



Evaluation of the practical methods of complementary pollination on quality of kiwifruit cv. Hayward

Mohammad Ali Shiri¹ | Malek Ghasemi²

1. Corresponding Author, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Horticulture Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran. E-mail: ma.shiri@areeo.ac.ir
2. Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Horticulture Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran. E-mail: malek_ghasemi@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received December 12, 2022
Received in revised form
20 May 2023
Accepted 31 May 2023
Published online
20 September 2023

Keywords:

Phytochemical compounds
Chlorophyll
Impure pollen
Total phenol
Vitamin C

ABSTRACT

Objective: The objective of this study is to evaluate the effect of different methods of complementary pollination on the qualitative characteristics of kiwifruit cv. Hayward in order to introduce the most effective and practical complementary pollination method.

Methods: The present study evaluated the effect of different methods of complementary pollination [open pollination, hand pollination from male flowers of the tumor cultivar, spray pollination with pure pollen and spray pollination with impure pollen (collected from the entrance of bees' nests at the time of opening kiwifruit male flowers) on the qualitative characteristics of kiwifruit cv. Hayward in the Citrus and Subtropical Fruits Research Institute (Ramsar city) in 2021 based on the randomized complete block design in three replications.

Results: The results showed that the amount of titratable acids, maturity index, chlorophyll b, carotenoid, total flavonoid and antioxidant activity were not affected by different methods of complementary pollination. Fruits obtained from spray pollination with impure pollen had the highest single tree yield (98.32 kg per tree), hectare yield (40.39 tons per hectare), number of seeds (1038), amount of soluble solids (7.07 °Brix), chlorophyll a (1.71 mg100 g⁻¹ FW), total chlorophyll (3.11 mg100 g⁻¹ FW), vitamin C (60.27 mg100 g⁻¹ FW), and total fruit phenol (79.62 mg100 g⁻¹ FW). Moreover, these fruits were in more favorable conditions regarding sensory and taste evaluations.

Conclusion: Overall, it is possible to recommend complementary pollination according to spray pollination with impure pollen as the most effective and practical method to increase fruit quality for kiwifruit growers.

Cite this article: Shiri, M. A., & Ghasemi, M. (2023). Evaluation of the practical methods of complementary pollination on quality of kiwifruit cv. Hayward. *Journal of Crops Improvement*, 25 (3), 807-823.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2023.352398.2770>



ارزیابی روش‌های کاربردی گرده‌افشانی تکمیلی بر کیفیت میوه کیوی رقم هایوارد

محمدعلی شیرینی^۱ | مالک قاسمی^۲

۱. نویسنده مسئول، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران. رایانامه: ma.shiri@areeo.ac.ir
۲. پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران. رایانامه: malek_ghasemi@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۶/۲۹

هدف: هدف از بررسی حاضر ارزیابی تأثیر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی بر ویژگی‌های کیفی میوه کیوی رقم هایوارد به‌منظور معرفی مؤثرترین و کاربردی‌ترین روش گرده‌افشانی تکمیلی می‌باشد. **روش پژوهش:** در بررسی حاضر تأثیر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی [گرده‌افشانی آزاد، گرده‌افشانی دستی از گل‌های نر رقم توموری، گرده‌افشانی به‌صورت محلول‌پاشی با گرده خالص و گرده‌افشانی به‌صورت محلول‌پاشی با گرده ناخالص (جمع‌آوری‌شده از ورودی لانه زنبورهای عسل در زمان باز شدن گل‌های پایه نر کیوی)] بر ویژگی‌های کیفی میوه کیوی رقم هایوارد در سال ۱۴۰۰ در پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری کشور (شهر رامسر) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میزان اسیدهای قابل تیتراسیون، شاخص بلوغ، کلروفیل b، کاروتنوئید، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی قرار نگرفتند. میوه‌های حاصل از گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی با گرده ناخالص بالاترین عملکرد تک‌درخت (۹۸/۳۲ کیلوگرم در هر درخت)، عملکرد هکتاری (۴۰/۳۹ تن در هکتار)، تعداد بذر (۱۰۳۸)، میزان املاح جامد محلول (۷/۰۷ درجه بریکس)، کلروفیل a (۱/۷۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر)، کلروفیل کل (۳/۱۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر)، ویتامین ث (۶۰/۲۷ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) و فنل کل میوه (۷۹/۶۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) را تولید کردند. هم‌چنین، این میوه‌ها از لحاظ ارزیابی‌های حسی و چشایی در شرایط مطلوب‌تری قرار داشتند.

نتیجه‌گیری: در نهایت، می‌توان گرده‌افشانی تکمیلی به‌صورت محلول‌پاشی با گرده ناخالص را به‌عنوان مؤثرترین و کاربردی‌ترین روش به‌منظور افزایش کیفیت میوه به باغداران کیوی توصیه نمود.

کلیدواژه‌ها:

ترکیبات فیتوشیمیایی

فنل کل

کلروفیل

گرده ناخالص

ویتامین ث

استناد: شیرینی، محمدعلی؛ و قاسمی مالک (۱۴۰۲). ارزیابی روش‌های کاربردی گرده‌افشانی تکمیلی بر کیفیت میوه کیوی رقم هایوارد. *بزرگای کشاورزی*، ۲۵ (۳)، ۸۰۷-۸۲۳. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2023.352398.2770>



۱. مقدمه

کیوی به‌عنوان یک محصول تازه تجاری‌شده، در مقایسه با سایر محصولات کشاورزی که در شرایط آب‌وهوایی مشابه آن در کشور کشت می‌شوند، بازده اقتصادی بالایی دارد. هم‌چنین، این میوه در ایران نسبت به سایر کشورهای تولیدکننده آن از کیفیت بهتری برخوردار است. پیشینه سودآوری و ارزآوری مناسب به‌همراه ارزش غذایی بالای این میوه سبب شده تا سطح زیرکشت آن در کشور رشد چشم‌گیری داشته باشد. هم‌چنین، میوه کیوی از جمله محصولات با ارزش غذایی بالاست که دارای مقادیر زیادی ویتامین ث، رنگ‌دانه‌ها، اسیدهای آلی، ترکیبات فیتوشیمیایی مانند ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی بوده و بنابراین دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی زیادی می‌باشد. همین امر باعث افزایش چشم‌گیر مصرف آن در سال‌های اخیر شده است (عدولی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Shiri *et al.*, 2016b). براساس آخرین آمار منتشرشده توسط سازمان خواروبار جهانی (FAO) در سال ۲۰۲۰، سطح زیر کشت کیوی در جهان ۲۷۰۴۵۷ هکتار با تولید سالانه ۲۸۹۶۰۸ تن و عملکرد ۱۶۲۹۶ تن در هکتار می‌باشد. هم‌چنین، براساس این آمار، کشور ایران با تولید سالانه ۲۸۹۶۰۸ تن در مقام پنجم دنیا قرار دارد (FAO, 2022).

کیوی گیاهی دو پایه است که گل‌های نر و ماده آن روی دو گیاه مختلف تولید می‌شود. علاوه بر این، گل‌های نر و ماده کیوی شهدی تولید نمی‌کند و برای زنبورعسل خیلی جذاب نیست. بنابراین، وجود پایه‌های نر و ماده تاک که گلدهی هم‌زمانی داشته باشند به‌منظور به‌دست‌آوردن حداکثر محصول مرغوب و بازارپسند در یک تاکستان، ضروری می‌باشد. گرده‌های گل‌های نر تنها حدود دو تا سه روز پس از شکوفایی گل‌ها زنده بوده و قابلیت بارور کردن تخمک‌ها را دارند و گل‌های ماده هم به‌مدت هفت تا نه روز بعد از شکوفایی گل پذیرای گرده‌ها هستند. از عوامل مهم دیگری در گرده‌افشانی موثر کیوی نقش دارند می‌توان به نسبت پایه‌های نر به ماده و نیز موقعیت آن‌ها در بین تاک‌های ماده باغات اشاره نمود (عدولی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Huang, 2016).

برای گرده‌افشانی مناسب یک هکتار باغ کیوی هشت تا ۱۲ عدد کندو زنبورعسل لازم است. اگر تعداد کندوها کم‌تر از این باشد، مشکل در گرده‌افشانی به‌وجود می‌آید. متأسفانه مشخص شده است که زنبورهای عسل به مقدار زیادی در تمامی نقاط جهان در حال ازبین‌رفتن هستند. این پدیده به نام سندرم یا ازبین‌رفتن کلنی‌های زنبورعسل معروف شده است. این مسئله به گرده‌افشانی ضعیف در درختان میوه، به‌ویژه در کیوی می‌انجامد. مشخص شده است که هر گل کیوی برای گرده‌افشانی کامل نیاز به بازدید ۴۰ زنبورعسل دارد و تقریباً ۱۳۰۰۰ دانه گرده برای هر گل به‌منظور تولید میوه بازارپسند کیوی نیاز است. بنابراین، اگر زنبورعسل به هر دلیلی به اندازه کافی وجود نداشته باشد (برای مثال، ازبین‌رفتن کلنی زنبورعسل)، نبود تعداد کافی کلنی عسل در باغ کیوی یا وجود بارندگی در زمان بازشدن گل‌ها می‌تواند از گرده‌افشانی تکمیلی استفاده کرد. بنابراین، گرده‌افشانی تکمیلی روش مناسبی در پاسخ به این مشکلات و بالا بردن کیفیت میوه است (Tacconi *et al.*, 2016; Gianni & Vania, 2018; Broussard *et al.*, 2021).

دانه گرده خشک و سوسپانسیون دانه گرده (دانه گرده تر)، دو روش مهم در بحث گرده‌افشانی تکمیلی می‌باشند. گرده‌افشانی به‌صورت خشک به عملکرد زنبورهای عسل کمک بسیاری می‌کند، به‌گونه‌ای که برای گرده‌افشانی گل‌های ماده نیاز به بازدید از گل‌های نر نیست، چرا که وجود دانه گرده روی گل‌های ماده باعث تحریک زنبورها و افزایش فعالیت آن‌ها می‌شود. علاوه بر این، گرده به‌طور مستقیم روی سطح کلاله قرار می‌گیرد. از طرف دیگر، زمانی که زنبورعسل فعال و یا گل نر کافی در باغ وجود نداشته باشد یا زمانی که سرما و رطوبت زیاد از جمله بارندگی فعالیت زنبورعسل را در دوره گرده‌افشانی محدود می‌کند، استفاده از روش گرده‌افشانی تر یا سوسپانسیون دانه گرده، امکان انتقال مستقیم گرده به کلاله را فراهم کرده و بسیار مفید است. در عین حال، می‌توان در این روش از مایع رقیق‌کننده و انواع

مختلف مواد مغذی کمکی دانه گرده، زنده‌مانی دانه گرده را افزایش داد و کارایی آن را افزایش داد. گرده‌افشانی تکمیلی باعث اطمینان باغدار از گرده‌افشانی کامل گل‌ها و افزایش عملکرد می‌شود. از مزایای دیگر گرده‌افشانی تکمیلی این است که می‌توان از بهترین نوع گرده استفاده کرد و کمیت و کیفیت میوه کیوی را بهبود بخشید (جهان‌پناه و همکاران، ۱۳۹۶؛ Gianni & Vania, 2018; Abbate *et al.*, 2021).

با توجه به وقوع بارندگی و رطوبت زیاد در زمان گرده‌افشانی، تعداد کم کلنی‌های زنبورعسل و حشرات گرده‌افشان دیگر، هم‌چنین رقابت بین گل‌های درختان مرکبات با کیوی به دلیل هم‌زمانی گلدهی در جلب زنبورعسل، در سال‌های اخیر در شمال ایران گرده‌افشانی گل‌های کیوی به‌خوبی صورت نمی‌گیرد. در نتیجه، نیاز به گرده‌افشانی مصنوعی تکمیلی وجود دارد (جهان‌پناه و همکاران، ۱۳۹۶؛ عابدی قشلاقی و همکاران، ۱۳۹۷). در این پژوهش تأثیر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی بر برخی ویژگی‌های کیفی میوه کیوی رقم هایوارد مورد ارزیابی قرار گرفته تا یک روش کاربردی برای افزایش عملکرد میوه جهت استفاده باغداران توصیه گردد.

۲. پیشینه پژوهش

جهان‌پور و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر گرده‌افشانی تکمیلی با سوسپانسیون گرده و دانه گرده خشک بر برخی ویژگی‌های میوه کیوی رقم هایوارد نشان دادند که گرده‌افشانی تکمیلی، به‌ویژه با دانه گرده خشک در مرحله ۶۰ درصد بازشدن کامل گل‌های کیوی رقم هایوارد توانست باعث بهبود گرده‌افشانی و لقاح تخمک‌ها شود. چنین میوه‌هایی تعداد بذر بیش‌تری داشتند، در نتیجه، از سینک قوی‌تری برای تجمع مواد حاصل از فتوسنتز و مواد معدنی به‌ویژه عنصر کلسیم برخوردار شدند.

در مطالعه دیگری، راجی امیرحسینی (۱۳۹۵) اثر گرده‌افشانی مصنوعی به دو صورت تکمیلی در ۶۵ و ۹۵ درصد بازشدن کامل گل‌ها و کنترل‌شده بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه کیوی فروت رقم هایوارد را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها بیان نمودند که در مجموع، گرده‌افشانی مصنوعی گل‌های کیوی فروت با نوع و نسبت مناسب از ماده نگهدارنده دانه گرده توانست میوه‌های بازارپسند تولید کند و پتانسیل جایگزین شدن با گرده‌افشانی طبیعی را دارد.

در پژوهش صورت گرفته توسط Abbate *et al.* (2021) مشخص شد که در دو رقم کیوی فروت طلایی AU Golden و Sunshine و AU Gulf Coast Gold استفاده از گرده‌افشانی مصنوعی بیش‌ترین درصد میوه‌ها و میوه‌های قابل فروش را به‌همراه داشت. هم‌چنین، گرده‌افشانی مصنوعی منجر به میوه‌هایی شد که از نظر وزن، اندازه و دانه‌های بیش‌تری نسبت به میوه‌های گرده‌افشانی‌شده با حشرات و باد داشتند. در نهایت، این پژوهش‌گران نتیجه گرفتند که برای به حداکثر رساندن محصول و بهینه‌سازی کیفیت میوه، تولیدکنندگان کیوی فروت باید در مقایسه با گرده‌افشانی با باد و حشرات تلاش بیش‌تری برای گرده‌افشانی مصنوعی انجام دهند.

۳. روش‌شناسی پژوهش

۳.۱. مکان آزمایش

پژوهش حاضر روی درختان ۱۵ ساله کیوی رقم 'هایوارد' (*Actinidia deliciosa* cultivar 'Hayward') در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار (هر تکرار شامل سه درخت) در سال ۱۴۰۰ در پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری اجرا شد. این پژوهشکده در دامنه‌های شمالی رشته کوه البرز در شهر رامسر در عرض جغرافیایی ۵۰/۶۵ درجه شرقی و طول جغرافیایی ۳۶/۹۰ درجه شمالی واقع شده است. شهرستان رامسر دارای آب‌وهوای نیمه‌گرمسیری

بوده، رطوبت نسبی آن بین ۵۵ تا ۱۰۰ درصد در نوسان می‌باشد. میزان بارندگی آن ۱۲۰۰ میلی‌متر در سال است. نسبت درختان ماده به نر (هایوارد به توموری) کیوی هشت به یک و فاصله درختان چهار× شش متر به صورت داریستی از نوع تی بار^۱ تربیت شده‌اند. مدیریت تغذیه با توجه به نیاز کودی درختان و براساس توصیه‌های کودی صورت گرفته است (Sale *et al.*, 1990). کنترل علف‌های هرز باغ به صورت مکانیکی طی چندین مرحله به صورت فیزیکی توسط دستگاه علف‌زن موتوری انجام شد. آبیاری به صورت قطره‌ای تحت فشار، از اواسط اردیبهشت‌ماه تا اواسط مهرماه براساس نیاز آبی گیاهان انجام گرفت.

۲.۳. اجرای آزمایش

گل‌های نر از رقم توموری در اواخر اردیبهشت‌ماه، قبل از باز شدن بساک، یعنی یک روز قبل از باز شدن گل‌ها جمع‌آوری و در پاکت‌های کاغذی ریخته و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. پس از آن، گل‌ها به آرامی روی غربال کشیده شده تا پرچم‌ها جدا شوند. آنگاه به مدت ۲۴ ساعت در دسی‌کاتور با دمای ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته شد تا خشک و دانه‌های گرده از آن جدا شود (Borghazan *et al.*, 2011). لازم به ذکر است که آزمون زنده‌بودن دانه‌های گرده با استفاده از محیط کشت برویگر (Holman & Brubaker, 1926) و با سه تکرار انجام شد و مشخص گردید میزان زیوایی دانه‌های گرده در این مرحله ۷۳/۸۵ درصد بود که منطبق با سایر منابع علمی می‌باشد (عابدی قشلاقی و همکاران، ۱۳۹۸).

درختان شاهد به صورت طبیعی و توسط زنبورعسل و باد گرده‌افشانی شدند (گرده‌افشانی آزاد). در روش گرده‌افشانی دستی، گرده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از قلموی مخصوص به صورت دستی روی کلاله گل‌های ماده منتقل شد. برای گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی با گرده خالص، از گرده‌های تهیه شده، محلول سوسپانسیونی تهیه کرده و با سم‌پاش دستی روی گل‌های ماده محلول‌پاشی انجام شد. اما به منظور اجرای روش گرده‌افشانی به صورت محلول‌پاشی با گرده محلول ناخالص، گرده‌ها در زمان باز شدن گل‌های نر کیوی، شانه‌ای در جلوی در ورودی کند زنبورعسل قرار داده (شکل ۱) پس از تهیه سوسپانسیون، با استفاده از سم‌پاش دستی روی گل‌های ماده محلول‌پاشی صورت گرفت. زمانی که میزان مواد جامد محلول میوه به ۶/۲ درصد رسید (Shiri *et al.*, 2016a)، میوه‌ها برداشت شده و ارزیابی‌های اولیه روی میوه صورت گرفت. برای اندازه‌گیری صفات میوه، از هر واحد آزمایشی ۲۰ عدد میوه، در مجموع ۶۰ عدد میوه از هر تیمار برداشت و مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل ۱. جمع‌آوری گرده گل‌های نر کیوی از جلوی کندوی زنبورعسل با استفاده از شانه مخصوص

۳.۳. صفات اندازه‌گیری شده

عملکرد تک‌درخت و عملکرد هکتاری: در زمان برداشت محصول، عملکرد تک‌درخت و عملکرد هکتاری مورد اندازه‌گیری و ارزیابی قرار گرفت.

تعداد بذر: در هر یک از واحدهای آزمایشی بذرها به دقت جدا شده و مورد شمارش قرار گرفتند.

املاح جامد محلول: میزان املاح جامد محلول میوه‌ها به‌وسیله دستگاه رفرکتومتر دیجیتالی (مدل Atago-ATC-20 E، ژاپن) در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (Shiri *et al.*, 2011).

اسیدهای قابل تیتراسیون: برای اندازه‌گیری اسیدهای قابل تیتراسیون، پنج میلی‌لیتر از عصاره میوه با ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲ قطره فنل‌فتالین به‌عنوان شناساگر مخلوط کرده، سپس با استفاده از هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی توسط بورت دیجیتالی (مدل BRAND، آلمان) تیتراژ شد. سود مصرفی برای محاسبه اسیدیته قابل تیتر برحسب اسید غالب (سیتریک‌اسید) بیان شد (Shiri *et al.*, 2016a).

شاخص بلوغ: بعد از اندازه‌گیری املاح جامد محلول و اسیدهای قابل تیتراسیون، شاخص بلوغ از طریق تقسیم میزان املاح جامد محلول بر اسیدهای قابل تیتراسیون محاسبه شد.

کلروفیل و کاروتنوئید کل: برای تعیین میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئید کل میوه‌ها از روش Wellburn (1994) استفاده گردید. بدین منظور ۰/۴ گرم از بافت میوه با کمک نیتروژن مایع در داخل هاون چینی آسیاب گردید و به آن ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد اضافه شد. محلول حاصل با کاغذ صافی واتمن شماره ۴، صاف گردید و حجم نهایی محلول صاف‌شده به ۲۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. جذب محلول در طول موج‌های ۶۴۶/۲، ۶۶۳/۲ و ۴۷۰ نانومتر با اسپکتروفوتومتر (مدل UV-1800 Shimadzu، ژاپن) اندازه‌گیری گردید. مقدار کلروفیل a، b و کل و هم‌چنین کاروتنوئید کل برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بافت تر بیان شد.

ویتامین ث: برای اندازه‌گیری میزان ویتامین ث میوه‌ها از روش تیتراسیون با ۲ و ۶- دی کلروفنول ایندوفنول (DCIP) استفاده شد (Shiri *et al.*, 2016b). برای این منظور ۱۵ میلی‌لیتر متاسفریک‌اسید سه درصد به دو گرم از بافت میوه اضافه شده و سپس عصاره صاف‌شده به‌وسیله کاغذ صافی با متاسفریک‌اسید سه درصد به حجم ۱۵ میلی‌لیتر رسانده شده و به‌وسیله ۲ و ۶- دی کلروفنول ایندوفنول دارای بیکربنات سدیم تا ظهور رنگ صورتی کم‌رنگ (۱۵ ثانیه ثابت بماند) تیتراژ گردید. حجم DCIP مصرفی در تیتراسیون برای محاسبه میزان ویتامین ث استفاده شد.

۳.۴. اندازه‌گیری صفات فیتوشیمیایی

۳.۴.۱. استخراج ترکیبات

به پنج گرم از بافت گوشت میوه آسیاب‌شده با کمک هاون چینی در حضور نیتروژن مایع ۲۰ میلی‌لیتر محلول اتانول:استون (۷:۳ v/v) اضافه شد. پس از هم‌وزنیزه کردن به مدت یک ساعت در دمای اتاق قرار داده شد و سپس با کمک کاغذ صافی واتمن شماره ۴ صاف شد. میزان فنل کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل از محلول استخراج‌شده حاصل تعیین شد (Du *et al.*, 2009).

۳.۴.۲. فنل کل

میزان فنل کل مطابق روش فولین سیکالچو^۱ با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل Shimadzu, UV-1800، ژاپن)

۱. Folin-Ciocalteu

اندازه‌گیری شد (Singleton *et al.*, 1999). برای این منظور ۲۰۰ میکرولیتر محلول استخراج‌شده میوه را با آب مقطر به حجم ابتدا پنج میلی‌لیتر رسانیده شد و به آن ۵۰۰ میکرولیتر فولین (۱:۱ با آب) اضافه شد، پس از یک دقیقه ۱۵۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم (۲۰ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) افزوده شد. پس از دو ساعت نگهداری در دمای اتاق و شرایط تاریکی میزان جذب عصاره در طول موج ۷۶۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل قرائت شد. در نهایت میزان فنل کل از روی میزان جذب نمونه و نمونه‌های استاندارد برحسب میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم بافت تر محاسبه گردید.

۳.۴.۳. فلاونوئید کل

اندازه‌گیری فلاونوئید کل براساس روش Du *et al.* (2009) انجام شد. ابتدا ۱۵۰ میکرولیتر عصاره استخراج شده را به ترتیب به ۱۷۰۰ میکرولیتر اتانول ۳۰ درصد، ۷۵ میکرولیتر نیتريت سدیم (NaNO₂) ۰/۵ مولار و ۷۵ میکرولیتر کلرید آلومینیوم (AlCl₃) ۰/۳ مولار مخلوط گردید. پس از ۵ دقیقه، ۵۰۰ میکرولیتر محلول هیدروکسید سدیم (NaOH) یک مولار در لیتر اضافه شد و ورتکس گردید، پس از ۱۵-۱۰ دقیقه میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Shimadzu, UV-1800، ژاپن) در طول موج ۵۰۶ نانومتر قرائت گردید. غلظت فلاونوئید کل برحسب استاندارد کاتچین (۳۰۰-۶/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر) محاسبه گردید.

۳.۴.۴. فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد ۲ و ۲ دی‌فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl - DPPH) مطابق روش Du *et al.* (2009) با اندکی تغییر اندازه‌گیری شد. برای این منظور ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره استخراج‌شده را در داخل لوله‌های فالكون کوچک ریخته شد و به آن ۱۸۰۰ میکرولیتر محلول (M ۱۰^{-۵} × ۶/۲۵) DPPH اضافه گردید. محلول حاصل به سرعت به هم زده شد و سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق در شرایط تاریکی نگهداری گردید. میزان جذب استاندارد و نمونه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Shimadzu, UV-1800، ژاپن) در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت گردید. در نهایت فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه گردید.

۳.۴.۵. ارزیابی‌های حسی

ارزیابی‌های حسی میوه در زمان برداشت توسط گروه تست پنل پژوهش‌شکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مطابق روش پیشنهاد شده (Fernández-Sestelo *et al.* (2013) و Shiri *et al.* (2014) صورت گرفت. بر این اساس، دوام پوست میوه کیوی براساس نمره‌دهی (از یک تا ۱۰) که عدد ۱۰ به سفت‌ترین و عدد یک به نرم‌ترین حالت اختصاص یافت ارزیابی شد. طعم و مزه به صورت تست چشایی توسط پنج فرد به فاصله زمانی حداقل ۱۵ دقیقه از هر کدام از تیمارها و براساس نمره‌دهی (از یک تا ۱۰) که عدد ۱۰ برای طعم و مزه عالی و عدد یک برای میوه‌هایی با طعم و مزه غیرقابل قبول اختصاص یافت، مورد ارزیابی قرار گرفت. شیرینی میوه کیوی براساس نمره‌دهی (از یک تا ۱۰) که عدد ۱۰ به میوه‌های با بالاترین شیرینی و عدد یک به میوه‌های با کم‌ترین شیرینی اختصاص یافت، ارزیابی شد. میزان آبداربودن میوه از طریق ارزیابی ظاهری و براساس نمره‌دهی در مقیاس یک تا ۱۰ که عدد ۱۰ برای میوه‌های کاملاً آبدار و عدد یک برای میوه‌هایی با کم‌ترین میزان آبداربودن اختصاص یافت، مورد ارزیابی قرار گرفت. کیفیت ظاهری میوه کیوی براساس نمره‌دهی (از یک تا ۱۰) که عدد ۱۰ به میوه‌های با کیفیت عالی و بدون نقص و عدد یک به میوه با کیفیت

پایین و دارای نقص اختصاص یافت، ارزیابی شد. ارزیابی بازارپسندی میوه کیوی براساس نمره‌دهی (از یک تا ۱۰) که عدد ۱۰ به میوه‌های با بازارپسندی عالی و عدد یک به میوه‌های با کم‌ترین بازارپسندی اختصاص یافت، انجام گرفت. در پایان داده‌های مربوط به صفات حسی میوه فقط به‌صورت گزارشی ارائه شد.

۵.۳. آنالیز آماری

آنالیز آماری با نرم‌افزار SAS (Version 9.1 2002–2003, SAS Institute, Cary, NC) و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن^۱ انجام شد. همچنین، در شکل‌ها برای میانگین‌ها خطای استاندارد میانگین^۲ محاسبه گردید.

۴. یافته‌های پژوهش

۴.۱. اثر تیمارها بر صفات مورفولوژیکی

۴.۱.۱. عملکرد تک‌درخت

براساس نتایج، عملکرد تک‌درخت کیوی به‌طور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر گرده‌افشانی تکمیلی قرار گرفت (جدول ۱). مقایسات میانگین نشان داد که درختان گرده‌افشانی‌شده به‌روش محلول‌پاشی با گرده ناخالص با ۹۸/۳۲ کیلوگرم در هر درخت بالاترین عملکرد تک‌درخت را به خود اختصاص دادند و در ادامه درختان گرده‌افشانی‌شده به‌روش محلول‌پاشی با گرده خالص (۹۱/۲۸ کیلوگرم در هر درخت) قرار داشتند (جدول ۲). درختان گرده‌افشانی‌شده به‌صورت دستی و آزاد نیز به‌ترتیب با ۸۵/۴۷ و ۸۱/۹۳ کیلوگرم در هر درخت در رتبه‌های بعدی قرار داشتند که البته از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند.

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی میوه کیوی رقم هایوارد در زمان برداشت

میانگین مربعات			درجه آزادی	منبع تغییرات
تعداد بذر	عملکرد هکتاری	عملکرد تک‌درخت		
۱۲۶۱ ^{ns}	۱/۷۲ ^{ns}	۶/۷۲ ^{ns}	۲	بلوک
۱۸۶۷۱ ^{**}	۹۵/۴۴ ^{**}	۱۳۰/۶۸ ^{**}	۳	گرده‌افشانی
۲۹۴	۱۰/۳۷	۱۴/۰۹ ^{ns}	۶	خطای آزمایشی
۱۳/۸۱	۱۱/۶۹	۱۴/۰۷	-	ضریب تغییرات (درصد)

** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

۴.۱.۲. عملکرد هکتاری

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که گرده‌افشانی تکمیلی توانست در سطح احتمال یک درصد بر میزان عملکرد هکتاری درختان کیوی رقم هایوارد تأثیرگذار باشد (جدول ۱). بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد هکتاری به‌ترتیب با ۴۰/۳۹ و ۳۱/۸۲ تن در هکتار مربوط به درختان گرده‌افشانی‌شده به‌روش محلول‌پاشی با گرده ناخالص و درختان گرده‌افشانی‌شده به‌صورت آزاد بود (جدول ۲).

۱. Duncan's multiple-range test

۲. Standard Error of Mean

جدول ۲. مقایسات میانگین اثر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی میوه کیوی رقم هایوارد در زمان برداشت

تیمارها	عملکرد تک‌درخت (کیلوگرم در هر درخت)	عملکرد هکتاری (کیلوگرم در هر درخت)	تعداد بذر
گرده‌افشانی آزاد	۸۱/۹۳ c*	۳۱/۸۲ c	۸۶۳ c
گرده‌افشانی دستی	۸۵/۴۷ c	۳۴/۶۱ bc	۹۰۳ c
محلول‌پاشی با گرده خالص	۹۱/۲۸ b	۳۷/۰۴ b	۹۸۴ b
محلول‌پاشی با گرده ناخالص	۹۸/۲۳ a	۴۰/۳۹ a	۱۰۳۸ a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطوح متناظر آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشند.

۳.۱.۴. تعداد بذر

مطابق نتایج مشخص شد که تعداد بذر میوه کیوی رقم هایوارد در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثر روش‌های گرده‌افشانی تکمیلی قرار داشت (جدول ۱). بیش‌ترین تعداد بذر در میوه‌های گرده‌افشانی شده به روش محلول‌پاشی با گرده ناخالص (۱۰۳۸) و گرده خالص (۹۸۴) به دست آمد (جدول ۲). در ادامه میوه‌هایی که به صورت دستی گرده‌افشانی شده بودند (۹۰۳) و میوه‌های حاصل از گرده‌افشانی آزاد (۸۶۳) قرار داشتند که البته از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند.

۲.۴. اثر تیمارها بر صفات فیزیولوژیکی

۱.۲.۴. املاح جامد محلول

اثر روش گرده‌افشانی تکمیلی بر میزان املاح جامد محلول میوه کیوی رقم هایوارد در زمان برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسات میانگین حاکی از آن بود که میوه‌های گرده‌افشانی شده به روش محلول‌پاشی با گرده ناخالص (۶/۰۷ درجه بریکس) و گرده خالص (۶/۷۹ درجه بریکس) دارای بیش‌ترین میزان املاح جامد محلول میوه در زمان برداشت بودند و از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۴). در ادامه میوه‌های گرده‌افشانی شده به روش دستی (۶/۴۱ درجه بریکس) و میوه‌هایی که به صورت آزاد گرده‌افشانی شده بودند (۶/۳۲ درجه بریکس) از لحاظ میزان املاح جامد محلول میوه در زمان برداشت در رتبه بعدی قرار داشته و با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۴).

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی بر برخی ویژگی‌های کیفی و رنگ‌دانه‌های میوه کیوی رقم هایوارد در زمان برداشت

منبع تغییرات	درجه آزادی	املاح جامد محلول	اسیدهای قابل تیتراسیون	شاخص بلوغ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
بلوک	۲	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۲۲ ns	۰/۳۷۴ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۰۰۱۶ ns	۰/۰۰۲۵ ns	۰/۰۰۰۷ ns
گرده‌افشانی	۳	۰/۳۶۱**	۰/۰۳۴ ns	۰/۱۲۰ ns	۰/۱۴۴**	۰/۰۱۶۲ ns	۰/۲۵۲**	۰/۰۰۰۲ ns
خطای آزمایشی	۶	۰/۰۱۳	۰/۰۲۳	۰/۲۶۵	۰/۰۰۴	۰/۰۴۱	۰/۰۲۳۱	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۱/۷۵	۱۲/۵۹	۹/۱۵	۴/۷۹	۱۳/۴۹	۵/۶۷	۷/۳۸

** و ns: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشند.

جدول ۴. مقایسات میانگین اثر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی بر برخی ویژگی‌های کیفی و رنگ‌دانه‌های میوه کیوی رقم هایوارد در زمان برداشت

تیمارها	املاح جامد محلول (°Brix)	اسیدهای قابل تیتراسیون (درصد)	شاخص بلوغ (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه)
گرده‌افشانی آزاد	۶/۳۳ b	۱/۱۳ a	۵/۶۲ a	۱/۲۶ b	۱/۲۵ a	۲/۵۱ b	۰/۴۵ a
گرده‌افشانی دستی	۶/۴۱ b	۱/۱۴ a	۵/۶۴ a	۱/۲۴ b	۱/۲۴ a	۲/۴۸ b	۰/۴۳ a
محلول‌پاشی با گرده خالص	۶/۷۹ a	۱/۱۶ a	۵/۸۷ a	۱/۳۱ b	۱/۳۱ a	۲/۶۲ b	۰/۴۵ a
محلول‌پاشی با گرده ناخالص	۷/۰۷ a	۱/۳۵ a	۵/۳۸ a	۱/۷۱ a	۱/۴۰ a	۳/۱۱ a	۰/۴۴ a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطوح متناظر آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشند.

۴.۲.۲. اسیدهای قابل تیتراسیون

نتایج نشان داد که میزان اسیدهای قابل تیتراسیون میوه کیوی رقم هایوارد در زمان برداشت تحت تأثیر روش گرده‌افشانی تکمیلی قرار نداشت (جدول ۳). محدوده اسیدهای قابل تیتراسیون میوه در میوه‌های گرده‌افشانی‌شده به‌روش‌های مختلف بین ۱/۱۳ تا ۱/۳۵ درصد متغیر بود، اما همان‌طوریکه گفته شد، از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۴).

۴.۲.۳. شاخص بلوغ

مشخص شد که روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی بر شاخص بلوغ میوه کیوی رقم هایوارد اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). شاخص بلوغ در محدوده ۵/۳۸ تا ۵/۸۷ متغیر بود اما اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (جدول ۴). عدم تغییر شاخص بلوغ میوه کیوی در زمان برداشت در بررسی حاضر می‌تواند به‌دلیل عدم تأثیرپذیری میزان اسیدهای قابل تیتراسیون از روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی باشد.

۴.۲.۴. کلروفیل‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی در سطح احتمال یک درصد توانستند میزان کلروفیل a و کلروفیل کل گوشت میوه کیوی رقم هایوارد را تحت تأثیر قرار دهند اما بر میزان کلروفیل b اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). مقایسات میانگین مشخص نمود، درحالی‌که میوه‌های گرده‌افشانی‌شده به‌روش محلول‌پاشی با گرده ناخالص دارای بیش‌ترین میزان کلروفیل a و کلروفیل کل گوشت میوه بودند، سایر میوه‌های با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۴).

۴.۲.۵. کاروتنوئید

مطابق جدول (۳)، کاروتنوئید میوه کیوی تحت تأثیر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی قرار نگرفت. محدوده کاروتنوئید میوه کیوی رقم هایوارد در بررسی حاضر بین ۰/۴۳ تا ۰/۴۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر متغیر بود که البته بین تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۴).

۴.۳. اثر تیمارها بر صفات فیتوشیمیایی

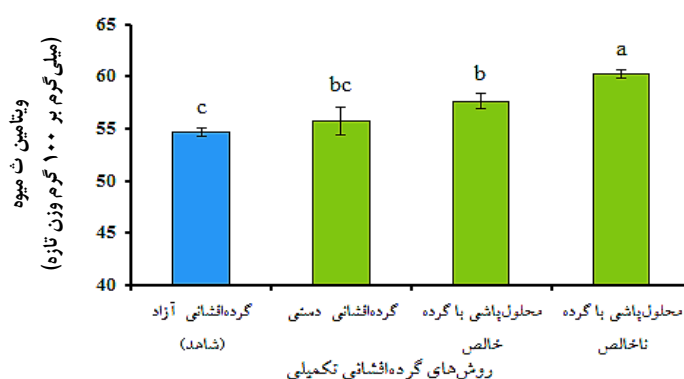
۴.۳.۱. ویتامین ث

نتایج نشان داد که ویتامین ث میوه در زمان برداشت به‌طور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثر روش گرده‌افشانی تکمیلی قرار گرفت (جدول ۵). استفاده از روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی توانست میزان ویتامین ث میوه را در مقایسه با میوه‌هایی که به‌صورت آزاد گرده‌افشانی‌شده بودند، افزایش دهد (شکل ۲). بیش‌ترین ویتامین ث در میوه‌های گرده‌افشانی‌شده به‌روش محلول‌پاشی با گرده ناخالص (۶۰/۲۷ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) مشاهده شد که البته با میوه‌های حاصل از گرده‌افشانی به‌روش محلول‌پاشی با گرده خالص (۵۷/۶۴ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) اختلاف معنی‌داری نداشتند. در ادامه میوه‌هایی به‌صورت دستی گرده‌افشانی شده بودند (۵۵/۶۸ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) قرار داشتند که با میوه‌های حاصل از گرده‌افشانی به‌روش محلول‌پاشی با گرده خالص و میوه‌هایی که به‌صورت آزاد گرده‌افشانی شده بودند (۵۴/۷۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) اختلاف معنی‌دار نداشتند (شکل ۲).

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی بر برخی ترکیبات فیتوشیمیایی میوه کیوی رقم هایوارد

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		ویتامین ث	فنل کل	فلاونوئید کل
بلوک	۲	۱/۷۳**	۱/۰۱ ns	۳/۸۱ ns
گرده‌افشانی	۳	۱۷/۸۷**	۳۷/۸۹*	۷/۵۷ ns
خطای آزمایشی	۶	۰/۰۸	۵/۱۴	۹/۲۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۸/۵۱	۱۰/۰۵	۶/۸۳

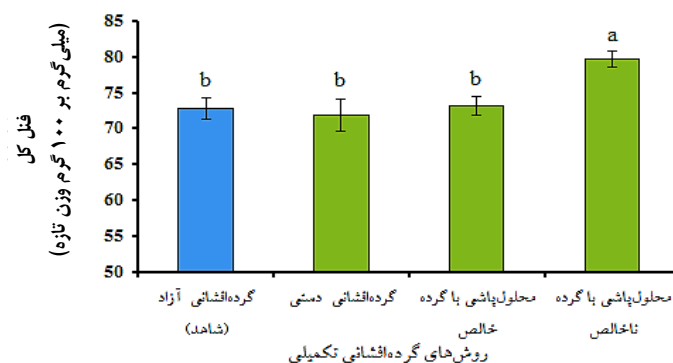
** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری.



شکل ۲. اثر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی بر ویتامین ث میوه کیوی رقم هایوارد. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطوح متناظر با آزمون دانکن می‌باشد. میله‌های هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (Standard Error) می‌باشد.

۴.۳.۲. فنل کل

مطابق جدول (۵) مشخص شد که روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی توانسته‌اند در سطح احتمال پنج درصد میزان فنل کل میوه کیوی را تحت تأثیر قرار دهند. بین میوه‌هایی که به صورت آزاد گرده‌افشانی شده بودند (۷۲/۸۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) با میوه‌های گرده‌افشانی شده با دست (۷۱/۲۶ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) و گرده‌افشانی شده به روش محلول‌پاشی با گرده خالص (۷۳/۱۶ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) از نظر میزان فنل کل اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۳). این در حالی بود که میوه‌های گرده‌افشانی شده به روش محلول‌پاشی با گرده ناخالص با دارا بودن ۷۹/۶۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بیش‌ترین میزان فنل کل میوه را به خود اختصاص داده بودند (شکل ۳).



شکل ۳. اثر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی بر فنل کل میوه کیوی رقم هایوارد در زمان برداشت. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطوح متناظر با آزمون دانکن می‌باشد. میله‌های هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد (Standard Error) می‌باشد.

۴.۳.۴. فلاونوئید کل

نتایج حاکی از آن بود که روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی بر میزان فلاونوئید کل میوه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۵). همچنین مقایسات میانگین نشان داد که میزان فلاونوئید کل میوه کیوی رقم هایوارد در زمان برداشت در بین تیمارهای مختلف در محدوده ۵۲/۱۶ تا ۵۴/۷۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بود (جدول ۶). فلاونوئیدها از متابولیت‌های ثانویه مهم گیاهی هستند که نقش مهمی در از بین بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن دارند.

۴.۳.۴. فعالیت آنتی‌اکسیدانی

براساس جدول (۵) مشخص شد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی تحت تأثیر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی قرار نگرفت. در زمان برداشت میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی رقم هایوارد در محدوده بین ۶۱/۸۹ تا ۶۳/۸۷ درصد بازدارندگی DPPH به‌دست آمد که همان‌طور که گفته شد بین تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۶).

جدول ۶. تجزیه واریانس اثر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی بر برخی ویژگی‌های کیفی و رنگ‌دانه‌های میوه کیوی رقم هایوارد

تیمارها	فلاونوئید کل (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد بازدارندگی DPPH)
گرده‌افشانی آزاد	۵۴/۷۹ ^a	۶۱/۸۹ ^a
گرده‌افشانی دستی	۵۴/۱۰ ^a	۶۲/۲۱ ^a
محلول‌پاشی با گرده خالص	۵۳/۳۷ ^a	۶۳/۸۷ ^a
محلول‌پاشی با گرده ناخالص	۵۲/۱۶ ^a	۶۲/۳۵ ^a

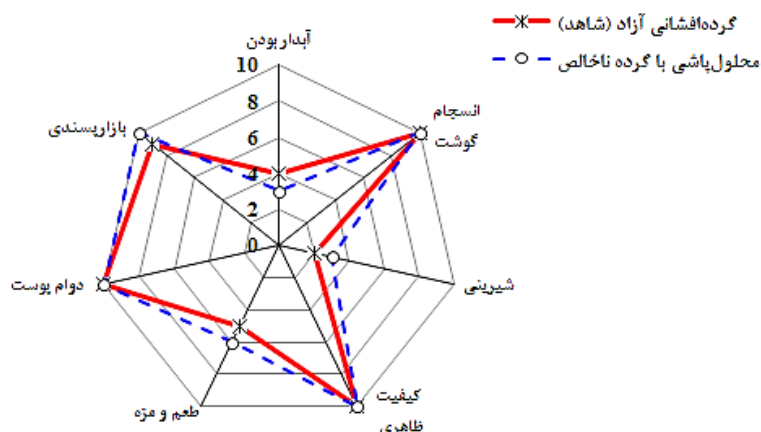
در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطوح متناظر آزمون دانکن می‌باشند.

۴.۴. ارزیابی‌های حسی

ارزیابی‌های حسی (چشایی و بصری) میوه‌های کیوی رقم هایوارد در زمان برداشت بیانگر آن بود که بیش‌ترین تفاوت بین میوه‌هایی که به‌صورت آزاد گرده‌افشانی شده بودند و میوه‌های گرده‌افشانی‌شده به‌روش محلول‌پاشی با گرده ناخالص مشاهده شد (شکل ۴). میوه‌های گرده‌افشانی‌شده به‌روش محلول‌پاشی با گرده ناخالص از بازارپسندی، طعم و مزه و شیرینی بیش‌تر و در عین حال مقدار آب کم‌تری در مقایسه با میوه‌هایی که به‌صورت آزاد گرده‌افشانی برخوردار بودند (شکل ۴). افزایش بازارپسندی، کیفیت ظاهری و طعم و مزه میوه‌های گرده‌افشانی‌شده به‌روش محلول‌پاشی با گرده ناخالص را می‌توان با افزایش میزان کلروفیل گوشت میوه و املاح جامد محلول در این میوه‌ها مرتبط دانست.

۵. بحث

نتایج بررسی حاضر با یافته‌های جهان‌پناه و همکاران (۱۳۹۶) که بیان نمودند گرده‌افشانی تکمیلی درختان کیوی رقم هایوارد باعث افزایش تعداد بذر میوه می‌شود، مطابقت دارد. همچنین *Abbate et al.* (2021) گزارش کردند که در دو رقم کیوی طلایی AU Golden Sunshine و AU Gulf Coast Gold، استفاده از گرده‌افشانی تکمیلی توانست تعداد بذر را افزایش دهد که هم‌راستا با نتایج بررسی حاضر می‌باشد. گرده‌افشانی مهم‌ترین عامل در تولید میوه کیوی به‌شمار می‌آید. گرده‌افشانی ناکافی باعث تولید میوه‌های کوچک، نامرغوب و کیفیت پایین از نظر بازارپسندی می‌شود که دلیل آن به ارتباط نزدیک بین اندازه میوه و تعداد بذر مربوط می‌باشد. هر قدر تعداد تخمک‌های بیش‌تری بارور شود، تعداد بذر بیش‌تری تشکیل شده و در نتیجه میوه‌هایی با اندازه بزرگ‌تر شکل می‌گیرد (جهان‌پناه و همکاران، ۱۳۹۶؛ Gianni & Vania, 2018)، که این امر خود بر عملکرد تک‌درخت و همچنین عملکرد هکتاری نیز اثرگذار می‌باشد.



شکل ۴. اثر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی بر برخی ویژگی‌های حسی (چشایی و بصری) میوه کیوی رقم هایوارد

میزان املاح جامد محلول از شاخص‌های مهم کیفیت میوه کیوی است به طوری که افزایش املاح جامد محلول میوه باعث بهبود طعم آن خواهد شد. میوه‌هایی که در زمان برداشت میزان قند بالاتری دارند، برداشت زودهنگام این میوه‌ها نیز امکان‌پذیر است و باعث کاهش خطر یخ‌زدگی میوه‌ها بر روی گیاهان خواهد شد. در واقع چنین میوه‌هایی کم‌تر در معرض خطر سرمای زودرس پاییزه که در برخی از مناطق شمالی ایران در بعضی از سال‌ها خسارت زیادی به کشاورزان وارد می‌کند، قرار می‌گیرد (Shiri, 2015).

افزایش میزان املاح جامد محلول میوه کیوی رقم هایوارد در میوه‌هایی که گرده‌افشانی تکمیلی شده بودند، می‌تواند از یک طرف با افزایش رشد میوه و جذب بیش‌تر مواد کربوهیدراتی مرتبط باشد. هم‌راستا با نتایج بررسی حاضر راجی امیرحسینی (۱۳۹۵) و جهان‌پناه و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند که گرده‌افشانی تکمیلی در کیوی رقم هایوارد باعث افزایش میزان املاح جامد محلول میوه در زمان برداشت می‌شود. هم‌چنین، هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر، راجی امیرحسینی (۱۳۹۵) نیز بیان کرد که گرده‌افشانی تکمیلی تأثیر معنی‌داری بر میزان اسیدهای قابل تیتراسیون میوه کیوی رقم هایوارد در زمان برداشت نداشت. یکی دیگر از عوامل مهم در کیفیت ظاهری گوشت میوه کیوی رقم هایوارد، رنگ سبز آن می‌باشد که در جذب مشتری و فروش محصول نقش مهمی بر عهده دارد. همان‌طوری‌که در پژوهش حاضر مشخص شد، گرده‌افشانی تکمیلی توانست تعداد بذر میوه را افزایش دهد. مشخص شده است که اگر تعداد بذر بیش‌تری در میوه تشکیل شود، به‌دنبال آن سینک قوی‌تری در میوه برای جذب مواد فتوسنتزی و کربوهیدرات‌ها ایجاد می‌شود (Ouma, 2010; Mokwala & Mangen, 2018). این احتمال وجود دارد که با افزایش این مواد که پیش‌ماده تولید بسیاری از ترکیبات می‌باشند، تولید و میزان بسیاری از ترکیبات از جمله رنگ‌دانه‌هایی مانند کلروفیل می‌تواند افزایش یابد.

کاروتنوئیدها به‌عنوان حامی رنگ‌های غیرفتوسنتزی شناخته‌شده که می‌توانند انرژی اضافی طول موج‌های کوتاه را بگیرند و اکسیژن یکتایی را به اکسیژن سه‌تایی تبدیل کرده و با گرفتن رادیکال‌های اکسیژن تولیدشده، نقش آنتی‌اکسیدانی از خود بروز دهند. بررسی‌های قبلی نیز حاکی از آن است که گرده‌افشانی تکمیلی در برخی موارد نمی‌تواند بر میزان برخی ترکیبات تأثیرگذار باشد (راجی امیرحسینی، ۱۳۹۵؛ جهان‌پناه و همکاران، ۱۳۹۶) که با یافته‌های بررسی حاضر مطابقت دارد.

ویتامین ث از جمله ترکیبات فیتوشیمیایی مهمی است که نقش مهمی در بالابردن ارزش غذایی محصولات دارد. در بررسی حاضر گرده‌افشانی تکمیلی توانست تعداد بذر میوه را افزایش دهد. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که افزایش تعداد بذر در داخل میوه می‌تواند میوه را در مقایسه با سایر بخش‌ها به سینک قوی‌تری تبدیل کرده و در نتیجه اسیمولات‌های

بیش‌تری به میوه وارد خواهد شد (Ouma, 2010; Mokwala & Mangen, 2018). بنابراین، در مورد افزایش میزان ویتامین ث در میوه‌هایی که گرده‌افشانی تکمیلی شده بودند این احتمال وجود دارد که با افزایش این اسیمولات‌ها که خود مواد اولیه تولید بسیاری از ترکیبات می‌باشند، تولید و میزان ویتامین ث می‌تواند افزایش یابد.

ترکیبات فنلی گروهی از متابولیت‌های ثانویه با وزن ملکولی پایین هستند. این ترکیبات دارای یک یا چند گروه هیدروکسیل هستند که به‌طور مستقیم به یک حلقه آروماتیک متصل شده‌اند، بدین معنی که به‌واسطه وجود حلقه آروماتیک، هیدروژن گروه هیدروکسیل ترکیبات فنلی ناپایدار است. در نتیجه فنل‌ها خاصیت اسیدی ضعیفی دارند. پلی‌فنل‌ها به‌عنوان یک متابولیت ثانویه در تمام سلسله گیاهی وجود دارند و کیفیت میوه مانند رنگ و ویژگی‌های حسی مثل تلخی و گسی را در میوه‌ها، سبزی‌ها و محصولات گیاهی و نوشیدنی‌هایی که معمولاً استفاده می‌شوند، تحت تأثیر قرار می‌دهند. ترکیبات فنلی فعالیت‌های بیولوژیکی مختلفی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اما بیش‌تر به خاطر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، خاصیت حفاظت‌کنندگی و بازدارندگی از بیماری‌های سرطان، مهم می‌باشند. ترکیبات فنلی قادر به خنثی کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌باشند که این امر به ویژگی اهدای الکترون آن‌ها ارتباط دارد. اثرگذاری خاصیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنلی به پایداری در سیستم‌های مختلف و همچنین تعداد و محل گروه‌های هیدروکسیل بستگی دارد (Hidalgo & Almajano, 2017; Ravimannan & Nisansala, 2017).

گرده‌افشانی تکمیلی توانست باعث بهبود گرده‌افشانی و لقاح تخمک‌ها شود. چنین میوه‌هایی تعداد بذر بیش‌تری داشتند (جدول ۲)، در نتیجه، از سینک قوی‌تری برای تجمع آسیمولات‌ها و مواد معدنی برخوردار خواهند بود (Ouma, 2018; Mokwala & Mangen, 2018). در مجموع، این احتمال وجود دارد که با افزایش این مواد که پیش‌ماده تولید بسیاری از متابولیت‌های ثانویه می‌باشند، تولید و میزان بسیاری از این ترکیبات از جمله ترکیبات فنلی می‌تواند افزایش یابد. فلاونوئیدها از متابولیت‌های ثانویه مهم گیاهی هستند که نقش مهمی در از بین‌بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن دارند. هم‌راستا با نتایج بررسی حاضر، حاضر راجی امیرحسینی (۱۳۹۵) و جهان‌پناه و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعات خود گزارش نمودند که گرده‌افشانی تکمیلی در برخی موارد نمی‌تواند بر میزان برخی ترکیبات و متابولیت‌های ثانویه تأثیرگذار باشد. بررسی‌های قبلی نیز حاکی از آن است که گرده‌افشانی تکمیلی در برخی موارد نمی‌تواند بر میزان برخی ترکیبات تأثیرگذار باشد (راجی امیرحسینی، ۱۳۹۵؛ جهان‌پناه و همکاران، ۱۳۹۶) که با یافته‌های بررسی حاضر مطابقت دارد. در نهایت، افزایش بازارپسندی، کیفیت ظاهری و طعم و مزه میوه‌های گرده‌افشانی‌شده به‌روش محلول‌پاشی با گرده ناخالص را می‌توان با افزایش میزان کلروفیل گوشت میوه و املاح جامد محلول در این میوه‌ها مرتبط دانست.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج حاکی از آن بود که استفاده از روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی به‌ویژه محلول‌پاشی با گرده ناخالص در مقایسه با گرده‌افشانی آزاد توانست تعداد بذر، میزان املاح جامد محلول، کلروفیل a، کلروفیل کل، ویتامین ث و فنل کل میوه را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد. چنین میوه‌هایی از لحاظ حسی و چشایی نیز کیفیت بهتری داشتند. این درحالی بود که میزان اسیدهای قابل‌تیتراسیون، شاخص بلوغ، کلروفیل b، کاروتنوئید، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر روش‌های مختلف گرده‌افشانی تکمیلی قرار نگرفتند. در نهایت، با توجه به کاربردی و همچنین آسان بودن جمع‌آوری دانه گرده از ورودی کندوی زنبورعسل با استفاده از دستگاه جمع‌آوری‌کننده گرده و همچنین با توجه به اثرات معنی‌دار گرده‌افشانی توسط محلول‌پاشی دانه گرده جمع‌آوری‌شده با این روش (گرده ناخالص) در بهبود کیفیت میوه، می‌توان به باغداران استفاده از این روش را به‌عنوان گرده‌افشانی تکمیلی در باغات کیوی رقم هایوارد توصیه نمود.

۷. تشکر و قدردانی

نویسندگان از پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، به‌خاطر حمایت از پژوهش حاضر کمال تشکر و قدردانی را دارند.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

- جهان‌پناه، سمانه؛ قاسم‌نژاد، محمود و ابراهیمی، یونس (۱۳۹۶). اثر گرده‌افشانی تکمیلی بر تشکیل و کیفیت میوه کیوی رقم هایوارد. *به زراعی کشاورزی*، ۱۹ (۳)، ۷۸۵-۷۹۷.
- راجی امیرحسینی، فاطمه (۱۳۹۵). اثر گرده‌افشانی مصنوعی با استفاده از مخلوط خشک دانه گرده بر تشکیل و کیفیت میوه کیوی رقم هایوارد. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*. به راهنمایی دکتر محمود قاسم‌نژاد. گیلان: دانشگاه گیلان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی.
- شبیری، محمد علی (۱۳۹۴). مطالعه کارایی زمان محلول‌پاشی کلسیم بر کیفیت و انبارمانی میوه کیوی (*Actinidia deliciosa*) رقم 'هایوارد'. *رساله دکتری*، به راهنمایی دکتر محمود قاسم‌نژاد. گیلان: دانشگاه گیلان، دانشکده علوم کشاورزی، گروه علوم باغبانی.
- عابدی قشلاقی، ابراهیم؛ جوادی مجدد، داود و فرزام، ابراهیم (۱۳۹۸). اثرات دما و مدت نگهداری بر قوه نامیه دانه‌گرده کیوی فروت. *یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی*، ۸ (۱)، ۲۵-۳۶.
- عابدی قشلاقی، ابراهیم؛ فرزام، ابراهیم؛ جوادی مجدد، داود و داداش‌زاده، بهمن (۱۳۹۷). *عوامل گرده‌افشان در کیوی فروت*. گیلان: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی.
- عدولی، بابک؛ قاسمی، مالک؛ عابدی قشلاقی، ابراهیم؛ فیفای، رضا و داداش‌زاده، بهمن (۱۳۹۹). *اصول باغبانی در پرورش کیوی فروت*. پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی.

References

- Abbate, A. P., Campbell, J. W., Vinson, E. L., & Williams, G. R. (2021). The pollination and fruit quality of two kiwifruit cultivars (*Actinidia chinensis* var. *chinensis* "AU Golden Sunshine" and "AU Gulf Coast Gold") (Ericales: Actinidiaceae) grown in the Southeastern United States. *Journal of Economic Entomology*, 114(3), 1234-1241.
- Abedi Gheshlaghi, E., Javadi Mojaddad, D., & Farzam, E. (2019). Influence of storage duration and storage temperature on pollen viability of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 8(1), 25-36.
- Abedi Gheshlagji, E., Farzam, E., Javadi Mojaddad, D., & Dadashzadeh, B. (2018). *Pollinating factors in kiwifruit*. Gilan: Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources. (In Persian).
- Adouli, B., Abedi Gheshlagji, E., Fifaei, R., & Dadashzadeh, B. (2020). Principles of gardening in growing kiwifruit. Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Horticulture Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO). (In Persian).
- Borghezan, M., Clauman, A. D., Steinmacher, D. A., Guerra, M. P., & Orth, A. I. (2011). *In vitro* viability and preservation of pollen grain of kiwi. *Crop Breeding and Applied*

- Biotechnology*, 11, 338-344.
- Broussard, M. A., Goodwin, M., McBrydie, H. M., Evans, L. J., & Pattemore, D. E. (2021). Pollination requirements of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.) differ between cultivars 'Hayward' and 'Zesy002'. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 49, 30-40.
- Du, G., Li, M., Ma, F., & Liang, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits. *Food Chemistry*, 113, 557-562.
- FAO. (2022). *Crops and livestock products*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- Fernández-Sestelo, A., Sendra de Saá, R., Pérez-Lamela, C., Torrado-Agrasar, A., Rúa, M. L., & Pastrana Castro, L. (2013). Overall quality properties in pressurized kiwi purée: Microbial, physicochemical, nutritive and sensory tests during refrigerated storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 20, 64-72.
- Gianni, T., & Vania, M. (2018). Artificial Pollination in Kiwifruit and Olive Trees In: Pollination in Plants London: IntechOpen Limited, 2018. 59-80. <https://doi.org/10.5772/intechopen.74831>.
- Hidalgo, G. I., & Almajano, M. P. (2017). Red fruits: extraction of antioxidants, phenolic content, and radical scavenging determination: A review. *Antioxidants*, 6(7), 1-27.
- Holman, R. M., & Brubaker, F. (1926). *On longevity of pollen*. California: University of California Publications in Botany, 13, 179-204.
- Huang, H. (2016) *Kiwifruit: The genus ACTINIDIA*. Massachusetts: Academic Press, Elsevier.
- Jahanpanah, S., Ghasemnejad, M., & Ebrahimi, Y. (2018). The effect of supplemental pollination on fruit set and the quality of Hayward kiwifruit. *Journal of Crops Improvement*, 19(3), 785-797. (In Persian).
- Mokwala, P. W., & Mangen, P. (2018). Pollination in Plants. Norderstedt: BoD-Books on Demand.
- Ouma, G. (2010). *Flowering, Pollination, and Fruit Set in Fruit Trees: Fruit Thinning of Fruit Trees*. London: LAP LAMBERT Academic Publishing.
- Raji Amirhosseini, F. (2016). *The effect of artificial pollination using a dry mixture of pollen grains on the formation and quality of kiwifruit cv. Hayward*. Master of Science dissertation. Under the supervision of Dr. Mahmoud Ghasemnezhad. Guilan: University of Guilan, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Horticultural Sciences. (In Persian).
- Ravimannan, N., & Nisansala, A. (2017) Study on antioxidant activity in fruits and vegetables - A Review. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 4(3), 93-101.
- Sale, P. R. (1990). *Kiwifruit Growing*. Wellington: GP Books.
- Shiri, M. A. (2015). *Study the effectiveness of calcium spray time on quality and storability of Kiwifruit (Actinidia deliciosa) cv. 'Hayward'*. Doctoral dissertation. Under the supervision of Dr. Mahmoud Ghasemnezhad. Guilan: University of Guilan, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Horticultural Sciences. (In Persian).
- Shiri, M. A., Ghasemnezhad, M., Bakhshi, D., & Saadatian, M. (2011). Effect of ascorbic acid on phenolic compounds and antioxidant activity of packaged fresh cut table grape. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 10, 2506-2515.
- Shiri, M. A., Ghasemnezhad, M., Fattahi Moghaddam, J., & Ebrahimi, R. (2016a). Effect of CaCl₂ sprays at different fruit development stages on postharvest keeping quality of 'Hayward' kiwifruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(4), 624-635.
- Shiri, M. A., Ghasemnezhad, M., Fattahi Moghaddam, J., & Ebrahimi, R. (2016b). Enhancing and maintaining nutritional quality and bioactive compounds of 'Hayward' kiwifruit: Comparison the effectiveness of different CaCl₂ spraying times. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5), 850-862.
- Shiri, M. A., Ghasemnezhad, M., Fattahi Moghaddam, J., & Ebrahimi, R. (2014). Fruit growth and sensory evaluation of 'Hayward' kiwifruit in response to preharvest calcium chloride application and orchard location. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 79(3), 183-189.

- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. S. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin- Ciocalteau Reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- Tacconi, G., Michelotti, V., Cacioppo, O., & Vittone, G. (2016). Kiwifruit pollination: the interaction between pollen quality, pollination systems and flowering stage. *Journal of Berry Research*, 6(4), 417-426.
- Wellburn, A. R. (1994). The spectral determination of chlorophylls A and B, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Plant Physiology*, 144, 307-331.