Taylor and V. F. Laurie. 2015. Effects of kaolin-based particle film and fruit zone netting on cabernet-sauvignon grapevine physiology and fruit quality. J. Int. Sci. Vigne Vin. 4: 137-144.
22. Lombardini, L., M.K. Harris and D.M. Glenn. 2005. Effects of particle film application on leaf gas exchange, water relations, nut yield, and insect populations in mature pecan trees. HortScience, 40:1376-1380.
23. Miranda, C., E. Arzoz, L. Santesteban, M. Laquidain, J. González and J. Royo. 2007. Efecto de la aplicación de caolín sobre la temperatura de las hojas en naranjo (*Citrus sinensis*) y peral (*Pyrus communis*). Acta Hort. 48:434-437.
24. Moftah, A. and A. Al-Humaid. 2005. Effects of anti transpirants on water relations and photosynthetic rate of cultivated tropical plant (*Polianthes tuberosa* L.). Polish J. Eco. 53:165-175.
25. Melgarejo, P., J. Martínez, F. Hernández, R. Martínez-Font, P. Barrows, and A. Erez. 2004. Kaolin treatment to reduce pomegranate sunburn. Sci. Hort. 100:349-353.
26. Parchomchuk, P. and M. Meheriuk. 1996. Orchard cooling with pulsed over tree irrigation to prevent solar injury and improve fruit quality of Jonagold' apples. HortScience, 31:802-804.
27. Piskolczi, M., C. Varga and J. Racskó. 2004. A review of the meteorological causes of sunburn injury on the surface of apple fruit (*Malus domestica* Borkh). J. Fruit Ornament. Plant Res. 12:245-252.
28. Prakash, M. and K. Ramachandran. 2000. Effects of chemical ameliorants on stomatal frequency and water relations in brinjal (*Solanum melongena* L.) under moisture stress conditions. J. Agron. Crop Sci. 185:237-239.

29. Rosati, A., S. Metcalf, R. Buchner, A. Fulton and B. Lampinen. 2006. Physiological effects of kaolin applications in well-irrigated and water-stressed walnut and almond trees. *Annu. Bot.* 98:267-275.
30. Sotelo-Cuitiva, Y.M., H. Restrepo-Díaz, A. García-Castro, A. Ramírez-Godoy and V.J. Flórez-Roncancio. 2011. Effect of kaolin film particle applications (surround wp®) and water deficit on physiological characteristics in rose cut plants (*Rose* spp.). *Amer. J. Plant Sci.* 2:354-361.
31. Tworkoski, T.J., D. Michael Glenn and G.J. Puterka. 2002. Response of bean to applications of hydrophobic mineral particles. *Can. J. Plant Sci.* 82:217-219.
32. Vatandoost, S., G.H. Davarynejad and A. Tehranifar. 2014. Would kaolin particle film avoid sunburn in Ardestani pomegranate. *Adv. Environ. Biol.* 8: 607-610.
33. Wand, S.J., K.I. Theron, J. Ackerman and S.J. Marais. 2006. Harvest and post-harvest apple fruit quality following applications of kaolin particle film in South African orchards. *Sci. Hort.* 107:271-276.
34. Weerakkody, P., J. Jobling, M.M.V. Infante and G. Rogers. 2010. The effect of maturity, sunburn and the application of sunscreens on the internal and external qualities of pomegranate fruit grown in Australia. *Sci. Hort.* 124:57-61.
35. Wünsche, J., L. Lombardini and D. Greer. 2004. 'Surround' particle film applications-effects on whole canopy physiology of apple. *Acta Hort.* 636:565-571.
36. Wünsche, J., D. Greer, J. Palmer, A. Lang and T. Mc Ghie. 2001. Sunburn-the cost of a high light environment. *Acta Hort.* 557:349-356.

Effect of Kaolin Application on Some Physiological Characteristics and Sunburn in ‘Washington Navel’ Orange

M. Mozaffarifard, M. Rahemi* and **E. Aslmoshtaghi¹**

One of the most important problem of citrus fruit production in south of the Iran is sunburn of fruit during the summer. To prevent leaf and fruit burns an experiment was conducted as factorial in a randomized block design in a commercial orchard in Junan Darab region, Fars province, Iran, with four replications for two years (2012-13). Factor one was kaolin at 0, 3, and 6%, factor two was tree direction (north and south) and factor three was time of application. The results showed that kaolin at 3% significantly reduced tree transpiration, but had no significant effect on total leaf chlorophyll, Fv/Fm, photosynthetic rate and stomatal conductance. Kaolin at 3 and 6% significantly reduced the area, intensity and percentage of sunburn up to 54%. We recommended kaolin at 3% without influence on photosynthesis for sunburn protection of citrus fruit specially Navel orange in commercial orchards during growth and development.

Key Word: Canopy temperature, Kaolin, Transpiration, Sunburn.

1. Former M.Sc. Student, Professor and Former Ph.D. Student of Horticultural Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, respectively.

* Corresponding author, Email: (rahemi@shirazu.ac.ir).