Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
Islamic Azad University Gorgan Branch
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran

Evaluation of the effects of kaolin particle film on the quantity and quality characteristics of apple cultivars (*Malus domestic*)

Morteza Taghavi Sharabiyani[1], Ali Akbar Shokouhian[2*], Ali Asghari[3], Ali Rasoulzadeh[4]

1 Ph.D. student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, *University* of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran, Email: Mts1356@uma.ac.ir
2 Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, *University* of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran, Email: shokouhiana@uma.ac.ir
3 Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, *University* of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran, Email: a_asghari@uma.ac.ir
4 Associate Professor of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, *University* of Mohaghegh Ardabili, Ardabili, Iran, Email: rasoulzadeh@uma.ac.ir

Article type:
Research article

Article history
Received: 06.03.2024
Revised: 08.06.2024
Accepted: 15.07.2024
Published:21.06.2024

Keywords
Food elements
Fruit firmness
Kaolin
Photosynthesis
Surface burn

Abstract

The present study was conducted to evaluate the effects of kaolin particle film on the quantitative and qualitative characteristics of important commercial varieties of apple trees (Golden Delicious and Red Delicious) in the orchards of Bonab and Shahre Jadide Sahand, East Azerbaijan. This experiment was randomized complete block design with 4 replications at 4 levels of thin membrane (control, 2, 4, 6%) on 2 apple cultivars (Golden Delicious and Red Delicious) in 2 locations for two years. The measured indicators included sunburn percentage, photosynthesis rate, total chlorophyll, chlorophyll b and chlorophyll a, fruit surface temperature, fruit firmness at harvest, leaf calcium and phosphorus levels, and yield. The results showed that with increasing levels of kaolin concentration in both regions and cultivars, the amount of damage, burn percentage and fruit surface temperature decreased. The lowest temperature limit (37.16 degrees Celsius) in the treatment with 4% concentration and the highest limit. The temperature (40.25 degrees Celsius) was observed in the control. The highest percentage of burn damage was related to the control treatment (19.95%) and the lowest was related to the 4% kaolin treatment (14.2%). Total chlorophyll, chlorophyll b and chlorophyll an indices, fruit firmness at harvest, fruit calcium content, photosynthesis rate and yield increased significantly with increasing kaolin levels. The highest amounts of chlorophyll b and a were observed, respectively, 0.97 and 1.95 mg per gram of fresh weight, and in the treatment of 2% and 4%, and the lowest amount of these plant pigments was observed in the control (chlorophyll b and a, respectively, 1.28 and 58/mg/g fresh weight). The highest amount of photosynthesis related to the treatment of 6% kaolin (9.44 mM $CO2\ m^{-2}\ g^{-1}$) and the lowest amount of photosynthesis was observed in the control treatment (7.92 mM $CO2\ m^{-2}\ g^{-1}$). The highest amount of calcium, phosphorus and yield (respectively 55/ 1 mg/kg, 0.154 mg/kg, 80.62 mg/kg) in the 4% kaolin treatment and the lowest of these values in the control (1.55 mg/kg, 0.154 mg/kg respectively) per kg, there was 67.67 kg) and there was no significant difference between the two regions and cultivars in this respect.

Cite this article as Taghavi Sharabiyani, M., Shokouhian, A.A., Asghari, A., Rasoulzadeh, A. (2023). Evaluation of the effects of kaolin particle film on the quantity and quality characteristics of apple cultivars (Malus domestic). *Journal of Plant Environmental Physiology,* 19(2): 103-118.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

ارزیابی اثر غشاء نازک کائولین بر ویژگی‌های کمی و کیفی ارقام سیب (*Malus domestica*)

مرتضی تقوی شربیانی[۱]، علی اکبرشکوهیان[۲*]، علی اصغری[۳]، علی رسول‌زاده[٤]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: mts1356@uma.ac.ir
[۲] دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: shokouhiana@uma.ac.ir
[۳] دانشیار گروه زراعت و اصلاح نبات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: a_asghari@uma.ac.ir
[٤] دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: rasoulzadeh@uma.ac.ir,

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۱۲/۱٦
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۳/۰۳/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۰٤/۲۵
تاریخ چاپ: ۱٤۰۳/۰٤/۰۱

واژه‌های کلیدی:
سفتی میوه
سوختگی سطحی
عناصر غذایی
فتوسنتز
کائولین

چکیده

مطالعه حاضر به‌منظور ارزیابی اثر غشاء نازک کائولین بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام مهم تجاری درختان سیب (گلدن دلیشز و رد دلیشز) در باغ‌های دو منطقه بناب و شهرجدید سهند آذربایجان‌شرقی انجام شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در چهار سطح غشای نازک (شاهد، ۲، ٤، ٦ درصد) بر روی ۲ رقم سیب (گلدن دلیشز و رد دلیشز) در ۲ مکان در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱٤۰۰ انجام شد. شاخص‌های اندازه‌گیری شده شامل درصد آفتاب سوختگی، میزان فتوسنتز، کلروفیل کل، کلروفیل b و کلروفیل a، دمای سطح میوه، سفتی میوه موقع برداشت، میزان کلسیم و فسفر برگ و عملکرد بودند. نتایج نشان‌دادند که با افزایش سطوح غلظت کائولین در هردو منطقه و رقم، از میزان خسارت درصد سوختگی و دمای سطح میوه کاسته شد. کمترین حد دما (۳۷/۱٦ درجه سانتی‌گراد) در تیمار با غلظت ٤ درصد و بیشترین حد دما (٤۰/۲۵ درجه سانتی‌گراد) در شاهد مشاهده شد. بیشترین میزان خسارت درصد سوختگی مربوط به شاهد (۱۹/۹۵ درصد) و کمترین آن مربوط به تیمار کائولین ٤ درصد (۱٤/۲ درصد) بود. میزان شاخص‌های کلروفیل کل، کلروفیل b و کلروفیل a، سفتی میوه موقع برداشت، میزان کلسیم میوه، میران فتوسنتز و عملکرد با افزایش سطوح کائولین بطور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین مقدار کلروفیل b و a به‌ترتیب ۰/۹۷ و ۱/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در تیمار ۲ درصد و٤ درصد مشاهده گردید و کمترین حد این رنگیزه‌های گیاهی در شاهد (کلروفیلb و a به‌ترتیب ۱/۲۸ و ۰/۵۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود. بیشترین میزان فتوسنتز مربوط به تیمار ٦ درصد کائولین (۹/٤٤ میکرومول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه) و کمترین میزان فتوسنتز در تیمار شاهد (۷/۹۲ میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه) مشاهده گردید. بیشترین میزان کلسیم، فسفر و عملکرد (به‌ترتیب ۱/۵۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۰/۱۵٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۸۰/٦۲ کیلوگرم) در تیمار کائولین ٤ درصد و کمترین این مقادیر در شاهد (به‌ترتیب ۱/۵۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۰/۱۵٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ٦۷/٦۷ کیلوگرم) وجود داشت و در بین دو منطقه و ارقام اختلاف معنی‌داری از این لحاظ وجود نداشت.

استناد: تقوی شربیانی، مرتضی؛ اکبرشکوهیان، علی؛ اصغری، علی؛ رسول‌زاده، علی. (۱٤۰۳). ارزیابی اثر غشاء نازک کائولین بر ویژگی‌های کمی و کیفی ارقام سیب (*Malus domestica*). *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۹(۲)، ۱۱۸-۱۰۳.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

از آثار مخرب تشعشعات نوری شدید و دمای زیاد تابستان در باغ‌های سیب به‌صورت آفتاب سوختگی، کاهش کمّی و کیفی میوه و همچنین ضعف عمومی درختان می‌باشد. هرچه ارتفاع از سطح دریاهای آزاد منطقه بیشتر باشد، به‌خصوص این عوارض در شرایط آفتاب شدید بعد از هوایی ابری و سرد شدیدتر خواهد بود (Lal and Sahu, 2017). رشد میوه سیب در بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود. تنش‌های محیطی مانند دمای بالای ظهر و نور بیش از حد خورشید باعث کاهش فتوسنتز می‌شود (Chamchaiyaporn et al., 2013). محصولات معدنی و ارگانیک برای کاهش اثرات منفی تابش زیاد نور خورشید مورد استفاده قرار می‌گیرند (Song et al., 2012). به‌طوری‌که انواع خالص و بسیار ریز کائولین با نام‌های تجاری مختلف برای این منظور تولید شده-است و مطالعات گسترده در سراسر جهان روی محصولات گوناگون مؤید کارایی زیاد آن برای این هدف است (Felicetti and Schrader,.2008).

کاربرد لایه‌ای از غشای ذرات بازتابنده نور (کائولین و کربنات کلسیم) در کاهش تنش‌های محیطی موثر است و مزایای اقتصادی قابل توجهی در محصولات کشاورزی دارد (Glenn, 2012). برگ‌ها قادرند تابش فعال فتوسنتزی را از طریق لایه ذرات باز تابنده نور جذب کند در صورتی که لایه مذکور اشعه ماوراء بنفش و مادون قرمز را منعکس می‌کند (Glenn and Puterka, 2005). استفاده از یک لایه ذرات محافظ به‌طور مصنوعی ضخامت برگ را افزایش می‌دهد، بنابراین طول مسیر تابش به سلول‌های هدف در برگ گسترش می‌یابد و همچنین بار اشعه ماوراء بنفش سطح کوتیکولی در برگ را کاهش می‌دهد (Glenn and Puterka, 2005). یکی از پرکاربردترین ترکیبات به‌عنوان لایه نازک محافظ، کائولن (سیلیکات آلومینیوم)، که یک ماده معدنی از جنس خاک رس سفید می‌باشد.

Ou و همکاران در سال ۲۰۱۰دریافتند که لایه‌های ذرات کائولن در سطح گسترده‌ای توان باز تاب طول موج‌های UV و مادون قرمز را دارند. مطالعات Shellie و King در سال ۲۰۱۳ نشان داد که کائولن می‌تواند تابش UV را منعکس کند، اما فرمولاسیون و اندازه ذرات آن به‌طور قابل توجهی بر درجه انعکاس UV تأثیر می‌گذارند. کائولن فرآوری شده دارای بازتاب اشعه ماوراء بنفش بیشتری نسبت به نوع تصفیه نشده است (Lal and Shau, 2017).

غشاء نازک کائولن پاشیده شده روی برگ‌ها با انعکاس اشعه‌های مادون قرمز و ماوراء بنفش از سطح برگ، تنش گرمایی و نوری را در گیاهان کاهش می‌دهد (Dinis et al., 2016). مطالعات انجام شده توسط Glenn و همکاران (۲۰۰۱) نشان داد که لایه‌های کائولن محلول پاشی شده روی سطح برگ، دمای برگ را کاهش می‌دهند. مطالعات Steiman و همکاران (۲۰۰۷) و Jifon Syvertsen and (۲۰۰۳) نشان دادند که کاربرد کائولن فرآوری شده به‌صورت سوسپانسیون پس از تبخیر آب روی سطح گیاه، مواد معدنی رسی یک لایه سفید و خشک تشکیل می‌دهند که منجر به بازتاب اشعه ماوراء بنفش بیشتری نسبت به نوع تصفیه نشده آن می‌شود.

گزارش شده است که کاربرد کائولن از گیاهان در برابر تنش خشکی محافظت می‌کند (Glenn,2012؛ Tubajika et al., 2007؛ Cantore et al., 2009). برخی از مطالعات افزایش عملکرد محصولات مختلف را پس از کاربرد کائولن به ویژه در شرایط تنش آبی نشان داده‌اند (Boari et al., 2014؛ Khaleghi et al., 2015). در نارنگی و گوجه فرنگی (Boari et al., 2015; Cantore et al., 2009) و گریپ‌فروت (Jifon and Syvertsen, 2003؛

Shellie, 2015). نشان داده شده است که لایه‌های ذرات با کاهش مقاومت در برابر حرارت، بهره‌وری درختان میوه را در محیط‌های نیمه خشک افزایش می‌دهند (Glenn et al., 2001). گزارش شده است که کائولن محلول پاشی شده روی سطح برگ و میوه، دمای بافت برگ و میوه انگور را در شرایط محدودیت آب، خنک نگه می‌دارد (Shellie and Glenn, 2008). بررسی‌ها مشخص کردند که کائولن آفتاب سوختگی در گونه‌هایی مانند انار، سیب، گردو، مرکبات و گوجه‌فرنگی را کاهش می‌دهد (Azizi et al., 2013).

مطالعات ثابت کرد که کائولن محلول پاشی شده رنگ، مواد جامد کل محلول، محتوای ویتامین C و غلظت آنتوسیانین را در سیب بهبود می‌بخشد (Glenn et al., 2013؛Chamchaiyaporn et al., 2013) (Wand et al., 2006; Shellie and King, 2013; علاوه بر این برخی از محققین افزایش در جذب خالص و هدایت روزنه‌ای را نیز گزارش کرده‌اند (Glenn et al, 2001 ؛ Rosati, et al., 2006).

با توجه به اینکه موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی خاص بناب و شهر جدید سهند از شدت نور بیشتری برخوردار بوده و محصولات منطقه بیشتر در معرض خطر نوسانات دمایی و تشعشعات نور خورشید است، مطالعهٔ حاضر به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی کائولین بر ویژگی دو رقم سیب 'گلدن دلیشز' و رد دلیشز' با هدف کاهش این گونه عوارض طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در باغات سیب شهرستان بناب (مشخصات جغرافیایی ۲۸,۱۷ ۲۵۳۷ :شمالی و″۶۹, ۰۳ ۰۱ ۴۶ :شرقی و ارتفاع از سطح دریای آزاد ۱۲۹۸ متر) و شرکت عمران شهر جدید سهند (مشخصات جغرافیایی ″۲۲,۲۹ ′۰۸ ۴۶ :شرقی و ۳۸,۱۷ ′۳۷ ۵۵ :شمالی و ارتفاع از سطح دریای آزاد ۱۶۳۰ متر) واقع در آذربایجان‌شرقی انجام یافت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در چهار سطح غشای نازک (شاهد، ۲، ٤ و ٦ درصد)، بر روی دو رقم سیب (رد دلیشز و گلدن دلیشز) سال‌های۱۳۹۹ و ۱٤۰۰ انجام شد. تیمارهای کائولین با سمپاش مجهز به همزن در هر دو سال به محض قطع بارندگی‌های فصل بهار انجام شد. این سطوح پوششی تا انتهای فصل رشد روی سطح درختان (میوه و برگ) حفظ شد.

در نهایت داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ٢٤ به‌صورت تجزیه مرکب بررسی شد و مقایسه میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

صفات مورد اندازه‌گیری: در این بررسی صفات درصد آفتاب سوختگی، میزان فتوسنتز، کلروفیل کل، کلروفیل b و کلروفیل a، دمای سطح میوه، سفتی میوه در موقع برداشت، میزان کلسیم و فسفر برگ و عملکرد اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری دمای سطح میوه از دستگاه ترموویژن (مدل FLIR C2) ساخت شرکت فلیر آمریکا استفاده شد. این صفت در گرم‌ترین ساعات روز ساعت ازساعت ۱۰ صبح تا چهار بعد از ظهر اندازه‌گیری و یاد داشت برداری گردید. به منظور محاسبه درصد سوختگی میوه‌ها پس از برداشت محصول به صورت کاملاً تصادفی از هر درخت تعداد ٤۰۰ عدد میوه برداشت شد و با شمارش میوه‌های آسیب دیده درصد این عارضه نیز ثبت شد.

اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a و کلروفیل b برگ به روش Arnon (۱۹٦۷) انجام شد. بهمین منظور ابتدا مقدار نیم گرم از برگ هر نمونه در هاون چینی بصورت جداگانه ریخته شد و به خوبی له گردید.

سپس به هر نمونه برگی ۲۰ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد اضافه گردید و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ هر نمونه را به بالن شیشه‌ای منتقل گردید.

مقداری از هر نمونه داخل بالن را در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس به طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b توسط اسپکتروفتومتر مقدار جذب را قرائت می‌نماییم و در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a و b بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به دست می‌آید.

Chlorophyll a = (19.3 * A663 - 0.86 * A645) V/1000W

Chlorophyll b = (19.3 * A645 - 3.6 * A663) V/1000W

V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A= جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر

W= وزن تر نمونه بر حسب گرم

اندازه‌گیری فتوسنتز توسط فتوسنتز متر مدل CI-340 ساخت CID آمریکا و کلروفیل کل با دستگاه کلروفیل متر SPAD502 plus ساخت شرکت Minotela انجام شد.

به‌منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی نمونه‌ها (برگ‌ها و میوه‌ها) و انتقال آنها به آزمایشگاه شستشو و سالم سازی انجام شد. به منظور تهیه خاکستر جهت اندازه‌گیری عناصر معدنی نمونه‌ها در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. به خاکستر به‌دست آمده ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ افزوده شد و سپس مخلوط به مدت ۵ دقیقه روی هاتپلیت جوشانده شد. سپس بوته را با اسید نیتریک ۰/۱ نرمال شستشو داده و حجم آن را به ۴۰ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول حاصل روی شعله گاز جوشانده و سرد شد و توسط صافی محلول را داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر صاف گردیده و به حجم رسانده شد.

برای اندازه‌گیری فسفر به محلول حاصل ارتو فسفات اضافه شد. در محیط اسیدی یون‌های ارتو فسفات با محلول وانادات-مولیبدات کمپلکس زرد رنگ فسفو وانادو مولیبدات راتشکیل می‌دهند که حداکثر جذب را در طول موج ۴۳۰ نانومتر نشان می‌دهند. جهت تهیه سری محلول‌های استاندارد مقادیر ۰، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ میلی‌لیتر از استاندارد اصلی فسفر به بالن ژوژه ۱۰۰میلی‌لیتر و ۸ میلی‌لیتر معرف نیترو واناد و مولیبدات به آن اضافه کرده و به حجم رسانده شد. این سری محلول‌ها حاوی ۰، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ میلی‌گرم فسفر در لیتر بوده که درترسیم منحنی کالیبراسیون استفده شد. برای اندازه‌گیری فسفر ابتدا نمونه‌ها را در لوله آزمایش به مقدار ۲ میلی‌لیتر عصاره حاصل از هضم، ۲ میلی‌لیتر معرف نیترو واناد و مولیبدات و ۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شده و پس از گذشت یک ساعت و تشکیل کمپلکس زرد رنگ، مقدار جذب محلول‌ها در طول موج ۴۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت قرائت بدست آمده به صورت غلظت در ماده خشک گیاهی مورد محاسبه قرار گرفت.

برای اندازه‌گیری کلسیم به شیوه تیتراسیون با پرمنگنات پتاسیم، ۲۰ میلی‌لیتر از محلول خاکستر را به بشر منتقل گردید سپس حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و دو قطره معرف متیل رد به آن افزوده شد. با استفاده از pH متر و محلول هیدروکسید آمونیوم (pH1+1) (محلول را به حدود ۷-۵/۶ رسید. در این مرحله وقتی رنگ محلول زرد شد، توسط اسید کلریدریک (pH1+3) را به حدود ۳-۲/۵ رسانده شد تا رنگ محلول صورتی شود. سپس توسط محلول

تیترازول پرمنگنات پتاسیم ۰/۱ نرمال تا ایجاد رنگ صورتی تیتر گردید (رنگ حداقل باید به مدت ۳۰ ثانیه پایدار بماند). به منظور اندازه‌گیری سفتی میوه در زمان برداشت (۱۰ و ۵ مهر ماه) تعداد ۳۰ میوه از هر تیمار بطور تصادفی برداشت شد. سپس، سفتی آنها توسط دستگاه سفتی سنج Effegi (HBW 8-650) ساخت کشور ایتالیا اندازه‌گیری شد. عملکرد کل تمامی درختان نیز پس از برداشت محصول به دقت یاد داشت برداری شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثرات ٤ و ۳ جانبه تیمارها در صفات مورد مطالعه از نظر آماری معنی‌دار نبودند. در حالی است که اثر دو جانبه رقم در کائولین درصفات کلروفیل a، سال در منطقه بر کلروفیل کل، سال در رقم در میزان فتوسنتز در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر ساده سطوح مختلف کائولین در همه صفات مورد مطالعه به‌جز کلروفیل کل بین ارقام مورد آزمایش در صفت فتوسنتز، منطقه و سال نیز در صفت کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد از نظر آماری تفاوت معنی دار مشاهده شد.

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	فتوسنتز
بلوک	۲	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۵۹٦۰۹۵۰/۲٤**	۰/۷٦^{ns}
سال	۱	۰/۰۰٤^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۵۳٤۷۰/۵۹**	۰/۰۱۸^{ns}
خطای E_1	۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۲۱۲۷٤/٦	۰/۰۳۱
منطقه	۱	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۳٤۵۳۳/۵**	۰/٦۸^{ns}
رقم	۱	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۳۷۸/۳۹^{ns}	٦/۲۹**
کائولین	۳	۲/۲۸**	۰/۵۷**	۳۰۵/۷۳٦^{ns}	۱۰/٦۷**
سال در منطقه	۱	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۲۱۲۵۹/۷٤**	۰/۸۱^{ns}
سال در رقم	۱	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۳٤^{ns}	۹/٤۲**
سال در کائولین	۳	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۲/۷۷ ^{ns}	۰/۰٤۳^{ns}
منطقه در رقم	۱	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۸۰۵ ^{ns}	۰/٤٦ ^{ns}
منطقه در کائولین	۳	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۱/۷۳ ^{ns}	۰/۱٦۷ ^{ns}
رقم در کائولین	۳	۰/۰۰۸**	۰/۰۰۸**	۰/۸۱۷ ^{ns}	۰/٤۸۷ ^{ns}
سال در منطقه در رقم	۱	۰/۰۰٤^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	¼^{ns}	۰/۰۸٤^{ns}
سال در منطقه در کائولین	۳	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۱/۰۲٦ ^{ns}	۰/۰٦٤^{ns}
سال در رقم در کائولین	۳	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۲۷۷^{ns}
منطقه در رقم در کائولین	۳	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۲۲۳ ^{ns}	۰/۱۵۱^{ns}
سال در منطقه در رقم در کائولین	۳	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۳۰٦^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}
خطای E_2	٦۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۱٤۳۹/۱۸	۰/۲٦۲
ضزیب تغییرات		۱۷/۰٦	۱۸/۹۲	۱۵/۲۲	۵/۹۳

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و * معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات ٤ و ۳ جانبه تیمارها در صفات مورد مطالعه از نظر آماری معنی‌دار نبودند. در حالی اثرات ۲ جانبه منطقه در رقم در میزان فسفر برگ در سطح احتمال یک درصد، منطقه در کائولین در صفت دمای میوه در سطح یک درصد، سال و کائولین در عملکرد و

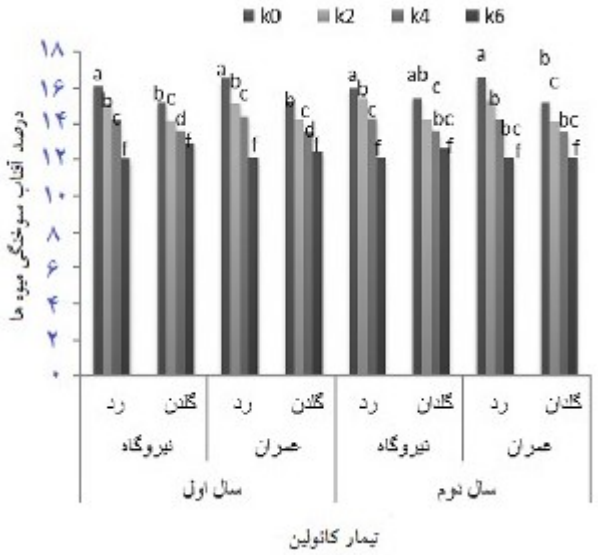
سوختگی میوه درسطح پنج درصد، سال در رقم در میزان عملکرد در سطح احتمال یک درصد و سفتی میوه درسطح احتمال پنج درصد و همچنین اثر ساده سطوح مختلف کائولین در همه صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. همچنین بین ارقام مورد آزمایش در صفات عملکرد و مقدار فسفر برگ نیز در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد.

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد سوختگی سطحی میوه	سفتی میوه (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	عملکرد درخت (کیلوگرم)	کلسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم)	دمای سطح × میوه تیر ماه (درجه‌سانتی‌گراد)
بلوک	۲	۱/۹^{ns}	۰/۲^{ns}	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۷۹/۶*	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۲^{ns}
سال	۱	۱/۸^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۵^{ns}	۲۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۵*
خطای E_1	۲	۱/۲	۰/۱	۰/۰۰۰۰۰۸	٤۱/٦	۰/۰۰۳	۰/۱
منطقه	۱	۰/۱^{ns}	۰/۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۲ ^{ns}	۲٦/۳ ^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۱/۲**
رقم	۱	۰/۰۲^{ns}	۰/٤^{ns}	۰/۰۰۱**	۹۵۹/۵**	۰/۲**	۰/۰٤^{ns}
کائولین	۳	۵٦۵/۲**	۵/٦**	۰/۰۰۳**	٤۷۳/٦**	۰/۳**	٤۱/۰٤**
سال در منطقه	۱	۱/۳^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۸^{ns}	۰/۱^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۳/۰۱**
سال در رقم	۱	۰/۰۳^{ns}	۰/۵*	۰/۰۰۰۰۲^{ns}	۲۷۵/۰٦**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۲^{ns}
سال در کائولین	۳	۲/۷*	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	٦٤/۱*	۰/۰۰٤^{ns}	۰/۰۷^{ns}
منطقه در رقم	۱	۰/۸^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۵٤/٤^{ns}	۰/۰۰٤^{ns}	۰/۱^{ns}
منطقه در کائولین	۳	۱/۷ ^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۰٤ ^{ns}	٤/۸ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۷**
رقم در کائولین	۳	۰/۸^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۱**	۷/۹^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۰٤^{ns}
سال در منطقه در رقم	۱	٤/۱*	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۲^{ns}	۰/۹^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰٤^{ns}
سال در منطقه در کائولین	۳	۱/۰۳^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۲^{ns}	۱۰/۱۹^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۸**
سال در رقم در کائولین	۳	۰/۳^{ns}	۰/۰۲٦^{ns}	۰/۰۰۰٤**	۰/۸٤^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}
منطقه در رقم در کائولین	۳	۰/۲^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۰۰٤**	۳/۰۹^{ns}	۰/۰۰٦^{ns}	۰/۰۸^{ns}
سال در منطقه در رقم در کائولین	۳	۰/۳^{ns}	۰/۰٤^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۸^{ns}	۰/۳۹^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۲^{ns}
خطای E_2	٦۰	۰/۹	۰/٤	۰/۰۰۰۰۰۷	۲۲/٦۱	۰/۰۰٤	۰/۱
ضریب تغییرات		٦/۷	٤/۵	۷/۱	۹/۳	۸/٤	۳/۲

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد؛ * معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد

درصد آفتاب سوختگی میوه: از نظر آماری مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سه جانبه سال در رقم در تیمار کائولین (شکل ۱) نشان داد که اثر سه جانبه سال، رقم و کائولین بر صفت درصد سوختگی میوه در سطح احتمال ۵٪ از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌داری بودند. با افزایش غلظت کائولین در هر دو رقم در صد عارضه آفتاب سوختگی کاهش محسوسی داشت.



شکل ۱: مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل سال، رقم (گلدن دلیشز و ردگلدن) و غلظت‌های کائولین (صفر، ۲، ٤ و ٦ درصد) بر درصد آفتاب سوختگی میوه سیب

کلروفیل کل: نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه سال در منطقه بر کلروفیل کل برگ سیب (جدول ۳) نشان داد که با افزایش غلظت کائولین در محلول پاشی درختان منجر به افزایش کلروفیل کل برگ درختان مورد مطالعه در سال دوم در هر دو منطقه مورد مطالعه‌گردید.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه سال در منطقه برکلروفیل کل برگ سیب

ترکیبات کائولین		صفات مورد مطالعه
		کلروفیل کل(میلیگرم بر گرم وزن تر)
سال اول	نیروگاه	۱/۷٦۲^{c}
سال اول	شرکت عمران	۱/٤۳۸۹^{b}
سال دوم	نیروگاه	۲/۸٤۲٤^{a}
سال دوم	شرکت عمران	۲/۹۲٤۱^{a}

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین ترکیبات کائولین بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

کلروفیل a و b: مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دو جانبه رقم در کائولین بین دو رقم گلدن دلیشز و رد دلشز (جدول ٤) با افزایش غظت کائولین کلروفیل a و b تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید بطوری که بیشترین آن مربوط به غلظت ٦ درصد کائولین و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد.

فسفر: مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سه جانبه سال نشان داد که با افزایش غلظت کائولین میزان فسفر برگ بطور معنی‌داری افزایش یافت به گونه‌ای که بیشترین مقدار فسفر در تیمار کائولین ٦ درصد و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید. این درحالی است که بین سال اول و دوم و همچنین بین ارقام تفاوت معنی‌داری از این لحاظ مشاهده نشد.

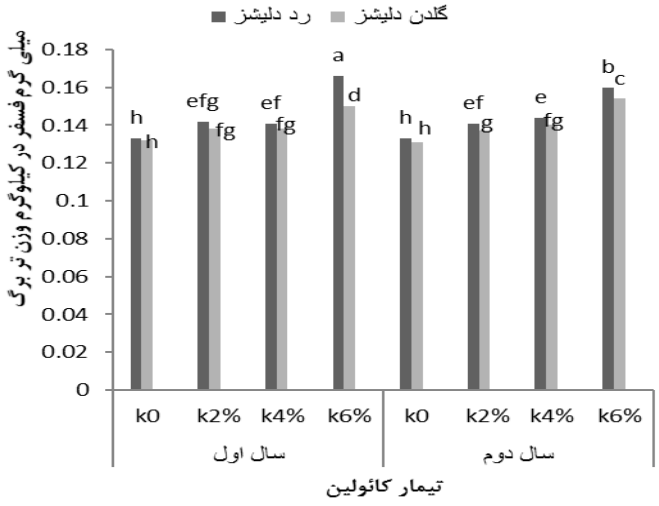
فتوسنتز و سفتی میوه: مقایسه میانگین‌ها نشان‌داد که

اثر متقابل دو جانبه سال در رقم (جدول ۵) بر مقدار فتوسنتز و سفتی بافت میوه‌دارای اثر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بوده است. بیشترین مقدار فتوسنتز و سفتی بافت مربوط به سال اول در رقم رد دلیشز و کمتر آنها در همین سال مربوط رقم گلدن دلیشز بوده است. در این صفات بین ارقام در سال دوم تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد.

جدول ٤: مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه رقم در کائولین

ترکیبات کائولین		صفات مورد مطالعه	
		کلروفیل a	کلروفیل b
رد دلشز	کائولین ۰ درصد	۱/۲۸^{g}	۰/۵۸ ^{e}
رد دلشز	کائولین ۲ درصد	۱/۳۹^{f}	۰/۷c^{d}
رد دلشز	کائولین ٤ درصد	۱/۷۲^{c}	۰/۷٦ ^{b}
رد دلشز	کائولین ٦ درصد	۱/۹۵^{b}	۰/۹۳ ^{a}
گلدن دلیشز	کائولین ۰ درصد	۱/۳^{g}	۰/۵۹ ^{e}
گلدن دلیشز	کائولین ۲ درصد	۱/٤۲^{e}	۰/٦۸ ^{d}
گلدن دلیشز	کائولین ٤ درصد	۱/٦۸^{d}	۰/۷۲ ^{c}
گلدن دلیشز	کائولین ٦ درصد	۲^{a}	۰/۹۷ ^{a}

*حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین ترکیبات کائولین بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل سه جانبه سال در رقم (گلدن دلیشز و ردگلدن) در کائولین (غلظت‌های صفر، ۲، ٤ و٦ درصد)

اثر اصلی کائولین بر صفات سفتی میوه و فتوسنتز (جدول ٦) نشان داد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف کائولین جود داشته است. با افزایش سطح غلظت کائولین سفتی میوه و فتوسنتز، افزایش معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده شد، بطوری‌که بیشترین فتوسنتز با سرعت ۹/٤٤ میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه و بیشترین سفتی میوه مربوط به تیمار با غلظت محلول پاشی کائولین ٦ درصد بود.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه سال در رقم

صفات مورد مطالعه			
ترکیبات تیمار		فتوسنتز (میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه)	سفتی میوه (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع)
سال اول	رد دلیشز	۹/۱۹^{a}	۷/۵۷^{a}
سال اول	گلدن دلیشز	۸/۰۵^{c}	۷/۳^{b}
سال دوم	رد دلیشز	۸/۵۹^{ab}	۷/٤۱^{ab}
سال دوم	گلدن دلیشز	۸/۷^{ab}	۷/٤۲^{ab}

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین ترکیبات کائولین بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

جدول ٦: مقایسه میانگین اثر اصلی کائولین

صفات مورد مطالعه		
درصد کائولین	سفتی میوه کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع	فتوسنتز میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه
کائولین ۰ درصد	٦/۸٤^{d}	۹/٤٤^{a}
کائولین ۲ درصد	۷/۲۹^{c}	۸/۸۸^{b}
کائولین ٤ درصد	۷/۵۸^{b}	۸/۲۸^{c}
کائولین ٦ درصد	۷/۹۹^{a}	۷/۹۲^{d}

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین ترکیبات کائولین بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

بحث

رنگدانه‌های فتوسنتزی نه تنها در تعیین رنگ و فرایند فتوسنتز موثرند بلکه این رنگدانه‌ها به‌عنوان عوامل ضد اکسیدانی در بافت گیاه عمل می‌کنند (Khaleghi et al., 2015). نتایج تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که از بین رفتن کلروفیل در اثر شدت نور بالا به دلیل فتواکسداسیون و درتیجه آسیب اکسداتیو می‌باشد (Trigo-cordaba et al., 2015) از طرف دیگر با توجه به مطالعات کاربرد کائولین در بادام و گردو (Rosati et al., 2006)، انگور (Dinis et al., 2018)، زیتون (Khaleghi et al., 2015) منجر به افزایش کلروفیل b و a وکلروفیل کل در برگ گردید این نتایج با نتایج این تحقیق مبنی بر تاثیر کائولین بر افزایش رنگیره‌های فتوسنتزی مطابقت داشت. از طرف دیگر دراین شرایط ممکن است که فعالیت کلروفیلاز افزایش یابد، بنابراین کاربرد کائولین به دلیل بازتابش تشعشع و گرما سبب کاهش تجزیه کلروفیل گردید (Khaleghi et al., 2015) که با مطالعات حاضر قابل ارزیابی می‌باشد.

فتوسنتز یکی از مهم‌ترین فرآیندهای گیاهی است که هر عاملی در طی فصل رشد بر آن تاثیر سو داشته باشد در واقع کارخانه تولید و ذخیره سازی گیاه را تحت تاثیر قرار داده و در نهایت سبب کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (Jifon and Syvertsen, 2003) علاوه بر این، دمای بالا به همراه تشعشع بالا در روز گرم تابستان آسیب دستگاه فتوسنتری (بخصوص فتوسیستم نوری ۲) و در نهایت پیری برگ را به همراه خواهد داشت (Buchner et al., 2015). نتایج محلول پاشی کائولین در پژوهش‌های انجام یافته درختان گردو و بادام (Rosati et al., 2006)، انگور

(Dinis et al., 2016) و قهوه (Bruna et al., 2023; Aurora et al., 2021) نشان دهنده افزایش فتوسنتز نسبت به شاهد می‌باشد که که این امر تاثیر مثبت تیمارهای کائولین بر میزان فتوسنتز برگ را نشان دادند که تایید کننده نتایج این پژوهش می‌باشند.

عناصر غذایی ماکرو و میکرو اثرات مختلفی روی کیفیت میوه‌ها دارند. در میان عناصر غذایی کلسیم (جدول ۲) مهمترین عنصر معدنی در تعیین کیفیت میوه می‌باشد. این عنصر عمر نگهداری میوه‌ها را افزایش می‌دهد. محققین نقش کلسیم را در گیاه بسیار متعدد می‌دانند. کلسیم در ساخت لایه وسطی سلولی که ازجنس پکتات کلسیم خصوصیت سفتی بافت به مقدار زیادی تحت تاثیر فاکتورهای قبل و بعد از برداشت میوه قرار می‌گیرد. از عوامل موثر بر سفتی بافت میوه می‌توان به فاکتورهای آب و هوایی، ژنتیکی مثل نوع رقم، پایه، برداشت در زمان بلوغ و میزان کلسیم بافت میوه اشاره کرد. مواد منعکس کننده نور مثل کائولین می‌کند، دمای برگ (Singh et al., 2021) و اتلاف تعرق آب را که بطور عمده از طریق سطح برگ اتفاق می‌افتد کاهش می‌دهد (Kumar et al., 2015). از طرف دیگر تحقیقات نشان داده که حرکت کلسیم مشکل اساسی در جذب و انتقال کلسیم رابطه این عمل با تعریق و تعرق در برگ‌ها می‌باشد. افزایش سطح برگ، سطح تعرق شاخه و برگ‌ها را بالا برده و مواد معدنی شیره خام از جمله کلسیم را به طرف خود هدایت می‌کنند (Aly et al., 2010). در نتیجه به علت پایین بودن تعرق در میوه‌ها، کلسیم کمتری به داخل میوه‌ها هدایت می‌شود. تحقیقات نشان داده که کائولن که تحت تأثیر نور خورشید پلیمریزه شده و یک لایه نازک روی برگ‌ها تشکیل می‌دهد که به عنوان یک عامل ضد تعرق برگی عمل می‌کند. چنین لایه‌ای با کاهش اتلاف روزنه‌ای خروج آب از گیاه را کاهش می‌دهد (Abo-Khaled and Hagan, 1970) و مدت زمان باز بودن جزئی روزنه‌ها را افزایش می‌دهد که این عمل خروجی تدریجی و آرام بخار آب از اتاقک روزنه منجر به تداوم پیوسته انتقال کلسیم به برگ و میوه می‌شود (Bafeel and Moftah, 2008) که به نظر می‌رسد این مهمترین اثر کائولین در هدایت کلسیم به طرف میوه و برگ در شرایط شدت بالای تابش آفتاب باشد (Bhumi et al., 2023). این یافته‌ها با نتایج این تحقق مطابقت می‌کند.

یافته‌های محققین نشان می‌دهد که افزایش دمای هوا جذب و انتقال فسفر را در دمای بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد در درخت کاج را کاهش داد (Delucia et al., 1997). مطالعات نشان دادند که اکسین تولید شده تحت تاثیر اشعه ماوراء بفش نور خورشید در قسمت‌های فوقانی (به‌خصوص مریستم‌های انتهایی) قرار گرفته که این اکسین با ژن‌های خانواده Pht1 که منجر به توسعه ریشه و در نتیجه افرایش جذب فسفر می‌شوند (Yanan et al., 2020) در ارتباط می‌باشند که در این میان عمل کائولین باعث باز تاش اشعه‌های مضر آفتاب شده و این عمل مانع تجزیه اکسین می‌شود که این امر پس از رسیدن پیام‌های فعال شده توسط اکسین به ریشه منجر فعال شدن سیستم توسعه ریشه می‌شود (این سیستم ریشه بسیار منشعب، که توسط چندین ژن شامل TIR1، PDR2، SCR، LPR1/2، قند و هورمونها کنترل می‌شود با خانواده ژنی Pht1 در ارتباط می‌باشد.) (Damar et al., 2014). مطالعه حاضر با نتایج این پژوهش‌ها همسو می‌باشد.

بررسی محققین ثابت کرد که اهمیت سفتی بافت میوه در دوره انبارداری به شدت به سفتی بافت آن در زمان برداشت بستگی دارد(Konopacka and

Plocharski, 2002; Ergun, 2012). پژوهش‌ای انجام یافته در انگور (Dinis et al., 2018)، سیب (Gindaba and wand, 2005; Jennifer et al., 1999)، با یافته‌های این پژوهش همسو بود. بررسی‌ها نشان داده که علت اصلی آفتاب سوختگی عمدتاً ناشی از کمبود آب و تنش دمایی بالاست، بعلت کمبود آب روزنه‌های برگ بسته شده و شدت آفتاب بالا باعث تجمع گرما در برگ‌ها و تنش حرارتی می‌شود (Glenn, 2009 Karimi et al., 2015) که به میوه و برگ در فصول گرم و خشک سال آسیب می‌رساند. نتایج پژوهش‌ها نشان دادند که کائولین موجبات باز ماندن طولانی مدت روزنه‌ها را فراهم می‌نمایند، خروج تدریجی این بخار آب منجر به کاهش دما و ورود بیشتر دی اکسید کربن به داخل اتاقک روزنه‌ای و افزایش فتوسنتز می‌شود (Glenn et al., 2003؛ Karimi et al., 2015). برسی‌های دیگر این کاهش دمای ۲ تا ٦ درجه سانتی‌گراد را اثبات کرده‌اند که مانع آفتاب سوختگی برگ‌ها و میوه‌ها در قسمت‌های رو به آفتاب می‌شوند (Lai and Shau, 2017; Jiregna and Sje, 2005). مطالعات این پژوهش با نتایج بررسی محلول پاشی کائولین در درختان انار (Adel et al., 2022)، سیب (Somayeh and Wand., 2007 Gindaba ;et al., 2021)، مرکبات (Lapointe et al., 2006) و گردو (Mojtaba et al., 2021) همسو بود.

نتایج پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که برخی عناصر معدنی نقش موثری در تولید کلروفیل دارند (Boussadia et al., 2015). تبادلات گازی و کلروفیل بخش جدایی ناپذیر فرایند فتوسنتز در برگ هستند. حداکثر ظرفیت فتوسنتزی وابسته به ظرفیت انتقال الکترون (انتقال انرژی) و غلظت فسفر در کلروپلاست برای مدیریت فتوفسفوریلاسیون و بیوسنتز کربوهیدرات است (Singh and Reddy, 2014). در یک بررسی انجام شده در درختان زیتون این عمل اثبات شده که با نتایج این پژوهش در این راستا قابل ارزیابی می‌باشد. مطالعات Zahedi و همکاران (۲۰۱٦) نشان داد که تعادل بین عناصر غذایی یکی از عوامل موثر در افزایش تولید در شرایط تنش می‌باشد و عدم تعادل عناصر غذایی رشد گیاه و در نهایت عملکرد محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین حفظ یا افزایش کارایی فتوسنتز طی فصل رشد با محلول پاشی کائولین می‌تواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد کمی و کیفی باغات در مناطق با شدت نور بالای تابستان داشته باشد.

بطورکلی مطالعات نشان داده که اثرات اصلی تیمار کائولین کاهش حرارتی برگ است که تاثیر شدت بالای نور آفتاب را کاهش می‌دهد. کائولین با ایجاد یک پوشش منفذدار با قابلیت تبادل گازی استفاده به دلیل باز ماندن روزنه‌ها برای دوره‌های طولانی‌تر (Hassanzadeh et al., 2014) و تا حدی با ممانعت از عبور اشعه‌های فروسرخ و فرابنفش (Saour., 2005) و باز تابش نور منجر به کاهش ۲ تا ٦ درجه سانتی‌گراد دمای سطح برگ گیاه (Aurora et al., 2021; Artur et al., 2018) می‌شود بنابراین، می توان چنین استنباط کرد که کائولین یک اثر باز تابی تابش خورشیدی ایجاد می‌کند (Bruggemann and Dias, 2010) و سطح برگ را افزایش می‌دهد و در نهایت تاثیر شدت نور بالا بر روزنه‌ها را کاهش داده و به افزایش جذب کربن کمک می‌کند (Marina et al., 2023) که با نتایج این پژوهش مطابق می‌باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج حاصل از این بررسی، محلول پاشی درختان سیب با غلظت‌های بین ٤ تا ٦ درصد

کائولین سبب کاهش اثرات مضر شدت بالای نور خورشید در طول فصل تابستان شده و به دنبال آن ویژگی‌های کمی و کیفی این محصول به‌صورت قابل توجهی بهبود یافته است

References

Abou-Khaled, A. and Hagan, R. M. (1970). Effects of kaolinite as a reflective anti transpirants on leaf temperature, transpiration, photosynthesis, and water use efficiency. Water Resources Research 6: 280–289.

Adel, E., Jamal, K., Rawan, R, and Hassan, G. (2022). Effect of Using Limestone Fines on the Chemical Shrinkage of Pastes and Mortars. Research Square.4:1-23.

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

André, F. F. R., Sylvana, N. M. and Luanna, F. P. (2019). Content of photosynthetic pigments and leaf gas exchanges of young coffee plants under light restriction and treated with paclobutrazol. Journal of Experimental Agriculture International. 32(6):1-13.

Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23:112-121.

Artur, C., Andreia, N., Richard., Diana, P., Lia- Tânia, D., Sara, B., Carlos, M., Ana, C., Hernani, G. and José, M.P. (2018). Kaolin particle film application stimulates photo assimilate synthesis and modifies the primary metabolism of grape leaves. Journal of Plant Physiology. 223(4):47-56.

Aurora, C., Stefano, C., Giulia, G., Christophe, E., Youssef, R., Alberto, R. and Claudio, D. (2021). Mitigation of High-Temperature Damage by Application of Kaolin and Pinolene on Young Olive Trees (*Olea europaea* L.): A Preliminary Experiment to Assess Biometric, Eco-Physiological and Nutraceutical Parameters. Agronomy.184:1-14.

Azizi, A., Hok mabadi. H., Piri, S. and Rabie, V. (2013). Effect of kaolin application on water stress in pistachio cv. 'Ohadi'. International Journal of Nuts and Related Sciences. 4: 4.

Bafeel, S.O. and Moftah, A.E. (2008) Physiological response of eggplants grown under different irrigation regimes to anti transplant treatments. Saudi Journal Biology Science. 15(2): 259–267

Bhumi, R. D.V., Ramesh, N., Manimaran, S. and Thangavel, p. (2023). Effect of organic mulches and foliar spray of kaolin on NPK uptake in enhancing yield and economics of dry land maize (*Zea mays* L.). Journal of Applied and Natural Science.15(1): 116 - 119. https://doi.org/10.31018/jans.v15i1.4192

Boari, F., Cucci, G., Donadio, A., Schiattone, M.I. and Cantore, V. (2014). Kaolin influences tomato response to salinity: physiological aspects. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science 64: 559-571.

Boari, F., Donadio, A., Schiattone, M.I. and Cantore, V. (2015). Particle film technology: a supplemental tool to save water. Agriculturae. Water Manage. 147: 154–162.

Boussadia, O., Steppe, K., Van Labeke, M. C., Lemeur, R. and Braham, M. (2015). Effects of nitrogen deficiency onleaf chlorophyll fluorescence parameters in two olive tree cultivars 'Meski'and 'Koroneiki'. Journal of Plant Nutrition.38: 2230-2246.

Bruna, P. C., Cláudio, Y.T. and Carlos, A. R. M. R. (2023). Initial growth of coffee plants associated with theuse of kaolinite and adjuvant. Coffee Science. 18: e182046.

Buchner, O., Stoll, M., Karadar, M., Kranner, I. and Neuner, G. (2015). Application of heat stress in situ demonstrates a protective role of irradiation on photosynthetic performance in alpine plants. Plant Cell and Environment. 38: 812-826.

Cantore, V., Pace, B. and Albrizio, R. (2009). Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality. Environmental and Experimental Botany. 66(2): 279-288.

Chamchaiyaporn, T., Jutamanee, K., Kasemsap and P. and Vaithanomsat. P. (2013). Selection of the most appropriate coating particle film for improving photosynthesis in mango. Kasetsart Journal- Natural Science.47(3): 323–332.

Damar L, L., Marco, A, L., Sandra, I. G.M. and José, L. B. (2014). Phosphate Nutrition: Improving Low-Phosphate Tolerance in Crops. Annual Review of Plant Biology.65:95–123.

DeLucia, E., Callaway, R., Thomas, E. and Schlesinger, W. (1997). Mechanisms of phosphorus acquisition for ponderosa pine seedlings under high CO_2 and temperature. Annals of Botany.79: 111–120. [Google Scholar]

Dias, M. C. and Bruggemann, W. (2010). Limitations of photosynthesis in *Phaseolus vulgaris* under drought stress: Gas exchage, chlorophyll fluorescence and Calvin cycle enzymes. Photosynthetica. 48(1):96-97.

Dinis, L. T., Ferreira, H., Pinto, G., Bernardo, S., Correia, C. M. and Moutinho-Pereira, J. (2016). Kaolin based, foliar reflective film protects photosystem II structure and function in grape vine leave sex posed to heat and high solar radiation. Photosynthetic. 54(1): 47-55.

Dinis, L.T., Malheiro, A.C, Luzio, A., Fraga, H., Ferreira, H., Gonçalves, I., Pinto, G., Correia, CM. and Moutinho-Pereira, J. (2018). Improvement of grapevine physiology and yield under summer stress by kaolin-foliar application: water relations, photosynthesis and oxidative damage. Photosynthetica. 56(2):641–651.

Ergun, M. (2012). Post-harvest quality of 'galaxy' apple fruit in response to kaolin-based particle film application. Journal of Agricultural Science and Technology. 14: 599-607.

Felicetti, D.A. and Schrader, L.E. (2008). Changes in pigment concentrations associated with the degree of sunburn browning of ‘Fuji’ apple. Journal of the American Society for Horticultural Science. 133:27-34.

Gindaba, J. and Wand, S.J.E. (2005). Comparative effects of evaporative cooling, kaolin particle film and shade net on sunburn and fruit quality in apples. Horticultural Science. 40: 592-596.

Gindaba, J. and 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.

Glenn, DM., Puterka, GJ., Drake, SR., Unruh, TR., Knight, AL., Baherle, P., Prado and E., Baugher, TA. (2001). Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality. Journal of American Society.126(2): 175-181

Glenn, D. M., Erez, A., Puterka, G. J. and Gundrum, P. (2003). Particle films affect carbon assimilation and yield in Empire 'apple. Journal of the American Society for Horticultural Science. 128(3): 356-362.

Glenn, D.M. and Puterka, G.J. (2005). Particle films: A new technology for agriculture. Horticultural Reviews .31:1–44.

Glenn, D.M. Puterka, G.J. (2007). The use of plastic films and sprayable reflective particle films to increase light penetration in apple canopies and improve apple color and weight. Horticultural Science. 42: 91–96

Glenn, D.M. (2009). Particle film mechanisms of action that reduce the effect on enviromental stress in ‘Empire’ apple. American society forHorticulturalScience.134(3): 314-321.

Glenn, D. M., (2012). The mechanisms of plant stress mitigation by kaolin-based particle films and applications in Horticultural and agricultural crops. Horticultural Science, 47(6): 710-711.

Hassanzadeh, H., Farazmand, H., Oliaei-Torshiz, A. and Sirjani, M. (2014). Effect of kaolin clay (WP 95%) on oviposition detergency of pistachio psylla (*Agonoscena pistaciae*

Burckharat & Lauterer). Journal of Pesticides in Plant Protection Sciences 1: 76-85. (In Persian with English Summary)

Jennifer, R., Sada, D.F and S, Khanizadeh. (1999); The factorial effects on firmness tissue fruit apple. Compact fruittree. Vol 32, Number 2

Jifon J. L. and Syvertsen, J. P. (2003). Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of 'Ruby Red' grape fruit leaves. Journal of American Society for Horticultural Science .128: 107–112.

Jiregna, G. and Sje, M.(2005). Comparative Effects of Evaporative Cooling, Kaolin Particle Film, and Shade Net on Sunburn and Fruit Quality in Apples.Horticultural Science. 40(3):592–596.

Karimi, S., Yadollahi, A., Arzani, K., Imani, A. and Aghaa- likhani, M. (2015). Gas-exchange response of almond genotypes to water stress. Photosynthetica .53: 29–34. https://doi.org/10.1007/s11099-015-0070-0

Kasetsart, T., Chamchaiyaporn, K., Jutamanee and P. Kasemsap. (2013). Pilanee Vaithanomsat and Charun Henpitak.Effects of Kaolin Clay Coating on Mango Leaf Gas Exchange, Fruit Yield and Quality. Kasetsart Journal- Natural Sciences. 47(4): 479 – 491.

Khaleghi, E., Arzani, K., Moallemi, N. and Barzegar, M. (2015). The efficacy of kaolin particle film on oil quality indices of olive trees (*Oleae uropaea* L.) cv 'Zard'grown underwarmand semi-arid region of Iran. Food Chemistry, 166: 35-41.

Konopacka, D. and Płocharski, W. J. (2002). Effect of picking maturity, storage technology and shelf life on changes of apple firmness of 'Elstar', 'Jonagold' and 'Gloster' cultivars. Journal Fruit Ornamental Plant Research. 10: 11- 26.

Kumar, A., Rana, K.S., Rana, D.S., Bana, R.S., Choudhary, A.K. & Pooniya, V. (2015). Effect of nutrient and moisture management practices on crop production on crop productivity, water use efficiency and energy dynamics in rainfed maize (*Zea mays* L.), Soybean (*Glycine max* L.) intercropping system. Indian Journal Agronomy.60(1):152- 156.

Lal, N and Shau, N. (2017). Management Straegies of Sun Burn in Fruit Crops. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2319-7706. 6(6): 1126-1138.

Lapointe, S. L., McKenzie, C. L., Hall, D. G., (2006). Reduced oviposition by Diaprepes abbreviates (Coleoptera: Curculionidae) and growth enhancement of citrus by surround particle film. Journal of Economic Entomology, 99(1): 109- 116.

Marina, S. G.O., Arthur, V., Antonio, N.G. and Sergio, R. S. (2023). Fotossíntese, condutância estomática e productivities de clones de *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. Revista Árvore, 37(3):431- 439.

Mojtaba, M., Majid, R., Soheil, K., Avidly., Zahra, T., Saadat,S. and Kourosh, V.(2021). Role of kaolin on drought tolerance and nut quality of Persian Walnut Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.20: 409–416

Ou, C., Du, X., Shellie, K., Ross, C., Qian, M. C., (2010). Volatile compounds and sensory attributes of wine from cv. Merlot (*Vitisvinifera* L.) grown under differential levels of water deficit with or without a kaolin-based, foliar reflect ant particle film. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(24): 12890- 12898.

Rosati, A., Metcalf, S. G., Buchner, R. P., Fulton, A. E. and Lampinen, B. D. (2006a). Effects of kaolin application on light absorption and distribution, radiation use efficiency and photosynthesis of almond and walnut canopies. Annals of Botany. 99:255-263.

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

Saour, G. (2005). Morphological assessment of olive seedlings treated with kaolin-based particle film and bio stimulant. Advances in Horticultural Science.15: 193-197.

Singh, M., Jaswal, C. and Singh, H. (2021). Antitranspirant: A Novel Emerging Approach to Combat Drought tress in Maize *(Zea mays* L.*)*. Biotica Research, 3(1): 68-69.https://www.researchgate.net/publication/354632286.

Singh, S. K. and Reddy, V. R. (2014). Combined effects of phosphorus nutrition and elevated carbon dioxideconcentration on chlorophyll fluorescence, photosynthesis, and nutrient efficiency of cotton. Journal of Plant Nutrition and Soil Science .177: 892-902.

Shellie, K. (2015). Foliar reflective film and water deficit increase anthocyanin to soluble solids ratio during berry ripening in Merlot. American Journal of Enology and Viticulture .66: 348–356.

Shellie, K.C. and King, B.A. (2013a). Kaolin particle film and water deficit influence redwine grape color under high solar radiation in an arid climate. American Journal of Enology and Viticulture.64: 214–222

Shellie, K.C. and Glenn, D.M. (2008). Wine grape response to foliar particle film underdiffering levels of preverais on water stress. Horticalture Science 43: 1392–1397.

Somayeh., F., Zabihollah., Z., Reza, F. and Mohammad, O. (2021). Influence of kaolin application on mostimportant fruit and leaf characteristics of two apple cultivars under sustained deficit irrigation. Biological Research. 54: 2-15.

Song, X.W., Wang, C., Zhang, Q., Li, Y., (2012). Post- harvest physio-chemical responses of cut rose (Rosa hybrid L.) to antitranspirant and vacuum cooling. Phili pp. Agricultures Scientist. 94 (4), 368–374.

Steiman, S.R., Bittenbender, H.C. and Idol, T.W. (2007). Analysis of kaolin particle film use and its application on coffee. Horticulture Science 42: 1605–1608.

Trigo-Cordoba, E., Bouzas-Cid, Y., Orriols-Fernandez, I. and Mirls-Avalos, J.M. (2015). Effects of deficit irrigation on the performance of grapevine (Vitis vinifera L.) cvs. Godello and Treixadura in Ribeiro, New Spain Agriculture Water Manage. 161: 20–30. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.011.

Tubajika, K.M., Civerolo, E.L., Puterka, G.J., Hashim, J.M. and Luvisi, D.A. (2007). The effects of kaolin, harpin, and imidacloprid on development of Pierce's disease in grape. Crop Protection . 26: 92–99.

Zahedi, S.M., Rasoli, F. and Gohari, G. (2016). The effect of potassium on the yield and concentrations of microelements in cowpea (Vigna unguiculata L. Walp.) under drought stress. Plant Environmental Physiology, 12(48):25-34. https://doi.org/ 20.1001.1.76712423.1396.12.48.3.7

Wand, S.J.E., Theron, K.I., Ackerman, J. and Marais, S.J.S. (2006). Harvest and post-harvest apple fruit quality following applications of kaolin particle film in South African orchards. Scientia Horticulture, 107: 271-276.

Yanan, H., Zhenyun, H., Yaqiang, S., Shuai, W., Ting, W., Yi, W., Kenong, X., Xinzhong, Z., Xuefeng, X., Zhenhai H. and Ting, W. (2020). ERF4 affects fruit firmness through TPL4 by reducing ethylene production. The Plant Journal. 103: 937–950.