Archive of SID

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۴ (ص ۴۸۶-۴۷۵)

اثر کائولین بر فیزیولوژی درخت، آفتاب‌سوختگی سطحی و خواص کمّی و کیفی میوهٔ دو رقم تجاری سیب

علی قرقانی[1*]، سعید عشقی[2]، یاسمین خواجه‌نوری[3] و مجید راحمی[4]
۱، ۲، ۳ و ۴. استادیار، دانشیار، کارشناس ارشد و استاد، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۹ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۷/۲۶)

چکیده

مطالعهٔ حاضر به‌منظور بررسی آثار کاربرد کائولین برای کاهش آثار سوء دماهای بالا به‌ویژه آفتاب‌سوختگی میوه در سیب انجام شد. تیمارهای استفاده‌شده در این پژوهش شامل چهار غلظت کائولین (۰،۲، ۴ و ۶ درصد) روی دو رقم مهم و تجاری سیب استان فارس 'گلدن دلیشز' و 'استارکینگ دلیشز' بود. شاخص‌های اندازه‌گیری شده در این پژوهش شامل شاخص‌های فیزیولوژیکی، آفتاب‌سوختگی میوه و صفات کمّی و کیفی میوه بود. نتایج نشان داد با افزایش غلظت کائولین محلول‌پاشی شده در هر دو رقم میزان فتوسنتز افزایش و دمای برگ و تعرق کاهش یافت. رقم 'استارکینگ دلیشز' آفتاب‌سوختگی بیشتری نسبت به رقم 'گلدن دلیشز' داشت و با افزایش غلظت کائولین، میزان آفتاب‌سوختگی کاهش پیدا کرد. تیمار کائولین بدون اختلاف معنادار بین سطوح آن، شاخص‌های کمّی میوه را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. در بین شاخص‌های کیفی میوه تیمار کائولین سبب افزایش وزن خشک و رنگ زمینه و کاهش زنگارزدگی و آب‌گزیدگی میوه شد. تیمار کائولین بر سفتی، مواد جامد محلول، اسیدیته و رنگ سطحی میوه تأثیر معناداری نداشت.

واژه‌های کلیدی: آفتاب سوختگی، سیب، فیزیولوژی درخت، کائولین، کیفیت میوه.

مقدمه

آثار مخرب تشعشعات نوری شدید و دمای زیاد تابستان در باغ‌های سیب به‌صورت آفتاب‌سوختگی بخش زیادی از محصول و کاهش کمّی و کیفی آن و همچنین ضعف عمومی درختان است. این آثار سوء در باغ‌های متراکم سیب روی پایه‌های پاکوتاه کننده به‌ویژه در چند سال اول پس از کاشت بسیار شدیدتر است (Schrader *et al.* 2001). یکی از راهکارها برای مقابله با آثار سوء دمای زیاد تابستان در باغ‌های میوه، استفاده از سیستم‌های آبیاری بارانی بالادرختی برای خنک‌کردن درختان است. این سیستم مستلزم فناوری مدرن، هزینهٔ زیاد و همچنین آب کافی برای این منظور است و گسترش برخی بیماری‌ها را نیز به دنبال دارد (Kotze *et al.*, 2002). روش دیگر استفاده از شبکه‌های توری رنگی به‌منزلهٔ سایه‌بان است که مستلزم صرف هزینه‌های بسیار بالایی برای استقرار آن‌ها در روی باغ است (Widmar *et al.*, 2001). در سال‌های اخیر راهکار جدیدی مطرح‌شده و نتایج بسیار امیدبخشی نیز به همراه داشته است. در این روش لایهٔ نازکی از برخی مواد ریز بازتابندهٔ نور (particle films) روی تاج درختان محلول‌پاشی می‌شود که با بازتابش بخشی از نور رسیده به تاج درختان، دمای تاج درخت را به میزان قابل توجهی (۲ـ۶ درجهٔ سانتی‌گراد) کاهش می‌دهد. آثار ثانویهٔ این کاهش دما، کاهش

* تلفن: ۰۷۱۱-۶۱۳۸۱۴۵، ۰۹۱۷۱۸۵۱۸۶۰
E-mail: agharghani@shirazu.ac.ir
www.SID.ir

Archive of SID

تنش خشکی، افزایش فتوسنتز خالص و درنهایت افزایش کمّی و کیفی محصول و همچنین کاهش مصرف آب خواهد بود (Rosati *et al*., 2006). یکی از این مواد نوعی رس طبیعی به نام کائولین است که یک مادهٔ سفیدرنگ از مادهٔ معدنی سیلکات آلومینیوم (Al4Si4O10 [OH]8) است. این ماده در برابر دامنهٔ وسیعی از pH خنثی است و بنابراین، به‌صورت مستقیم بر موجودات اثر مضر ندارد (Glenn & Puterka, 2005). انواع خالص و بسیار ریز کائولین با نام‌های تجاری مختلف برای این منظور تولید شده است و مطالعات مختلف در سراسر جهان و روی محصولات مختلف مؤید کارایی زیاد آن برای این هدف است و اکنون در مقیاس به‌نسبت وسیع در باغ‌های مناطق گرم و خشک در حال استفاده است.

یکی از اولین پژوهش‌ها دربارهٔ اثر کائولین بر آفتاب‌سوختگی سیب را Gelen *et al.* (2001) انجام داده‌اند. Gindaba & Wand (2005) در مطالعه‌ای در آفریقای جنوبی روش‌های مختلفی (خنک‌کردن با آب‌پاشی، محلول‌پاشی کائولین و شبکهٔ توری سیاه‌رنگ به‌منزلهٔ سایه‌بان) را برای کنترل آفتاب‌سوختگی در سیب رقم رویال گالا استفاده کردند. Wand *et al.* (2006) در آفریقای جنوبی از کائولین برای مقابله با آثار سوء دماهای بالا و آفتاب‌سوختگی ارقام سیب استفاده کردند. در اسپانیا هم آثار مثبت تیمار کائولین در کاهش آفتاب‌سوختگی انار (Melgarejo *et al*., 2004) و نیز آثار مثبت کائولین بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک درختان بادام و گردو تحت شرایط تنش خشکی (Rosati *et al*., 2006) گزارش شده است.

برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از کائولین در مناطق گرم و خشک که تنش گرمایی مهم‌ترین فاکتور محدودکنندهٔ تولید است، بیشترین تأثیر را دارد (Erez & Glenn, 2004; Glenn *et al*., 2003; Le Grange *et al*., 2004; Schupp *et al*., 2004). اما برخی از پژوهشگران نیز اثر چندان مثبتی از کائولین بر سیب گزارش نکردند (Wunsche *et al*., 2004). شایان ذکر است که گزارش‌های متعددی مبنی بر خاصیت حفاظتی این ماده در برابر آفات و بیماری‌ها نیز وجود دارد که نوید گسترش استفاده از آن در باغداری ارگانیک را می‌دهد (Puterka *et al*., 2005; Braham *et al*., 2007; Marko *et al*., 2006).

استان فارس به‌دلیل موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی خاص آن، در مقایسه با دیگر استان‌های تولیدکنندهٔ سیب، از شدت نور بیشتری برخوردار بوده و بیشتر در معرض خطر نوسانات دمایی و همچنین خشکسالی است. یکی از مشکلات مهم در بسیاری از مناطق میوه‌کاری استان شدت نور و دمای بسیار زیاد در فصل تابستان است که خسارت‌های ناشی از آن در باغ‌های سیب به‌صورت آفتاب‌سوختگی بخش زیادی از محصول و کاهش کمّی و کیفی محصول مشاهده می‌شود. ازآنجاکه توسعهٔ سیستم‌های آبیاری بارانی مناسب برای مقابله با دماهای بالای تابستان (سیستم آبیاری بارانی بالادرختی) و همچنین توسعهٔ شبکه‌های توری سایه‌انداز بسیار پرهزینه است، امکان بهره‌گیری از این روش‌ها در باغ‌های سیب ایران که عمدتاً سیستم تولید سنتی و با کارایی و درآمد کم دارند وجود ندارد. بنابراین، مطالعهٔ حاضر به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی کائولین بر شاخص‌های فیزیولوژیک، کاهش آفتاب‌سوختگی و خواص کمّی و کیفی میوهٔ دو رقم سیب 'گلدن دلیشز' و 'استارکینگ دلیشز' در باغ‌های سیب نیمه‌متراکم استان فارس طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

محل آزمایش

این پژوهش در یک باغ سیب هفت‌سالهٔ کشت‌شده با پایه‌های رویشی مالینگ مرتون ۱۰۶ و ارقام تجاری 'گلدن دلیشز' و 'استارکینگ دلیشز' (که حساسیت بسیار بالایی به آفتاب‌سوختگی دارند) واقع در منطقهٔ کودیان از توابع شهرستان شیراز در ۳۰ کیلومتری شمال غربی شیراز انجام شد. فواصل درختان با یکدیگر ۴ در ۲/۵ متر و تراکم درختان در هکتار ۱۰۰۰ اصله بود و درختان به شکل پیشاهنگ متغیر تربیت شده بودند. عملیات باغبانی شامل هرس، تغذیه و دفع علف‌های هرز مطابق عرف منطقه انجام شد، ولی در مورد آفات و بیماری‌ها تنها دو مرحلهٔ اول

www.SID.ir

Archive of SID

مبارزه با کرم سیب انجام شد و پس از شروع محلول‌پاشی کائولین هیچ‌گونه سم‌پاشی انجام نشد. برای آبیاری باغ نیز از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شد.

این پژوهش در سال اول (۱۳۸۹) فقط روی رقم 'گلدن دلیشز' و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (غلظت محلول‌پاشی ۰، ۲، ۴ و ۶ درصد به‌منزلهٔ تیمار) و در سال دوم (۱۳۹۰) روی دو رقم 'گلدن دلیشز' و 'استارکینگ دلیشز' (در سال دوم علاوه بر تکرار آزمایش رقم 'گلدن دلیشز' مطابق سال قبل، در قطعهٔ مجاور و با فاصلهٔ ۱۰ متر از همدیگر، آزمایش مشابهی نیز برای رقم 'استارکینگ دلیشز' انجام شد) با ۴ تکرار و یک درخت کامل برای هر واحد آزمایشی انجام شد. از کائولین تجاری تولیدشده توسط شرکت کیمیا سبزآور و از تویین ۲۰ هم به‌منزلهٔ مویان استفاده شد. اولین محلول‌پاشی کائولین در پنجم خرداد انجام گرفت و به فاصلهٔ یک ماه، دو محلول‌پاشی تکمیلی با نصف غلظت‌های قبلی تکرار شد.

شاخص‌های اندازه‌گیری شده

شاخص‌های فیزیولوژیک شامل میزان فتوسنتز خالص، دمای برگ و میزان تعرق برگ توسط دستگاه فتوسنتز سنج مدل LCi ساخت انگلستان در ۱۵ مرداد در بین ساعت‌های ۱۰ تا ۱۲ ظهر و روی سه برگ در هر درخت و فقط در سال دوم انجام شد.

در زمان برداشت (۵ مهر) تعداد ۱۰۰ میوه به‌صورت تصادفی از سمت رو به جنوب (سمت رو به آفتاب) درختان برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد و سپس براساس سطح و عمق آسیب‌سوختگی وارد به میوه، به سه گروه آفتاب‌سوختهٔ شدید (غیرقابل فروش)، آفتاب‌سوختهٔ ملایم (دارای لکهٔ آفتاب‌سوختگی و تغییر رنگ بودند، ولی آسیب خیلی به عمق بافت و میوه نفوذ نکرده بود) و بدون آفتاب‌سوختگی تقسیم شد و سپس درصد میوه‌های آفتاب‌سوختهٔ شدید و ملایم محاسبه شد.

از کدهای عددی ۰ـ ۵ و براساس چارت‌های رنگی مخصوص برای ارزیابی صفات ظاهری رنگ زمینه (۰ برای سبز کامل و ۵ برای زرد کامل)، رنگ سطحی (۰ بدون رنگ سطحی و ۵ برای ۳۰ درصد رنگ سطحی) و زنگارزدگی (۰ بدون زنگار و ۵ برای زنگار شدید) در رقم 'گلدن دلیشز' استفاده شد. برای این ارزیابی از ۲۰ میوه استفاده شد و سپس میانگین گرفته شد. از میوه‌های سالم (بدون آفتاب‌سوختگی) یک نمونهٔ ۲۰ تایی به‌طور تصادفی انتخاب و وزن آن‌ها با ترازوی دیجیتال به دقت ۱ گرم و طول و قطر به‌وسیلهٔ کولیس دیجیتال اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه شد. سفتی بافت میوه و مواد جامد محلول نیز روی همین ۲۰ میوه و به‌ترتیب توسط دستگاه فشارسنج Effegi ساخت ایتالیا و رفرکتومتر دستی مدل آرما ساخت ژاپن اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه شد. از میوه‌های یادشده برش‌هایی تهیه شد و پس از تهیهٔ عصارهٔ فیلترشده، اسید کل به روش تیتراسیون با سود اندازه‌گیری شد. برش‌های دیگری از ۲۰ میوهٔ یادشده جدا و سپس وزن تر آن با ترازوی حساس دیجیتال با دقت یک هزارم گرم اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در آون با دمای ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت یک هفته قرار گرفت و درصد وزن خشک محاسبه شد.

آنالیز آماری

از نرم‌افزار آماری SAS نسخهٔ ۹/۱ برای آنالیز داده‌ها استفاده شد و مقایسهٔ میانگین‌ها نیز براساس آزمون LSD انجام گرفت. ساختار آماری آزمایش سال دوم با دو رقم سیب به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کرت‌های یک بار خردشده (رقم به‌منزلهٔ کرت اصلی و غلظت محلول‌پاشی به‌منزلهٔ کرت فرعی) آنالیز و نتایج آن به‌طور کامل ارائه شده است و آزمایش دوسالهٔ رقم 'گلدن دلیشز' به‌صورت مرکب و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی آنالیز شد و برای پرهیز از طولانی‌شدن مقاله، تنها نتایج صفاتی که اثر سال معنادار شد (صفات کمّی میوه) در این مقاله ارائه شده است.

نتایج و بحث

شاخص‌های فیزیولوژیکی

دمای سطح برگ

نتایج نشان داد که با افزایش غلظت کائولین دما

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش یافت؛ به‌گونه‌ای که بیشترین دما در تیمار شاهد و کمترین دما در تیمار کائولین ۶ درصد مشاهده شد. دمای سطح برگ رقم 'استارکینگ دلیشز' بالاتر از رقم 'گلدن دلیشز' بود. اثر برهمکنش رقم و غلظت کائولین نشان داد که بیشترین دمای سطح برگ در تیمار شاهد رقم 'استارکینگ دلیشز' (۳۷/۸ درجهٔ سانتی‌گراد) بود و کمترین دما مربوط به تیمار کائولین ۶ درصد رقم 'گلدن دلیشز' (۳۳ درجهٔ سانتی‌گراد) بود (جدول ۱).

فتوسنتز خالص

نتایج نشان داد که بین دو رقم تفاوت معناداری از نظر فتوسنتز خالص وجود نداشت و با افزایش غلظت کائولین، میزان فتوسنتز افزایش یافت. اثر برهمکنش رقم و غلظت کائولین بر فتوسنتز خالص نشان داد که بیشترین (۱۳/۹۹ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) و کمترین (۱۰/۵ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) مقدار فتوسنتز به‌ترتیب مربوط به تیمار کائولین ۴ و ۰ درصد در رقم 'استارکینگ دلیشز' بود، ولی غلظت ۴ درصد با ۶ درصد در هر دو رقم تفاوت معناداری نداشت (جدول ۱).

تعرق

رقم 'استارکینگ دلیشز' نسبت به رقم 'گلدن دلیشز' تعرق بیشتری داشت و با افزایش غلظت کائولین تعرق به‌طور معناداری کاهش پیدا کرد. برهمکنش رقم و غلظت‌های کائولین نشان داد که بیشترین تعرق در تیمار کائولین با غلظت ۰ درصد رقم 'استارکینگ دلیشز' (۱۰/۱ مول بر مترمربع بر ثانیه) و کمترین آن در تیمار کائولین با غلظت ۶ درصد در رقم 'گلدن دلیشز' (۷/۰۳ مول بر مترمربع بر ثانیه) دیده شد (جدول ۱).

جدول ۱. آثار اصلی و متقابل غلظت کائولین و رقم بر شاخص‌های فیزیولوژیک درختان سیب

شاخص اندازه‌گیری شده	رقم	غلظت کائولین (٪)				اثر اصلی رقم
		۰	۲	۴	۶	
دمای برگ (ºC)	گلدن دلیشز	b۳۶/۹	۳۶/۰ c	۳۵/۵ c	۳۳/۰ d	۳۵/۳ B
	استارکینگ دلیشز	۳۷/۸ a	۳۷/۰ b	۳۷/۴ ab	۳۷/۴ ab	۳۷/۴ A
	اثر اصلی کائولین	۳۷/۴ A	۳۶/۵ B	۳۶/۴ B	۳۵/۲ C	
فتوسنتزخالص برگ ($\mu molm^{-2}S^{-}$)	گلدن دلیشز	۱۲/۷ ab	۱۲/۴ ab	۱۲/۰b	۱۲/۹ ab	۱۲/۳ A
	استارکینگ دلیشز	۱۰/۵ c	۱۱/۸ b	۱۳/۹ a	۱۳/۳ ab	۱۲/۴ A
	اثر اصلی کائولین	۱۱/۱ B	۱۲/۱ AB	۱۲/۹۵ A	۱۳/۱ A	
تعرق برگ ($mmolm^{-2}S^{-}$)	گلدن دلیشز	۸/۸۵ b	۸/۴۶ bc	۸/۰۹ c	۷/۰۳ d	۸/۱۱ B
	استارکینگ دلیشز	۱۰/۱ a	۹/۸۳ a	۸/۷۱ b	۸/۶۳ b	۹/۳۳ A
	اثر اصلی کائولین	۹/۴۷۵ A	۹/۱۴۵ A	۸/۴۰ B	۷/۸۳ C	

حروف انگلیسی بزرگ و کوچک به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ مقایسهٔ میانگین آثار اصلی و متقابل هستند و داده‌های دارای حروف مشابه، در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

محلول‌پاشی کائولین سبب بازتابش نور خورشید و درنتیجه کاهش دمای سطح برگ می‌شود. بنابراین، با استفاده از کائولین به‌دلیل مناسب‌شدن شرایط دمایی برگ، مدت زمان فتوسنتز در طول روز (در ساعت‌های میانی روز روزنه‌ها مدت کمتری بسته می‌شوند) افزایش می‌یابد و فتوسنتز ناخالص افزوده و تنفس کاسته می‌شود و درنتیجه فتوسنتز خالص بالا می‌رود (Gelenn, 2006). البته بین غلظت‌های ۴ و ۶ درصد در هر دو رقم اختلاف معناداری وجود نداشت که می‌توان نتیجه گرفت که تیمار ۴ درصد از نظر افزایش فتوسنتز کفایت می‌کند و تیمار ۶ درصد در رقم 'استارکینگ دلیشز' اندکی اثر محدودکننده نیز بر فتوسنتز داشته است. تا کنون پژوهش‌های اندکی در مورد اثر محلول‌پاشی کائولین بر فتوسنتز خالص گزارش شده است. Gindaba & Wand (2005) در مطالعه‌ای در آفریقای جنوبی روش‌های مختلفی (خنک‌کردن با آب‌پاشی، محلول‌پاشی کائولین و شبکهٔ توری سیاه‌رنگ به‌منزلهٔ سایه‌بان) را برای کنترل

www.SID.ir

Archive of SID

آفتاب‌سوختگی در سیب رقم رویال گالا استفاده کردند و نشان دادند که اثر تیمار کائولین روی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه به اندازهٔ دو تیمار دیگر و حتی در مواردی بهتر از دو تیمار دیگر بود. Rosati *et al.* (2006) نیز آثار مثبت کائولین را بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک درختان بادام و گردو تحت شرایط تنش خشکی بررسی و گزارش کردند که کائولین سبب کاهش دمای میوه شد. Cantore *et al.* (2009) و Kerns & Wright (2001) نیز بیان کردند که استفاده از کائولین سبب کاهش دمای سطح برگ شد. نتایج هر سه پژوهش یادشده در راستای نتایج این پژوهش است.

آفتاب‌سوختگی

آفتاب‌سوختگی خفیف

بین دو رقم تفاوت معناداری از نظر آماری وجود نداشت ولی با افزایش غلظت کائولین، آفتاب‌سوختگی خفیف به‌طور معناداری کاهش پیدا کرد. برهمکنش رقم و غلظت کائولین نشان داد که کمترین آفتاب‌سوختگی خفیف در غلظت ۶ درصد رقم 'استارکینگ دلیشز' بود (۶/۲۵ درصد) و بیشترین آن در تیمار شاهد رقم 'گلدن دلیشز' (۱۴/۳۰ درصد) مشاهده شد (جدول ۲).

آفتاب‌سوختگی شدید

رقم 'استارکینگ دلیشز' به‌طور معناداری آفتاب‌سوختگی شدید بیشتری نسبت به رقم 'گلدن دلیشز' نشان داد. با افزایش غلظت کائولین، آفتاب‌سوختگی شدید به‌طور معناداری کاهش پیدا کرد. برهمکنش رقم و غلظت کائولین نشان داد که کمترین آفتاب‌سوختگی خفیف در غلظت ۶ درصد رقم 'گلدن دلیشز' (۲/۵ درصد) و بیشترین آن در تیمار شاهد رقم 'استارکینگ دلیشز' (۱۴/۳۰ درصد) بود (جدول ۲).

آفتاب‌سوختگی کل

مقایسهٔ آماری بین دو رقم نشان داد که رقم 'استارکینگ دلیشز' آفتاب‌سوختگی کل بیشتری نسبت به رقم 'گلدن دلیشز' داشت. با افزایش غلظت کائولین، آفتاب‌سوختگی کل کاهش پیدا کرد؛ به‌گونه‌ای که کمترین آفتاب‌سوختگی کل در غلظت ۶ درصد (۱۰/۶۲ درصد) و بیشترین آن در شاهد (۲۵/۲۲۵ درصد) مشاهده شد. نتایج برهمکنش رقم و غلظت‌های متفاوت کائولین نشان داد کمترین آفتاب‌سوختگی کل در غلظت ۶ درصد کائولین و در هر دو رقم (۱۰/۶۲ درصد) و بیشترین آن در تیمار شاهد رقم 'استارکینگ دلیشز' (۲۷/۴۰ درصد) مشاهده شد (جدول ۲).

کائولین با بازتابش بخشی از نور مستقیم رسیده به سطح میوه‌ها از گرم‌شدن بیش از حد آن‌ها جلوگیری می‌کند و درصد میوه‌هایی که دچار آفتاب‌سوختگی به‌ویژه از نوع شدید می‌شوند را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد (Glenn, 2001). رقم 'گلدن دلیشز' از پوست حساس‌تری نسبت به رقم 'استارکینگ دلیشز' برخوردار است، ولی به‌دلیل فرم رشد اسپوری رقم 'استارکینگ دلیشز'، میوه‌های این رقم بیشتر در معرض آفتاب شدید قرار می‌گیرد که این مسئله مهم‌ترین دلیل بیشتر بودن درصد آفتاب‌سوختگی این رقم است. البته باید یادآور شد که به‌دلیل رنگ قرمز رقم 'استارکینگ دلیشز' علائم ظاهری آفتاب‌سوختگی در این رقم کمتر نمایان است و بازارپسندی آن را کمتر تحت تأثیر قرار می دهد (Wand *et al.*, 2006).

Wand *et al.* (2006) از کائولین برای مقابله با آثار سوء دماهای بالا و آفتاب‌سوختگی ارقام سیب استفاده و گزارش کردند که تیمار کائولین در کاهش میزان آفتاب‌سوختگی در ارقام سیب بسیار مؤثر بوده و بیشترین میزان کاهش آفتاب‌سوختگی را نیز در ارقام 'گرانی اسمیت' و 'فوجی' گزارش کرده‌اند. Racskó *et al.* (2005) گزارش کرده‌اند که آفتاب‌سوختگی سیب بر اثر تابش نور خورشید، گرما و کاهش رطوبت نسبی ایجاد می‌شود و عمق بافت آسیب‌دیده در حدود ۱/۵ تا ۲ میلی‌متر است. Melgarejo *et al.* (2004) هم با محلول‌پاشی کائولین،۵۰ درصد کاهش در میزان آفتاب‌سوختگی انار در مقایسه با تیمار شاهد گزارش کردند. نتایج به‌دست‌آمده در مورد صفت آفتاب‌سوختگی سطحی کل در پژوهش حاضر با هر

www.SID.ir

Archive of SID

سه پژوهش‌های یادشده در بالا و همچنین با نتایج پژوهشگرانی چون Schupp *et al.* (2002)، Gelenn *et al.* (2002)، Gindaba & Wand (2005) و Wand *et al.* (2006) مطابقت دارد.

جدول ۲. آثار اصلی و متقابل غلظت کائولین و رقم بر میزان آفتاب‌سوختگی میوهٔ سیب

شاخص اندازه‌گیری شده	رقم	غلظت کائولین (٪)				اثر اصلی رقم
		۰	۲	۴	۶	
آفتاب‌سوختگی خفیف (٪)	گلدن دلیشز	۱۴/۳۰ a	۹/۳۷ b	۱۰/۰۰ b	۸/۱۲ c	۱۰/۴۵ A
	استارکینگ دلیشز	۱۳/۱۰ a	۹/۳۷ b	۸/۷۵ c	۶/۲۵ d	۹/۳۷ A
	اثر اصلی کائولین	۱۳/۷۰ A	۹/۳۷ B	۹/۳۷۵ B	۷/۱۸۵ C	
آفتاب‌سوختگی شدید (٪)	گلدن دلیشز	۸/۷۵ cd	۶/۲۵ cd	۵/۶۲ c	۲/۵۰e	۵/۷۸ B
	استارکینگ دلیشز	۱۴/۳۰ a	۹/۳۷ b	۸/۱۲ b	۴/۳۷ d	۹/۰۴ A
	اثر اصلی کائولین	۱۱/۵۲۵ A	۷/۸۱ B	۶/۸۷ B	۳/۴۳۵ C	
آفتاب‌سوختگی کل (٪)	گلدن دلیشز	۲۳/۰۵ b	۱۵/۶۲ bc	۱۵/۶۲ cd	۱۰/۶۲ d	۱۶/۲۳ B
	استارکینگ دلیشز	۲۷/۴۰ a	۱۸/۷۴ c	۱۶/۸۷ cd	۱۰/۶۲ d	۱۸/۴۱ A
	اثر اصلی کائولین	۲۵/۲۲۵ A	۱۷/۸۰ B	۱۶/۲۴۵ B	۱۰/۶۲۰ C	

حروف انگلیسی بزرگ و کوچک به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ مقایسهٔ میانگین آثار اصلی و متقابل هستند و داده‌های دارای حروف مشابه، در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

شاخص‌های کمّی میوه

طول میوه

نتایج نشان داد که بین طول میوه در هر دو رقم تفاوت معناداری از نظر آماری وجود ندارد. ولی تیمارهای کائولین بدون اختلاف معنادار با همدیگر، نسبت به شاهد طول میوه بیشتر شده است. نتایج برهمکنش رقم و غلظت نیز نشان داد که بیشترین طول میوه در غلظت ۴ درصد رقم 'استارکینگ دلیشز' بود (۶۲/۵۰ میلی‌متر) و کمترین آن در تیمار شاهد رقم 'گلدن دلیشز' (۵۷/۶۰) بود (جدول ۳).

نتایج تجزیهٔ مرکب محلول‌پاشی غلظت‌های متفاوت کائولین بر طول میوه در رقم 'گلدن دلیشز' نشان داد که بین دو سال از نظر آماری تفاوت معناداری وجود داشت و طول میوه در سال دوم بیشتر از سال اول بود. در هر دو سال با افزایش غلظت کائولین بر طول میوه افزوده شد ولی بین غلظت‌های نزدیک به هم تفاوت معنادار نبود (جدول ۴).

قطر میوه

نتایج نشان داد که رقم 'استارکینگ دلیشز' قطر میوهٔ بیشتری نسبت به رقم 'گلدن دلیشز' داشت و تیمارهای کائولین بدون اختلاف معنادار با همدیگر، نسبت به شاهد قطر میوهٔ بیشتری داشتند. نتایج برهمکنش رقم و کائولین معنادار بود و بیشترین قطر میوه در رقم 'استارکینگ دلیشز' و در غلظت ۶ درصد کائولین (۶۸/۲۰ میلی‌متر) و کمترین آن در تیمار شاهد رقم 'گلدن دلیشز' (۶۱/۷۵ میلی‌متر) مشاهده شد (جدول۳).

نتایج تجزیهٔ مرکب محلول‌پاشی غلظت‌های متفاوت کائولین بر قطر میوه در رقم 'گلدن دلیشز' نشان داد که بین دو سال از نظر آماری تفاوت معناداری وجود داشت و طول میوه در سال دوم بیشتر از سال اول بود. در هر دو سال با افزایش غلظت کائولین بر طول میوه افزوده شد ولی بین غلظت‌های نزدیک به هم تفاوت معنادار نبود (جدول ۴).

وزن میوه

نتایج نشان داد که رقم 'استارکینگ دلیشز' وزن میوهٔ بیشتری نسبت به رقم 'گلدن دلیشز' داشت و تیمارهای کائولین بدون اختلاف معنادار با همدیگر، نسبت به شاهد وزن میوه بیشتری داشتند. نتایج برهمکنش رقم و کائولین معنادار بود و بیشترین وزن میوه در رقم 'استارکینگ دلیشز' و در غلظت ۶ درصد کائولین (۱۴۹/۷۷ گرم) و کمترین آن در تیمار شاهد رقم 'گلدن دلیشز' (۱۱۰/۴۲ گرم) مشاهده شد (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. آثار اصلی و متقابل غلظت کائولین و رقم بر صفات کمّی میوهٔ سیب

شاخص اندازه‌گیری شده	رقم	غلظت کائولین (٪) ۰	۲	۴	۶	اثر اصلی رقم
طول میوه (mm)	گلدن دلیشز	۵۷/۶۰ b	۶۰/۳۵ ab	۶۱/۶۰ a	۶۰/۳۵ ab	۵۹/۹۷ A
	استارکینگ دلیشز	۵۹/۰۰ ab	۶۰/۰۰ ab	۶۲/۵۰ a	۶۱/۵۰ a	۶۰/۷۵ A
	اثر اصلی کائولین	۵۸/۳۰ B	۶۰/۱۷ AB	۶۲/۰۵ A	۶۰/۹۲ A	
قطر میوه (mm)	گلدن دلیشز	۶۱/۷۵ c	۶۴/۰۰ bc	۶۵/۶۰abc	۶۴/۵۰abc	۶۳/۹۶B
	استارکینگ دلیشز	۶۵/۰۰ abc	۶۶/۶۰ab	۶۶/۸۰ab	۶۸/۲۰a	۶۶/۶۵A
	اثر اصلی کائولین	۶۳/۳۷ B	۶۵/۳۰A	۶۶/۲۰A	۶۶/۳۵A	
وزن میوه (g)	گلدن دلیشز	۱۱۰/۴۲ c	۱۱۴/۵۶ c	۱۲۰/۵۲ bc	۱۱۸/۵۶ bc	۱۱۶/۰۱ B
	استارکینگ دلیشز	۱۱۶/۰۶ bc	۱۳۳/۷۱ ab	۱۴۰/۷۱ a	۱۴۹/۷۷ a	۱۳۵/۰۶ A
	اثر اصلی کائولین	۱۱۳/۲۴ B	۱۲۴/۱۳ AB	۱۳۰/۶۱ A	۱۳۴/۱۶ A	۵۹/۹۷ A

حروف انگلیسی بزرگ و کوچک به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ مقایسهٔ میانگین آثار اصلی و متقابل هستند و داده‌های دارای حروف مشابه، در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

نتایج تجزیهٔ مرکب محلول‌پاشی غلظت‌های متفاوت کائولین بر وزن میوه در رقم 'گلدن دلیشز' نشان داد که بین دو سال از نظر آماری تفاوت معناداری وجود داشت و وزن میوه در سال دوم بیشتر از سال اول بود. در هر دو سال با افزایش غلظت کائولین بر وزن میوه افزوده شد، ولی بین غلظت‌های نزدیک به هم تفاوت معنادار نبود (جدول ۴).

میزان بالاتر شاخص‌های کمّی میوه در رقم 'استارکینگ دلیشز' نسبت به رقم 'گلدن دلیشز' احتمالاً بیشتر منشأ ژنتیکی دارد. Marini & Barden (1982) هم اندازهٔ میوهٔ بزرگ‌تری برای رقم 'استارکینگ دلیشز' نسبت به رقم 'گلدن دلیشز' گزارش کرده‌اند. علت تفاوت نتایج دو سال در صفات کمّی میوه در رقم 'گلدن دلیشز' نیز ناشی از تفاوت در میزان محصول دو سال است. سیب یکی از درختانی است که سال‌آوری دارد و این می‌تواند عملکرد درخت و همچنین اندازهٔ میوه را تحت تأثیر قرار دهد (Green, 2003). در سال دوم تعداد میوه کمتر بود و بنابراین، نسبت برگ به میوه افزایش و درنتیجه میزان کربوهیدرات‌های تخصیص‌یافته به هر میوه افزایش یافت.

جدول ۴. تجزیهٔ مرکب غلظت کائولین بر میزان صفات کمّی میوهٔ سیب رقم 'گلدن دلیشز' در دو سال

شاخص اندازه‌گیری شده	سال	غلظت کائولین (٪) ۰	۲	۴	۶	اثر سال
طول میوه (cm)	۱۳۸۹	۵۲/۵۰ b	۵۲/۵۰b	۵۳/۹۰ a	۵۴/۱۰ a	۵۳/۲۵ B
	۱۳۹۰	۵۷/۶۰ b	۵۶/۴۲ b	۶۱/۶۰ a	۶۰/۳۵ a	۵۹/۹۷ A
قطر میوه (cm)	۱۳۸۹	۵۷/۴۰ b	۵۶/۷۰ b	۵۸/۶۰ a	۵۸/۹۰ a	۵۷/۹۰ B
	۱۳۹۰	۶۱/۷۵ b	۶۴/۰۰ a	۶۵/۶۰ a	۶۴/۵۰ a	۶۳/۹۶ A
وزن میوه (g)	۱۳۸۹	۹۳/۵۰ b	۹۳/۷۰ b	۹۹/۵۰ a	۱۰۰/۶۰ a	۹۶/۸۲ B
	۱۳۹۰	۱۱۰/۴۲ c	۱۱۴/۵۶ b	۱۲۰/۵۲ a	۱۱۸/۵۶ ab	۱۱۶/۰۱ A

حروف انگلیسی بزرگ و کوچک به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ مقایسهٔ میانگین آثار سال و تیمار هستند و داده‌های دارای حروف مشابه، در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

تیمار کائولین با توجه به افزایش مدت فتوسنتز در طول روز (در ساعت‌های میانی روز روزنه‌ها مدت کمتری بسته می‌شوند) ساخت‌وساز کربوهیدرات‌ها را افزایش و عملکرد کل درخت و شاخص‌های کمّی میوه را ارتقا می‌دهد. کائولین از شدت آفتاب‌سوختگی و همچنین از تبخیر بیش از حد درخت می‌کاهد (Glenn, 2001).

از سوی دیگر آب یکی از عوامل اساسی در رشد و

www.SID.ir

Archive of SID

نمو میوه است و هرچه درخت کمتر زیر تأثیر تنش خشکی قرار بگیرد، رشد و نمو میوه بهتر خواهد شد. Wand *et al.* (2006) نیز گزارش کردند که کائولین با کاهش دمای برگ و همچنین کاهش تنش گرمایی و نوری سبب افزایش وزن میوهٔ سیب می‌شود. Rosati *et al.* (2006) نیز بیان کردند که کائولین در هر دو حالت آبیاری و تنش سبب افزایش وزن میوه می‌شد ولی در حالت تنش خشکی این اثر بیشتر است.

صفات کیفی میوه

سفتی بافت میوه

از نظر آماری تفاوت معناداری بین دو رقم از نظر سفتی گوشت میوه وجود نداشت. همچنین با افزایش میزان غلظت کائولین به‌طور نسبی به سفتی گوشت میوه افزوده شد ولی از نظر آماری این تفاوت معنادار نبود. برهمکنش بین رقم و کائولین نشان داد که بیشترین سفتی در رقم 'گلدن دلیشز' با کائولین ۶ درصد دیده شد (۷/۵۱ کیلوگرم بر مترمربع) که البته با بیشتر تیمارها به‌جز تیمار کائولین ۲ درصد در رقم 'استارکینگ دلیشز' (کمترین سفتی) اختلاف معناداری نداشت (جدول ۵).

آفتاب‌سوختگی شدید بیشتر بر کوتیکول اثر دارد ولی به لایه‌های سطحی و زیرسطحی نیز آسیب وارد می‌کند و سبب ضخیم‌شدن دیوارهٔ سلولی، افزایش میزان فنول بین سلولی و تغییر ساختار تیلاکوئید و پلاستیدها می‌شود (Anderws & Johnson, 1997). ازآنجاکه محلول‌پاشی کائولین سبب کاهش آفتاب‌سوختگی می‌شود بنابراین، می‌تواند با ممانعت از آسیب به ساختار بافت‌ها و سلول‌های میوه در طول فصل رشد، مانع از کاهش سفتی بافت میوه در زمان برداشت و پس از برداشت شود. البته باید یادآور شد که در محل بافت با آفتاب‌سوختگی شدید به‌دلیل چرمی‌شدن بافت، ممکن است سفتی افزایش یابد. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با یافته‌های پژوهشگرانی چون Wand *et al.* (2006) و Gindaba *et al.* (2005) روی سیب که آفتاب‌سوختگی را سبب کاهش سفتی گوشت میوه و استفاده از کائولین را عامل افزایش جزئی سفتی گوشت میوه می‌دانند، همسو است.

مواد جامد محلول

مقایسهٔ آماری بین دو رقم نشان داد که رقم 'گلدن دلیشز' نسبت به رقم 'استارکینگ دلیشز' از مواد جامد محلول بیشتری برخوردار بود، ولی بین غلظت‌های مختلف کائولین محلول‌پاشی شده اختلاف معناداری از این نظر وجود نداشت (جدول ۵).

جدول ۵. آثار اصلی و متقابل غلظت کائولین و رقم بر صفات کیفی میوهٔ سیب

شاخص اندازه‌گیری شده	رقم	غلظت کائولین (٪)				اثر اصلی رقم
		۰	۲	۴	۶	
سفتی میوه (Kg/cm^2)	گلدن دلیشز	۶/۹۹ ab	۷/۳۳ ab	۷/۴۲ ab	۷/۵۱ a	۷/۳۱ A
	استارکینگ دلیشز	۷/۳۹ ab	۶/۴۳ b	۷/۱۱ ab	۶/۸۶ ab	۶/۹۵ A
	اثر اصلی کائولین	۶/۸۸ A	۷/۱۹ A	۷/۲۶ A	۷/۱۹ A	
مواد جامد محلول میوه (درجهٔ بریکس)	گلدن دلیشز	۱۵/۳۰ a	۱۵/۲۰ a	۱۵/۶۰ a	۱۶/۰۰ a	۱۵/۵۰ A
	استارکینگ دلیشز	۱۰/۵۰ b	۱۰/۷۰ b	۱۰/۳۰ b	۱۰/۹۰ b	۱۰/۶۰ B
	اثر اصلی کائولین	۱۲/۹۰ A	۱۳/۰۰ A	۱۲/۹۰ A	۱۳/۴۰ A	
اسید قابل تیتراسیون (٪)	گلدن دلیشز	۱/۲۰ ab	۱/۲۲ ab	۱/۳۲ a	۱/۱۲ b	۱/۲۱ A
	استارکینگ دلیشز	۰/۷۵ d	۰/۷۵ d	۰/۸۰ cd	۰/۹۰ c	۰/۸۰ B
	اثر اصلی کائولین	۰/۹۸ A	۰/۹۷ A	۱/۰۶ A	۱/۰۱ A	
وزن خشک میوه (٪)	گلدن دلیشز	۱۶/۰۰ b	۱۵/۷۰ b	۱۶/۳۰ ab	۱۹/۲۰ a	۱۶/۸۰ A
	استارکینگ دلیشز	۱۴/۲۰ b	۱۵/۱۰ b	۱۵/۳۰ b	۱۵/۰۰ b	۱۴/۹۰ B
	اثر اصلی کائولین	۱۵/۱۰ B	۱۵/۴۰ AB	۱۵/۸۰ AB	۱۷/۱۰ A	

حروف انگلیسی بزرگ و کوچک به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ مقایسهٔ میانگین آثار اصلی و متقابل هستند و داده‌های دارای حروف مشابه، در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

Melgarejo *et al.* (2004) افزایش جزئی در مواد جامد محلول بر اثر کاربرد کائولین را در انار گزارش کرده‌اند. محلول‌پاشی کائولین سبب کاهش دمای برگ و میوه شده و به این علت سرعت تنفس کاهش پیدا می‌کند. بنابراین، میزان سوختن کربوهیدرات‌ها کاهش می‌یابد و درنتیجه میزان تخصیص کربوهیدرات‌ها به هر میوه افزوده می‌شود (Greene, 2003). Kondo *et al.* (1987) با مقایسهٔ دو رقم سیب 'گلدن دلیشز' و 'استارکینگ دلیشز' بیان کردند که رقم 'گلدن دلیشز' از مواد جامد محلول بیشتری برخوردار بود.

اسیدیته

نتایج نشان داد که میوهٔ رقم 'گلدن دلیشز' اسیدیتهٔ بالاتری دارد. بین غلظت‌های مختلف کائولین از نظر اسیدیتهٔ میوه تفاوت معناداری وجود نداشت. برهمکنش رقم و غلظت‌های متفاوت کائولین بر اسیدیتهٔ میوه نشان داد که بیشترین اسیدیتهٔ میوه در غلظت ۴درصد رقم 'گلدن دلیشز' بود (۱/۳۲درصد) و کمترین آن در غلظت‌های صفر و ۲ درصد رقم 'استارکینگ دلیشز' مشاهده شد (جدول۵).

اسیدیتهٔ سیب بیشتر به سبب وجود مالیک اسید است و آفتاب‌سوختگی سبب کاهش مالیک اسید می‌شود و کنترل آفتاب‌سوختگی می‌تواند از کاهش میزان اسیدیته سیب ممانعت کند (Scherader *et al.*, 2009). تفاوت مشاهده‌شده در بین ارقام سیب استفاده‌شده در مطالعهٔ حاضر نیز با نتایج Marini & Barden (1982) همسویی دارد که اسیدیتهٔ بالاتری را برای رقم 'گلدن دلیشز' نسبت به رقم 'استارکینگ دلیشز' گزارش کرده‌اند.

درصد وزن خشک میوه

نتایج نشان داد که درصد وزن خشک میوهٔ رقم 'گلدن دلیشز' نسبت به رقم 'استارکینگ دلیشز' بیشتر بود. با افزایش غلظت کائولین محلول‌پاشی شده درصد وزن خشک میوه به‌طور معناداری افزایش یافت. برهمکنش رقم و غلظت‌های کائولین نشان داد که بیشترین وزن خشک در رقم 'گلدن دلیشز' محلول‌پاشی‌شده با کائولین ۶ درصد (۱۹/۲۰ درصد) و کمترین آن در تیمار شاهد رقم 'استارکینگ دلیشز' (۱۴/۲۰ درصد) دیده شد (جدول ۵).

بیشتر وزن خشک میوهٔ سیب را کربوهیدرات‌ها تشکیل می‌دهند و یکی از عوامل اصلی در افزایش کربوهیدرات‌ها و درنتیجه وزن خشک میوه، فتوسنتز است. هر عاملی که بر میزان ساخت کلروفیل و یا مسیر فتوسنتز اثر بگذارد، می‌تواند میزان وزن خشک را تحت تأثیر قرار دهد (Taiz & Zeiger, 2006). در شرایط نور شدید، مولکول‌های اکسیژن رادیکال آزاد تجمع پیدا می‌کنند، این امر می‌تواند رنگیزه‌های کلروپلاست و غشای لیپیدی را تخریب کند (Sandelius & Aronsson, 2009). Wunsche *et al.* (2004) گزارش کردند که آفتاب‌سوختگی بر میزان تولیدات فتوسنتزی اثر می‌گذارد و وزن خشک میوهٔ سیب کاهش پیدا می‌کند.

رنگ زمینه، رنگ سطحی و زنگارزدگی

نتایج تجزیهٔ مرکب میانگین‌های ویژگی رنگ زمینه، رنگ سطحی و زنگارزدگی در دو سال در رقم 'گلدن دلیشز' نشان داد که بین دو سال از نظر آماری تفاوت معناداری وجود ندارد، بنابراین نتایج به‌صورت میانگین دو سال آورده شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت کائولین رنگ زمینه افزایش (از سبز به زرد) و زنگارزدگی کاهش یافت که بیشترین رنگ زمینه و کمترین زنگارزدگی را تیمار کائولین ۶ درصد داشت. البته تیمارهای به‌کاررفته تأثیر معناداری بر رنگ سطحی میوه نداشت (جدول ۶).

رنگ زمینه بستگی به میزان رنگیزه‌ها و همچنین سالم بودن سلول‌های سطحی دارد که محلول‌پاشی کائولین با جلوگیری از شدت نور مخرب، و افزایش میزان فتوسنتز، مواد اولیه برای ساخت رنگیزه‌ها سطحی را افزایش می‌دهد. Wand *et al.* (2006) نیز گزارش کردند که تیمار کائولین سبب بهبود رنگ ارقام سیب به‌ویژه در ارقام 'گرانی اسمیت' و 'رویال گالا' شده است ولی هیچ اثری روی آنتوسیانین پوست نداشت. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش با نتایج Doud & Ferree (1980) در سیب همسویی دارد.

میوهٔ سیب دارای آنزیمی به نام پلی‌فنل اکسیداز

www.SID.ir

Archive of SID

است که با اکسیژن موجود در هوا و همچنین فنول‌های حاوی آهن واکنش می‌دهند. واکنش اکسیداسیون سبب ایجاد زنگارزدگی می‌شود. همچنین بر اثر نور خورشید رادیکال‌های آزاد تولید می‌شود که می‌تواند با آنزیم پلی‌فنل اکسیداز واکنش بدهد. در پژوهشی Gindaba *et al.* (2007) گزارش کردند که بر اثر تنش نوری زنگارزدگی در سیب ایجاد می‌شود.

آب‌گزیدگی

نتایج اثر غلظت‌های مختلف کائولین محلول‌پاشی شده بر آب‌گزیدگی رقم 'استارکینگ دلیشز' نشان داد که با افزایش غلظت کائولین درصد آب‌گزیدگی میوه کاهش پیدا کرد، به‌گونه‌ای که در تیمار شاهد بالاترین میزان (۱۵ درصد) و در غلظت‌های ۴ و ۶ درصد کائولین هیچ‌گونه آب‌گزیدگی مشاهده نشد (جدول ۴ـ ۶).

Schrader *et al.* (2009) بیان کردند که آب‌گزیدگی هنگامی ایجاد می‌شود که میوهٔ سایه‌دیده ناگهان در معرض نور مرئی قرار گیرد. در این حالت دمای سطح میوه به ۳۱ درجهٔ سانتی‌گراد می‌رسد و نشانه‌های آن ۲۴ ساعت بعد از این شرایط آشکار می‌شود. بنابراین، استفاده از کائولین با کاهش تنش نوری می‌تواند این پدیده را کاهش داد.

جدول ۶. اثر غلظت کائولین بر رنگ میوه و زنگارزدگی سیب رقم 'گلدن دلیشز' (میانگین دو سال)

شاخص اندازه‌گیری شده	غلظت کائولین (٪)			
	۰	۲	۴	۶
رنگ زمینهٔ میوه	۲/۹۸ b	۲/۹۳ b	۳/۱۷ a	۳/۱۳ a
رنگ سطحی میوه	۱/۵۰ a	۱/۵۳ a	۱/۵۸ a	۱/۶۰ a
میزان زنگارزدگی	۱/۷۹ a	۱/۵۶ a	۰/۷۶ b	۰/۹۳ b

داده‌های دارای حروف مشابه، در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

جدول ۷. اثر غلظت کائولین محلول‌پاشی شده بر آب‌گزیدگی رقم 'استارکینگ دلیشز' (درصد)

غلظت کائولین	شاهد (۰ درصد)	۲ درصد	۴ درصد	۶ درصد
آب‌گزیدگی	۱۵ a	۲/۵ b	۰c	۰c

داده‌های دارای حروف مشابه، در سطح ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، کائولین آثار مثبت چشمگیری بر شاخص‌های فیزیولوژیک درخت، برخی صفات کمّی و کیفی میوه و کاهش آفتاب‌سوختگی سطحی میوه که مهم‌ترین هدف این پژوهش بود در هر دو رقم سیب داشت. واکنش ارقام از نظر صفات بررسی‌شده متفاوت بود و رقم 'استارکینگ دلیشز' به‌دلیل فرم رشد سیخک‌دار که سبب می‌شود میوه‌ها بیشتر در معرض آفتاب قرار گیرند، از دمای زیاد و تشعشعات مضر بیشتر متأثر شد. با افزایش غلظت کائولین استفاده‌شده، آثار مثبت آن نیز بیشتر شد، ولی در تعداد زیادی از صفات اندازه‌گیری‌شده بین غلظت‌های ۴ و ۶ درصد تفاوت‌ها معنادار نبود؛ بنابراین، استفاده از محلول‌پاشی کائولین می‌تواند نتایج مفیدی در پی داشته باشد و در مناطقی با تابستان‌های گرم توصیه می‌شود.

REFERENCES

1. Andrews, P.K. & Johnson, J.R. (1997). Anatomical changes and antioxidant levels in the peel of sunscald damaged apple fruit. *Plant Physiology*, 114, 103-107.
2. Braham, M., Pasqualini, E. & Ncira, N. (2007). Efficacy of kaolin, spinosad and malathion against Ceratitis capitata in Citrus orchards. *Bulletin of Insectology*, 60, 39-47.
3. Cantore, V., Pace, B. & Albrizio, R. (2009). Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality. *Environmental and Experimental Botany*, 66, 279-288.

www.SID.ir

Archive of SID

4. Doud, D.S. & Ferree, D.C. (1980). Influence of reflectant and shade material on light distribution on mature 'delicious' apple trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105, 397-400.
5. Erez, A. & Glenn, D.M. (2004). The effect of particle-film technology on yield and fruit quality. *Acta Horticulturae*, 636, 505-508.
6. Gindaba, J. & Wand, S.J.E. (2007). Do fruit sunburn control measures affect leaf photosynthetic rate and stomatal conductance in "Royal Gala" apple? *Environmental and Experimental Botany*, 59, 160-165.
7. Gindaba, J. & Wand, S.J.E. (2007). Do fruit sunburn control measures affect leaf photosynthesis rate and stomatal conductance in "Royal Gala" apple? *Environmental and Experimental Botany*, 59(2), 160-165.
8. Gindaba, J. & Wand, S.J.E. (2005). Comparative effects of evaporative cooling, kaolin particle film and shade net on sunburn and fruit quality in apples. *HortScience*, 40, 592-596.
9. Glenn, M. & Puterka, GJ. (2005). Particle films: A new technology for Agriculture. *Horticultural Reviews*, 31, 1-42.
10. Glenn, D.M., Prado, E., Erez, A., Puterka, G.J. & Gundrum, P. (2003). Particle films affect carbon assimilation and yield in 'Empire' apple. *Journal of American Society for Horticultural Sciences*, 128, 356-362.
11. Glenn, D.M., Prado, E., Erez, A., McFergosen, J. & Puterka, G.J. (2002). A reflective, processed kaolin particle film affects fruit temperature, radiation, and solar injury in apple. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*, 127(2), 188-193.
12. Glenn, D.M., Puterka, G.J., Drake, S.R., Unruh, T.R., Knight, A.L., Baherie, P., Prado, E. & Baugher, T.A. (2001). Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality. *Journal of American Society for Horticultural Sciences*, 126, 175-181.
13. Green, D.M., Erez, A. & Puterka, G.J. (2003). Reflective particle films affect photosynthesis and yield in Empire apple. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*, 128, 175-181.
14. Kerns, DL. & Wright, GC. (2001). Insecticidal and yield enhancement qualities of Surround particle film technology in Citrus. In: "2001 Citrus and Deciduous Fruit and Nut Research Report", College of Agriculture and Life Sciences, The University of Arizona, Tucson, Arizona, 65-70.
15. Kondo, S., Asari, M. & Kumagai, M. (1987). Effects of weather conditions tree vigor and pruning on the early fruit drop of apple. *Journal of Japanese Society for Horticultural Sciences*, 55, 415-421.
16. Kotzé, W.A.G., Carreira, J.A., Beukes, O. & Redelinghuys, A.U. (1988). Effect of evaporative cooling on the growth, yield and fruit quality of apples. *Deciduous Fruit Grower*, 38, 20-24.
17. Le Grange, M., Wand, S.J.E. & Theron, K.L. (2004). Effect of kaolin applications on apple fruit quality and gas exchange of apple leaves. *Acta Horticulturae*, 636, 545-550.
18. Marini, R.P. & Barden, J.A. (1982). Light penetration on overcast and clear days, and specific leaf weight in apple trees as affected by summer or dormant pruning. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*, 107, 39-43.
19. Markó, V., Blommers, L.H.M., Bogya, S. & Helsen, H. (2006). The effect of kaolin treatments on phytophagus and redatory arthropods in the canopies of apple trees. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14 (Suppl), 379-87.
20. Melgarejo, P., Martínez, J.J., Hernández, F., Martínez-Font, R., Barrows, P. & Erez, A. (2004). Kaolin treatment to reduce pomegranate sunburn. *Scientia Horticulturae*, 100, 349-353.
21. Puterka, G.J., Glenn, D.M. & Pluta, R.C. (2005). Action of particle films on the biology and behavior of pear psylla (Homoptera: Psyllidae). *Journal of Economical Entomology*, 98, 2079-2088.
22. Racskó, J., Nagy, J., Szabó, Z., Major, M. & Nyéki, J. (2005). The impact of location, row direction, plant density and rootstock on the sunburn damage of apple cultivars. *International Journal of Horticultural Sciences*, 11, (1), 19-30.
23. Rosati, A., Metcalf, S.G., Buchner, R.P., Fulton, A.E. & Lampinen, B.D. (2006). Physiological Effects of Kaolin Applications in Well-irrigated and Water-stressed Walnut and Almond Trees. *Annals of Botany*, 98, 267-275.
24. Sandelius A. S. & Aronsson, H. (2009). The Chloroplasts: Interactions with the Environment, Plant Cell Monographs, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
25. Schrader, L.E., Zhang, J., Sun, J., Xu, J., Elfving, D.J. & Kahn, C. (2009). Postharvest changes in internal fruit quality in apples with sunburn browning. *Journal of American Society for Horticultural Sciences*, 134 (1), 148-155.
26. Schrader, L. A., Zhang, J. & Duplaga, W.K. (2001). Two types of sunburn in apple caused by high fruit surface (peel) temperature. Online. *Plant Health Prog.* doi: 10.1094/PHP2001100401RS.
27. Schupp, J.R., Fallahi, E. & Chun, I.J. (2002). Effect of particle film on fruit sunburn, maturity and quality of 'Fuji' and 'Honeycrisp' apples. *Hort Technology*, 12, 87-90.
28. Taize, L. & Zeiger, E. (2006). Plant physiology. Sinauer associated Inc. 4th Edn. P 690.

www.SID.ir

Archive of SID

29. Wand, S.J.E., Theron, K.I., Ackerman, J. & Marais, S.J.S. (2006). Harvest and post-harvestapple fruit quality following applications of kaolin particle film in South African orchards. *Scientia Horticulturae*, 107, 271-276.
30. Widmar, A. (2001). Light intensity and fruit quality under hail protection net. *Acta Horticulturae*, 557, 421-426.
31. Wunsche, J.N., Lombardini, L. & Greer, D.H. (2004). Surround particle film applications effects on whole canopy physiology of apple. *Acta Horticulturae*, 636, 565-571.

www.SID.ir

Archive of SID
Iranian Journal of Horticultural Science, Vol. 46, No. 3, Autumn 2015

Effect of kaolin on tree physiology, superficial sunburn and fruit quantitative and qualitative characteristics of two commercial apple cultivars

Ali Gharaghani[1*], Saied Eshghi[2], Yasamin Khajenouri[3] and Majid Rahemi[4]

1, 2, 3, 4. Assistant Professor, Associate Professor, Former M. Sc. Student and Professor, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
(Received: Mar. 10, 2014 - Accepted: Oct. 18, 2014)

ABSTRACT

This study was carried out to examine the effects of kaolin spray for reducing the adverse effects of high radiation and temperature, especially on fruit sunburn in apple. Treatments were four concentrations of kaolin (0, 2, 4, and 6%) and two important and commercial apple cultivars in Fars province; 'Golden Delicious' and 'Starking Delicious'. Trees physiological parameters, fruit sunburn and fruit quantitative and qualitative characteristics were measured. Results showed that as kaolin concentration increase, net photosynthesis was increased and leaf temperature and transpiration were decreased in both cultivars. Incensement of kaolin concentration lead to reduced sunburn symptoms in both cultivars but 'Starking Delicious' showed more sunburn than 'Golden Delicious. Kaolin treatments (with no differences among them) improved almost all of fruit quantitative parameters in comparison to control. Among fruit qualitative characteristics, kaolin treatments increased dry mater and background color and reduced russeting and water core incidence. Kaolin spray didn't have any significant effect on fruit firmness, total soluble solids, acidity and surface color. Regarding mentioned results, it could be concluded that kaolin spray can be a useful approach to reduce adverse effects of high irradiation and temperature in apple orchards.

Keywords: apple, fruit quality, kaolin, sunburn, tree physiology.

* Corresponding author E-mail: agharghani@shirazu.ac.ir Tel: +98 917 1851860, +98 711 6138145

www.SID.ir