مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۸ شماره ۱ صفحه‌های ۶۷ تا ۸۰ (۱۳۹۶)

اثر کائولین بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و آفتاب سوختگی پرتقال رقم واشنگتن ناول[1]

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

مریم مظفری فرد، مجید راحمی* و الهام اصل مشتاقی[2]

چکیده

یکی از دشواری‌های تولید مرکبات در جنوب ایران، آفتاب سوختگی میوه‌ها در تابستان است. برای جلوگیری از سوختگی برگ و میوه، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به‌مدت دو سال (۱۳۹۲ و ۱۳۹۱) در یک باغ تجاری در در منطقه جونان، شهرستان داراب، استان فارس انجام شد. فاکتور اول سطح‌های ۰، ۳ 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٪ به‌طور معنی‌داری دمای سایه‌سار درخت را کاهش داد. تیمار سطح‌های مختلف کائولین اختلاف معنی‌داری با شاهد از نظر کلروفیل کل برگ، بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm)، آهنگ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و CO_2 زیر روزنه نداشتند، اما تعرق را کاهش دادند. هم‌چنین هر دو غلظت کائولین سبب کاهش سطح، شدت و درصد آفتاب‌سوختگی شدند به‌گونه‌ای که توانستند تا ۵۴٪ سطح آفتاب سوختگی را کاهش دهند. به‌طور کلی، کائولین ۳٪ بدون اثر بر مقدار فتوسنتز جهت کاهش آفتاب سوختگی در مرکبات به‌ویژه در باغ‌های تجاری پرتقال رقم واشنگتن ناول در طول رشد و نمو پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آفتاب‌سوختگی، تعرق، دمای سایه‌سار، کائولین.

مقدمه

دمای بهینه برای رشد مطلوب درختان مرکبات ۱۶ تا ۲۸درجه 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 آفتاب‌سوختگی در میوه‌ها می‌شود و میوه بازارپسندی خود را از

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

۲- به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و دانشجوی پیشین دکتری علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (rahemi@shirazu.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

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 کم‌سبزینگی 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 به‌دلیل 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 به‌دلیل 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 می گیرد (۲۷). در برخی از رقم‌های مرکبات تا ۲۰٪ محصول در اثر آسیب آفتاب سوختگی 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 سایه‌سار و میوه می‌باشد (۲۶). البته به‌دلیل کمبود آب و مقدار بالای نمک آن، که می‌تواند از راه شوری به سایه‌سار آسیب بزند، این راهکار به‌ندرت 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 آلومینوسیلیکات ($Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$) است، به‌عنوان 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 اندک هدایت 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 به‌دلیل منفذدار بودن این ماده، عبور پرتو فعال فتوسنتزی از خود و ایجاد محدودیت در عبور پرتوهای فروسرخ و فرا بنفش، ایجاد تغییر در رفتار حشرات و بیماری‌زاها و حذف آسان از روی فراورده‌ها با شست‌وشوی ساده می‌باشد (۱۴). کاربرد کائولین در مرکبات در هنگام ظهر، هدایت روزنه‌ای و بیشترین مقدار فتوسنتز (A_{max}) را بهبود بخشیده است اما در صبح این افزایش مشاهده نشده است (۱۸). کائولین فتوسنتز 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 فتوسنتز برگ‌ها، به‌وسیله 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 فتوسنتز 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 روزنه‌ای در فصل رشد شد. در تاک‌های تیمار شده با کائولین بسته شدن روزنه‌ها 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، به‌عنوان نتیجه‌ای از بالا بردن بازتاب پرتو خورشیدی و در نتیجه کاهش در دمای میوه، به‌طور گسترده برای سیب (۱۱، ۳۴)، انار (۲۵، ۳۵) و

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

گوجه‌فرنگی (۸) گزارش شده است. کاهش آسیب آفتاب‌سوختگی تا ۵۰٪ نیز در میوه‌ها بیان شده است (۱۴). بنابراین این پژوهش، به‌منظور 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 باغدار 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 LCA_4 (ADC BioScientific Ltd., UK)، سرعت فتوسنتز، مقدار تعرق، هدایت روزنه‌ای و مقدار CO_2 زیر روزنه 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 به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت rpm ۸۰۰۰ سانتریفیوژ (مدل SW14R، ساخت فرانسه) شد. پس از سانتریفیوژ، محلول رویی جدا و در بالن‌های حجمی ۲۵ میلی‌لیتری با استون ۸۰٪ به حجم رسانیده شد. سپس مقدار جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-120-20 ساخت ژاپن) در دو طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد. از استون ۸۰٪ به‌عنوان شاهد استفاده شد. سپس، با فرمول زیر مقدار کلروفیل کل برگ محاسبه شد:

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

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

دمای سایه‌سار

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

سنجش 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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

گرد و غبار، با وصل کردن گیره‌های 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 فلوورومتر (Chlorophyl Fluorometer OS: 30P, USA)، شاخص F_v/F_m اندازه‌گیری و ثبت شد.

سرعت فتوسنتز، مقدار تعرق، هدایت روزنه‌ای و مقدار CO2 زیر روزنه در چهار زمان شامل: ۱: ۹۱/۳/۱۷، ۲: ۹۱/۴/۲۴، ۳: ۹۱/۵/۲۳ و ۴: ۹۱/۸/۱، با استفاده از دستگاه فتوسنتزمتر، اندازه‌گیری شد. در این تاریخ‌ها و هم‌چنین در تاریخ‌های ۹۲/۳/۱۹، ۹۲/۴/۲۶، ۹۲/۵/۱۹ و ۹۲/۸/۱ نمونه‌های برگی از دو سمت درخت به منظور اندازه‌گیری کلروفیل جمع‌آوری شدند. دمای سایه‌سار به‌وسیله دماسنج و بیشینه عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) با استفاده از دستگاه کلروفیل فلورومتر در دو جهت درخت در چهار تاریخ ۹۲/۳/۱۹، ۹۲/۴/۲۶، ۹۲/۵/۱۹ و ۹۲/۸/۱ 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 به‌صورت چشمی ارزیابی شدند و قسمت‌های سوخته نشانه‌گذاری شد. از هر تیمار تعداد میوه‌های آفتاب‌سوخته شمارش و به درصد بیان شد. به‌منظور 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 خیلی‌کم،عدد ۲ به میوه‌های دارای آفتاب‌سوختگی کم،عدد ۳ به میوه‌های دارای آفتاب‌سوختگی متوسط، عدد ۴ به میوه‌های دارای آفتاب‌سوختگی زیاد وعدد ۵ به میوه‌های دارای آفتاب‌سوختگی خیلی‌زیاد اختصاص داده شد.

به‌منظور 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 به‌طور جداگانه در زیر دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ[۱] ساخت شرکت Delta-T قرار داده شد، دستگاه مجهز به دوربینی (با مدل HITACHI-KP-D40E/K) می‌باشد که از جسم زیر دستگاه عکس‌برداری 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 به‌صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در چهار درخت واکاوی 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 سایه‌سار (شکل ۱) نشان می‌دهد که تیمار کائولین ۳٪ به‌طور معنی‌داری

۱- Leaf area meter

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

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

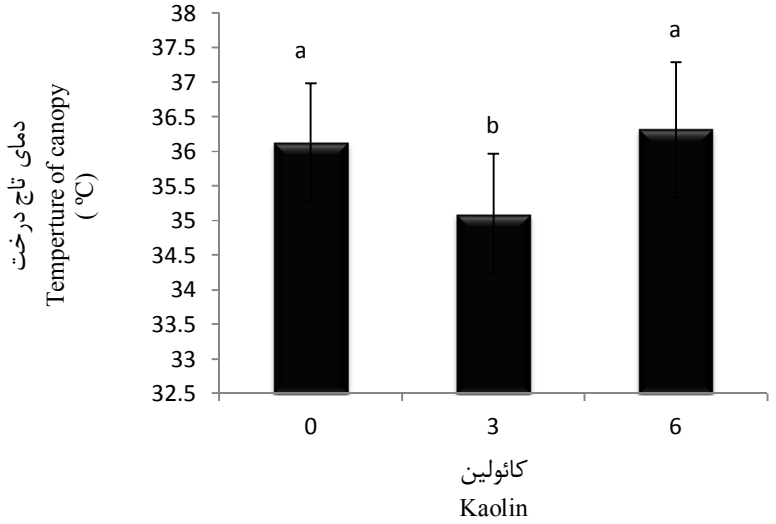


Fig. 1. The main effect of kaolin on the orange tree canopy temperature. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

شکل ۱- اثر اصلی کائولین بر دمای سایه‌سار درخت پرتقال. میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

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

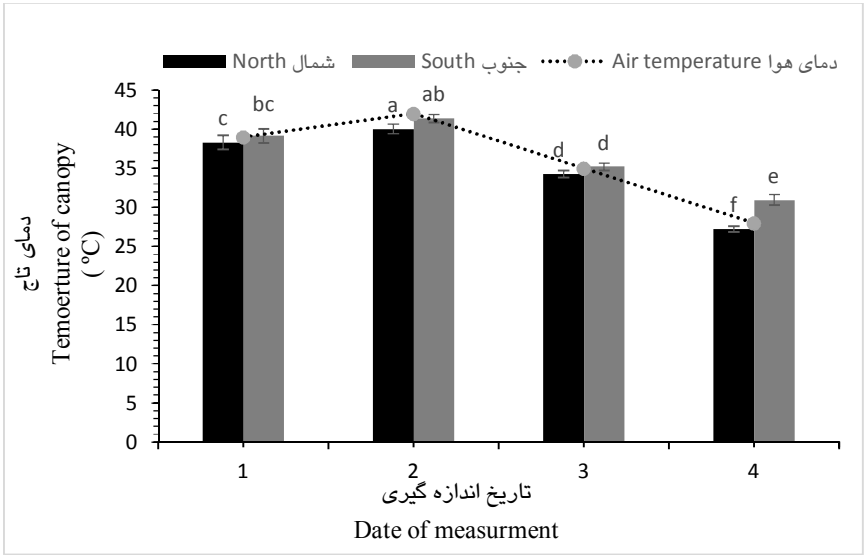


Fig. 2. Interaction of measuring date (Time 1: June, Time 2: July, Time 3: August, Time 4: November) and tree direction on the orange tree canopy temperature. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

شکل ۲- برهمکنش تاریخ اندازه‌گیری (زمان۱: خرداد ماه ، زمان ۲: تیر ماه ، زمان ۳: مرداد ماه ،زمان ۴: آبان ماه) و جهت درخت بر دمای سایه‌سار درخت پرتقال. میانگین هایی که حرف‌های مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

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.

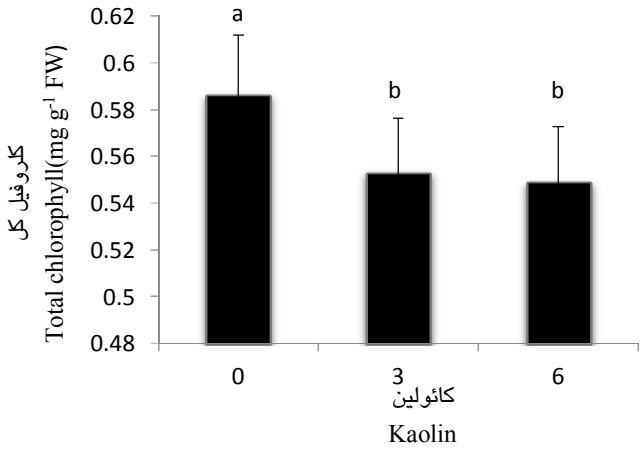


Fig. 3. The main effect of kaolin on orange total leaf chlorophyll content. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

شکل ۳- اثر اصلی کائولین بر مقدار کلروفیل کل برگ پرتقال. میانگین هایی که حرف‌های مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری 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).

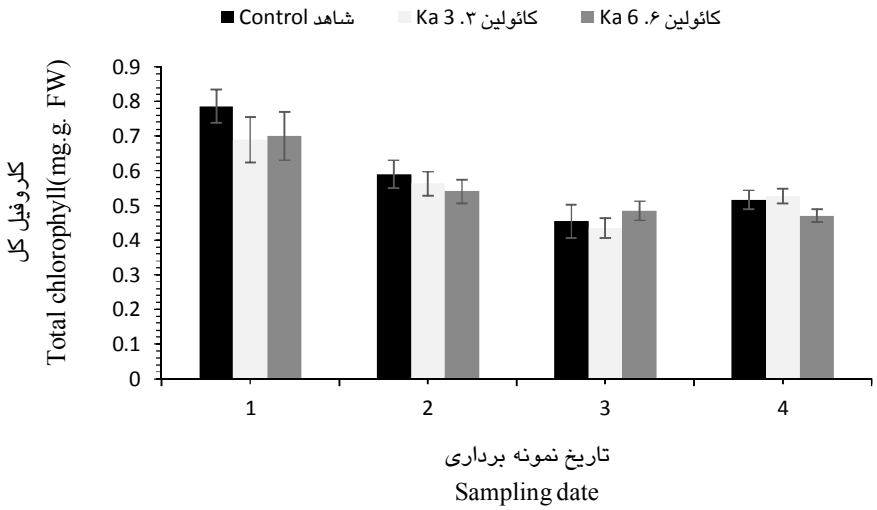


Fig. 4. Interaction effects of sampling date (Time 1: June, Time 2: July, Time 3: August, Time 4: November) and kaolin spry treatment on orange total leaf chlorophyll content. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

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

جدول ۱- برهمکنش محلول‌پاشی 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.

سطح‌های کائولین Kaolin levels (%)	جهت Direction: 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.

†میانگین 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 (شکل۵).

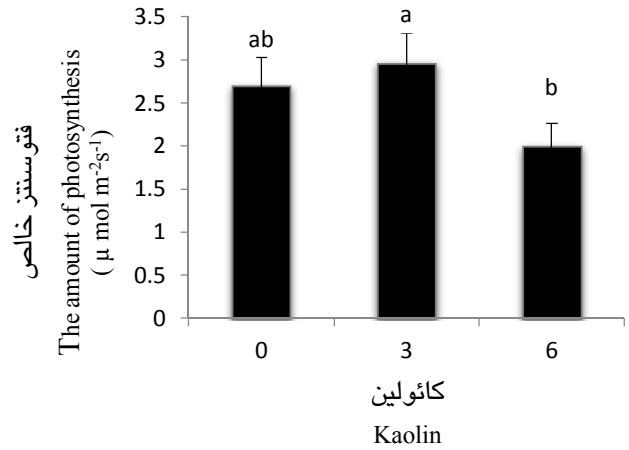


Fig. 5. The main effect of kaolin on the amount of photosynthesis in orange tree. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

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.

به‌طور 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 LSD نشان دادند (شکل۶).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

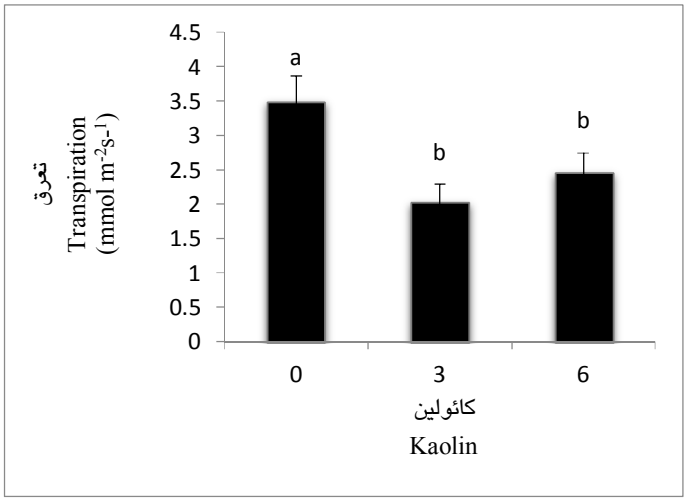


Fig. 6. The main effect of kaolin on the leaf transpiration in orange tree. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

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

نتیجه‌های اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای (شکل ۷) نشان داد که کائولین ۶٪ به‌طور معنی‌داری باعث کاهش هدایت روزنه‌ای شد، اما کائولین ۳٪ تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت.

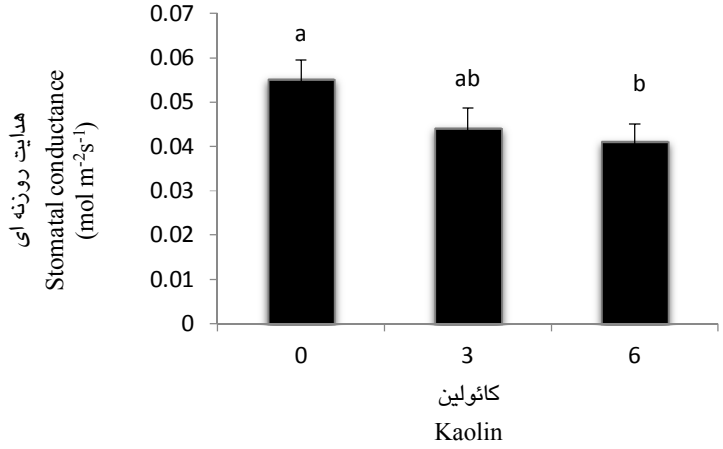


Fig. 7. The main effect of kaolin on the stomatal conductance in orange tree. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

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

تیمارهای کائولین تفاوت معنی‌داری با شاهد در مقدار CO_2 زیر روزنه‌ای نداشتند، اما کمترین مقدار تجمع CO_2 زیر روزنه در غلظت ۳٪ کائولین مشاهده شد (شکل ۸).

با توجه به نتیجه‌های جدول ۲، تیمار محلول‌پاشی کائولین مقدار سطح آفتاب‌سوخته میوه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد، به گونه‌ای که کم‌ترین سطح آفتاب‌سوخته در غلظت ۶٪ (۷/۳۷٪) و بیشترین سطح سوختگی در شاهد (۱۶/۱۷٪) مشاهده شد (جدول ۲).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

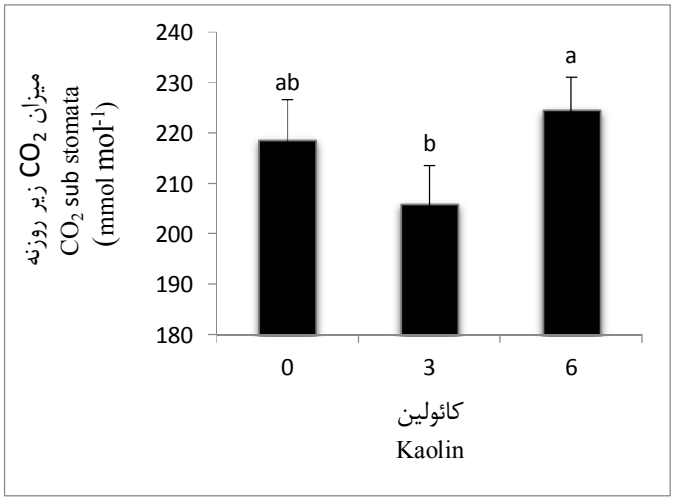


Fig. 8. The main effect of kaolin on the sub stomatal CO_2 in orange tree. Means with same letters are not significantly different at the 5% probability level using LSD test.

شکل ۸- اثر اصلی کائولین بر مقدار CO_2 زیر روزنه 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 spry 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 معنی‌دار داشت و غلظت ۳٪ کم‌ترین شدت سوختگی (۰/۸۸) و شاهد بیشترین شدت (۲/۰۷) را نشان داد (جدول ۳).

جدول۳- برهمکنش محلول‌پاشی کائولین و موقعیت میوه بر شدت آفتاب‌سوختگی میوه پرتقال.

Table3. The interaction of kaolin spry 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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

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

جدول۴- برهمکنش محلول‌پاشی کائولین و موقعیت میوه بر درصد میوه آفتاب‌سوخته پرتقال.

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

سطح‌های 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.

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

به‌طور کلی، بین سطح‌های مختلف کائولین بر سطح میوه آفتاب‌سوخته، شدت سوختگی و تعداد میوه آفتاب‌سوخته تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول‌های۲، ۳ و ۴). موقعیت میوه بر سطح آفتاب‌سوخته، شدت آفتاب‌سوختگی و تعداد میوه آفتاب‌سوخته اثر معنی‌داری نشان داد و میوه‌هایی که در قسمت شمالی بودند نسبت به ناحیه جنوبی درخت، سطح، شدت و تعداد میوه آفتاب‌سوخته کم‌تری داشتند (جدول‌های ۲، ۳ و ۴).

برهمکنش تیمار محلول‌پاشی کائولین و موقعیت میوه بر سطح آفتاب‌سوخته، شدت سوختگی و تعداد میوه آفتاب‌سوخته اثر معنی‌داری نداشت، هرچند که کمترین سطح سوختگی (۳٪/۱۳)، 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 (۲۱٪/۵۵)، شدت آفتاب‌سوختگی (۲/۵۳) و تعداد میوه آفتاب‌سوخته در میوه‌های شاهد در قسمت جنوبی درخت مشاهده شد (جدول‌های ۲، ۳ و ۴).

بحث

حضور ذرات معدنی، بر سطح میوه و برگ با دخالت درفرایندهای فیزیولوژیکی، و بیشتر با گرما، تعادل تابش و تبادل گاز همراه می‌باشد (۸، ۳۳). زیاد بودن این بقایا در فعالیت روزنه‌ها اختلال به‌وجود می‌آورد و دمای برگ را بالا می‌برد. به‌همین دلیل غلظت بالاتر کائولین (۶٪) نتوانست دمای سایه‌سار را کاهش دهد که با یافته‌های دیگر پژوهشگران (۷) همسویی دارد. فناوری پوشش نازک کائولین، تنش گرمایی را کاهش می‌دهد و منجر به تولید میوه و سبزی‌های با کیفیت بالا می‌شود (۱۴،۱۹). کاهش دمای برگ به‌دلیل بازتابش نور با کائولین به‌وسیله سایر پژوهشگران گزارش شده است (۱۳، ۱۸، ۳۶). کاهش دمای سایه‌سار در این پژوهش نیز به‌احتمال زیاد می‌تواند به‌دلیل افزایش بازتابش نور و کاهش جذب آن باشد. اثرهای کائولین روی دمای سایه‌سار با نتیجه‌های به‌دست آمده برای بسیاری از گونه‌های درختی از جمله سیب (۱۳، ۳۶)، انار (۲۵)، پکان (۲۲)، گردو (۲۹)، گریپ‌فروت (۱۸)، گلابی (۲۳) و مرکبات (۲۳) همسو می‌باشد. در همه آن‌ها کائولین دمای برگ و یا سایه‌سار را ۱ تا ۶ درجه سلسیوس کاهش داده است. نتیجه‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که مقدار کلروفیل کل برگ در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری، بین سطح‌های مختلف کائولین و شاهد تفاوت معنی‌داری با هم نداشت. نتیجه‌های ما با یافته‌های فرازمند (۵) روی درختان انار که نشان داد مقدار کلروفیل برگ در درختان شاهد و محلول‌پاشی شده با کائولین اختلاف معنی‌دار با هم نداشتند، همسو

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

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

فلورسانس فتوسیستم II می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مهم در تعیین مقدار تنش در گیاهان به کار رود. نسبت F_v/F_m بیشینه عملکرد کوانتمی 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 تنش (سرمازدگی، دمای بالا) و یا پیری استفاده کرد (۳). 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 باهم نداشتند، 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 سایه‌سار نسبت داد. محلول‌پاشی دانه‌های رس کائولین و گلایسین بتائین روی درختان زیتون که در تنش خشکی به سر می‌بردند، منجر به افزایش قابل توجهی در فتوسنتز در مقایسه با شاهد شد. هدایت روزنه‌ای 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 تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. کم‌ترین مقدار تعرق مربوط به غلظت ۳٪ کائولین بود. وقتی کائولین دمای برگ را کاهش می‌دهد (۱۴)، اختلاف دمای سایه‌سار و هوا کاهش می یابد. به دنبال کاهش اختلاف فشار بخار، تعرق و هدایت روزنه‌ای نیز کاهش می یابند (۱۵). کائولین با بسته‌شدن روزنه‌ها و افزایش پتانسیل آب برگ، در حفظ آب و افزایش عملکرد مصرف آب به تاک‌ها کمک می‌کند (۱۵). از نظر CO_2 زیر روزنه، تفاوت معنی‌داری بین سطح‌های کائولین با شاهد وجود نداشت، اما در تیمار غلظت ۶٪ کائولین، به‌طور معنی‌داری CO_2 زیر روزنه 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 به‌خوبی انجام نشود، باعث تجمع CO_2 خواهد شد و افزایش تجمع CO_2 حتی باعث بسته‌شدن روزنه 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 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 (۷، ۱۲، ۱۶، ۳۷). محلول‌پاشی درختان با کائولین سبب کاهش آفتاب‌سوختگی میوه و تنش‌های حرارتی وارده بر درخت به‌ویژه در ماه‌های گرم سال می‌شود ودر 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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

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 (۸، ۳۳، ۳۴، ۳۵).

منابع Reference

۱. 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، ۲۳- ۱۱ :۱.

۲. خوئی، س. ۱۳۷۱. اصول تغذیه مرکبات. سازمان چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی. ۲۶۶ ص.

۳. راحمی، م. ۱۳۸۷. فیزیولوژی پس از برداشت (ترجمه). .انتشارات دانشگاه شیراز. چاپ پنجم. ۴۳۷ ص.

۴. شاه‌بیک، م.، ج. مؤمنی، م. حسن پور اصیل، و ع. شادپرور. ۱۳۸۱. اثرات تیمارهای قارچکش، گرمادرمانی و پوشش‌های پلی‌اتیلن بر عمر انباری پرتقال تامسون ناول. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۳۴-۱۹: ۳.

۵. فرازمند، ح. ۱۳۹۱. اثر کائولین فرآوری شده بر آفتاب‌سوختگی میوه‌های انار. نشریه آفات و بیماری‌های گیاهی، ۱۸۳-۱۷۳: ۸۰.

۶. محمدی‌جوارزاری، ع. ۱۳۹۱. برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی کائولین بر شاخص‌های فیزیولوژیک و کمیت و کیفیت خشک میوه بادام. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. ۱۱۲ ص.

7. 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 CO_2 assimilation. J. Appl. Hort.17: 176-180.
8. 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.
9. 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.
10. 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 sclerophylly indexes and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. Sci. Hort. 137:87-94.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Glenn, D.M. and G.J. Puterka. 2005. Particle films: a new technology for agriculture. Hort. Rev. 31:1-44.
15. Glenn, D.M., N. Cooley, R. Walker, P. Clingeleffer, 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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

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. Gonzáles 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. Martınez, F. Hernández, R. Martınez-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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 18 (1): 67-80 (2017)

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

M. Mozaffarifard, M. Rahemi[*] and E. Aslmoshtaghi[1]

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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.1.7.0]

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).