

بررسی امکان انجام گرده‌افشانی مکانیزه در خرما به صورت سوسپانسیون گرده

چکیده

این تحقیق به منظور امکان‌سنجی گرده‌افشانی نخل‌های خرماهای تجاری سعمران و برخی در استان خوزستان به روش محلول‌پاشی انجام شد. تیمارها شامل سه غلظت گرده (۰/۲۵، ۰/۵ و ۱/۰۰ گرم در لیتر) و گرده‌افشانی سنتی به‌عنوان شاهد بود که در پنج تکرار آزمون شدند. نتایج نشان داد که در هر دو رقم سعمران و برخی، کمترین میزان میوه‌نشینی و عملکرد در کمترین غلظت گرده و بیشترین میزان در گرده‌افشانی سنتی به‌دست آمد. افزایش غلظت گرده منجر به افزایش میوه‌نشینی و عملکرد شد. با این حال، در بالاترین غلظت‌های گرده آزمایش‌شده، این شاخص‌ها کمتر از مقادیر حاصله در گرده‌افشانی سنتی بودند. برای رقم سعمران، بیشترین میزان میوه‌نشینی و عملکرد در غلظت ۱/۰۰ گرم در لیتر گرده به‌ترتیب ۴۵/۸٪ و ۳/۹۹ کیلوگرم در هر خوشه بود و در گرده‌افشانی سنتی این مقادیر به‌ترتیب ۵۵/۸ درصد و ۴/۷۴ کیلوگرم در هر خوشه بودند. برای رقم برخی، بیشترین میزان میوه‌نشینی و عملکرد در غلظت ۱/۰۰ گرم در لیتر به‌ترتیب ۳۲/۷ درصد و ۳/۴۹ کیلوگرم در هر خوشه بود و در گرده‌افشانی سنتی این مقادیر به‌ترتیب ۵۰/۶ درصد و ۷/۷۸ کیلوگرم در هر خوشه بودند. همچنین تفاوت‌های معنی‌داری بین تیمارها از نظر تشکیل میوه پارتنوکارب و نرخ ریزش میوه‌ها مشاهده شد. بر اساس نتایج حاصل می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی، میزان میوه‌نشینی قابل قبول، با اندکی افزایش در غلظت گرده تا ۲ گرم در لیتر حاصل می‌شود و این روش می‌تواند به‌عنوان یک روش پشتیبان برای گرده‌افشانی خرماهای رقم سعمران در شرایط محدودیت زمان و دسترسی به کارگران گرده‌افشان مورد استفاده قرار گیرد. تحقیقات بیشتری برای تعیین غلظت بهینه گرده‌افشانی رقم برخی به روش محلول‌پاشی پیشنهاد می‌شود.

کلید واژه‌ها: تلقیح، خرما، سوسپانسیون، گرده‌افشانی مکانیزه، میوه‌نشینی.

Feasibility Study of Mechanized Pollination of Date Palm by Pollen Grain Suspension

Abstract

This study aimed to assess the feasibility of spray pollination for commercial date palm cultivars of Saomrun and Barhee in Khuzestan province. The treatments included three pollen concentrations (0.25 g/L, 0.50 g/L, and 1.00 g/L) and traditional hand pollination as a control, each tested with five replicates. The results showed that for both Saomrun and Barhee cultivars, the lowest fruit set and yield were observed at the lowest pollen concentration, while the highest were achieved with traditional pollination. Increasing pollen concentration led to higher fruit set and yield; however, at the highest tested concentrations, these values were still lower than those achieved with traditional pollination. For Saomrun, the highest fruit set and yield at 1.00 g/L were 45.8% and 3.99 kg per cluster, respectively, compared to 55.8% and 4.74 kg per cluster with traditional pollination. For Barhee, the highest fruit set and yield at 1.00 g/L were 32.7% and 3.49 kg per cluster, respectively, compared to 50.6% and 7.78 kg per cluster with traditional pollination. Additionally, parthenocarpic fruit formation and fruit drop rates were evaluated, showing significant variations across treatments. The study concluded that spray pollination, with a slight increase in pollen concentration, could be a viable backup method for Saomrun pollination under crisis conditions. However, further research is needed to determine the optimal pollen concentration for Barhee spray pollination and to explore the potential benefits of this method in commercial date palm cultivation.

Keywords: Dates, fruit set, pollination, mechanized pollination, suspension.

مقدمه

خرما به‌عنوان محصولی با ارزش غذایی بالا و کارکرد زیست‌محیطی بهینه، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، اهمیت ویژه‌ای دارد. این محصول با کاربردهای چندمنظوره، امکان تولید محصولات مفید متعدد را فراهم می‌کند (Alotaibi et al., 2023). نقش خرما در مقابله با تغییرات آب‌وهوایی و معیشت پایدار کشاورزان، باعث گسترش کشت آن در جهان شده است. سطح زیرکشت خرما در یک دهه اخیر ۱۸ درصد رشد داشته و تولید آن در سال ۲۰۲۲ به بیش از ۹/۷۴ میلیون تن رسیده است (Ata et al., 2014; Alotaibi et al., 2023; FAOSTAT, 2024). این امر قابلیت‌های خرما را برای توسعه غذاهای فراسودمند برجسته کرده است (Fernández-López et al., 2022).

در ایران، خرما یکی از محصولات مهم کشاورزی است و در رتبه‌های سوم و پنجم سطح زیر کشت و تولید محصولات باغبانی کشور قرار دارد (SCI, 2024). میزان تولید و سطح بارور خرما در سال ۱۴۰۲ به ترتیب ۱۵۹۶۷۹۰ تن و ۲۴۹۵۸۰ هکتار بوده که بیش از ۹۸ درصد آن در شش استان کرمان، سیستان و بلوچستان، خوزستان، فارس، بوشهر و هرمزگان تولید می‌شود (DSCSIT, 2024). بیش از ۴۰۰ رقم خرما در کشور گزارش شده است که در مقایسه با حدود ۳۰۰۰ رقم خرما گزارش شده در جهان (Zaid & DeWet, 2002a)، گنجینه‌ای ارزشمند برای کشور به‌شمار می‌آیند. ارقام سحرمان^۱ و برخی از جمله مهم‌ترین ارقام تجاری هستند که از جایگاه مهمی در سبد ارقام خرما کشور برخوردار هستند. سحرمان، از مهم‌ترین ارقام صادراتی، کشور است که بیش از ۷۰ درصد سطح زیر کشت خرما استان خوزستان را تشکیل می‌دهد. خرما رقم برخی نیز از ارقام تجاری جهانی است که به دلیل تقاضای بسیار، کشت‌وکار آن در دو دهه گذشته در اکثر نقاط کشور در حال توسعه است (Mostaan et al., 2017).

گرده‌افشانی به‌عنوان یکی از عملیات اساسی تولید خرما، تأثیر مستقیمی بر درآمد نخلداران دارد. هزینه‌های سالانه این عملیات حدود ۷ درصد درآمد ناخالص باغداران را تشکیل می‌دهد (Mostaan & Ahmadizadeh, 2020). نتایج تحقیقات نشان داده که با مکانیزه کردن این عملیات، صرفه‌جویی تا بیش از ۵۲ درصد در هزینه‌های عملیات گرده‌افشانی (معادل ۳/۵٪ کل درآمد ناخالص باغدار) امکان‌پذیر است. فراهم بودن ابزار و روش‌های مکانیزاسیون به‌عنوان نخستین گام در این مسیر نقشی کلیدی در دستیابی به این میزان بهره‌وری دارد (Mostaan, 2016).

پیشینه پژوهش

گرده‌افشانی پیش‌نیاز تشکیل میوه و بذر است. از آنجاکه میوه و/یا بذر محصول اقتصادی بسیاری از گونه‌های گیاهی است، این عمل نقشی حیاتی در دستیابی به عملکرد مطلوب بازی می‌کند (Shivanna, 2015). چنین امری در نخل خرما که گیاهی دویا به و متکی بر گرده‌افشانی مصنوعی است، اهمیتی آشکار دارد. روش سنتی رایج گرده‌افشانی خرما شامل قراردادی واژگون ۵-۳ خوشه‌چه نر در میان خوشه‌های ماده است که نیازمند صعود از نخل و تکرار عملیات تا ۳ نوبت برای هر نخل است (Eeta, 1986). در این روش برای تأمین گرده مورد نیاز، معمولاً به ازای هر ۱۰۰ نخل ماده ۳ الی ۵ نخل نر خوب و یا حتی بیشتر نیز در نخلستان در نظر گرفته می‌شود (Eeta, 1988). این روش‌ها پرهزینه و زمان‌بر هستند و نیازمند نیروی کار ماهر می‌باشند (Mostaan & Ahmadizadeh, 2020). راه یافتن نخل و تولید تجاری خرما به ایالات متحده سبب گردید تا در جهت رفع مشکلات مربوط به عملیات گرده‌افشانی تحقیقات دامنه‌داری صورت پذیرد (Mostaan, 2012).

اولین طرح گرده‌افشان مکانیکی در سال ۱۹۵۲ گزارش شده است. استفاده از این ابزار، زمان انجام عملیات برای گرده‌افشان یک نخلستان به مساحت تقریبی ۰/۸ هکتار را به میزان چشم‌گیری، از دو روز به یک و نیم‌ساعت کاهش داده است (Alexander, 1952). در همین راستا گرده‌افشان دیگری در سال ۱۹۵۷ ساخته شده است که با بهبود طراحی، از عملکرد بالاتری برخوردار بوده است (Yost, 1957).

نتایج تحقیقات متعدد در زمینه گرده‌افشانی هوایی در هر دو کشور ایالات متحده آمریکا و عراق نشان داد که گرده‌افشانی هوایی به‌تنهایی روشی مطمئن جهت تولید اقتصادی خرما نیست. علاوه بر این مصرف گرده در این روش زیاد بوده و با توجه به منابع محدود گرده، توجیه‌پذیر نبوده و می‌تواند منجر به میوه‌نشینی ضعیف گردد (Eeta, 1985; Eeta, 1988; Cohen & Glasner, 2015).

نتایج بررسی استفاده از پهپادها به عنوان فناوری نوین با قابلیت‌های بسیار در مقابل هزینه کم برای گرده‌افشانی نخل خرما نیز در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که این روش دارای نقاط ضعف بسیار و قابلیت اعتماد آن در حال حاضر اندک بوده و تحقیقات بیشتر برای دستیابی به فناوری قابل اعتماد در این زمینه توصیه شده است (Alyafei et al., 2022; Rehna & Inamdar, 2022).

۱-خرمای سحرمان با نام‌های دیگری همچون استعمران و سایر نیز شناخته می‌شود و به منظور یکسان‌سازی، نام سحرمان به عنوان نام مورد تأیید پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری کشور در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است.

گرده افشانی مکانیکی دستی برای اولین بار در سال ۱۹۷۲ در عراق و دو سال پس از آن در سال ۱۹۷۴ در ایران مورد استفاده قرار گرفت (Eeta, 1988). نتایج آزمون مزرعه‌ای یکی از دستگاه‌های گرده افشان ساخته شده در کشور در تلقیح خرماي رقم شاهانی نشان داده است که تشکیل میوه با استفاده از آن مشابه و یا حتی بهتر از روش دستی است (Loghavi, 1993).

وجود انواع گرده افشان‌های تراکتوری نیز گزارش شده است. کارایی پایین این دستگاه‌ها به‌ویژه در گرده افشانی نخل‌های بلند، سنگینی آن‌ها و نیاز به حمل شدن توسط کارگر با تراکتور از معایب آن‌ها و ازجمله دلایل عدم استقبال کشاورزان از آن‌ها به شمار می‌آید (Zaid and DeWet, 2002b; Obaidi, 2001).

با توجه به گزارش کاهش قوه نامیه گرده در لوله‌های بلند گرده افشان‌های مکانیکی (Haffar, 1999a)، گرده افشان‌های دیگری بر اساس کاهش طول لوله انتقال گرده طراحی و ساخته شده‌اند (Haffar, 1999a; Obaidi, 2001; Al-Rawi, 1998; Mostaan et al., 2010). نتایج مزرعه‌ای کاربرد این نوع گرده افشان‌ها نشان داده است که این دستگاه‌ها سبب ۸۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف گرده و کاهش ۴۰ درصد در زمان انجام عملیات می‌شود (Mostaan et al., 2010). این امر سبب می‌شود تا نسبت نخل نر به ماده در نخیلات مدرن به حدود ۱ به ۵۰ (۲ درصد) کاهش یابد (Awad, 2010a).

طی بیش از ۶ دهه گذشته گرده افشان‌های مبتنی بر پاشش گرده خشک مختلفی طراحی و ساخته شده‌اند و با توجه به موفقیت‌های اخیر، به‌عنوان یک روند در فازهای تکاملی می‌باشند. با این وجود، روند تحقیقات گرده افشانی مکانیزه برخی درختان همچون کیوی و پسته که در دهه اخیر در جریان بوده بر مبنای محلول‌پاشی گرده استوار بوده است. چنین روشی با توجه به امکان دستیابی سریع‌تر به ابزار گرده افشان در این روش با تکیه بر طراحی پایه سم‌پاش‌های موجود و همچنین با توجه به برخی مزایای این روش همچون کاهش هدررفت گرده در اثر بادبردگی و حضور گرده به مدت بیشتر در محدوده گل‌آذین، از این روش می‌توان به‌عنوان گزینه‌ای جایگزین برای سایر روش‌های گرده افشانی نخل خرما استفاده نمود.

در کیوی، گرده افشانی محلول با تعیین محلول بهینه گرده با موفقیت توسعه یافته است (Hopping & Simpson, 1982). اخیراً نیز محلول سوسپانسیون دانه گرده غلیظ شده با آگار نیز برای کیوی موفق بوده است (Yano et al., 2007).

در مطالعات انجام‌شده افزودن کلرید سدیم در محلول گرده در بهبود حالت سوسپانسیون و ارتقای رشد گرده کیوی مؤثر بوده است. گرده کیوی را می‌توان بدون صدمه به جوانه‌زنی آن در غلظت‌های اندک پلی‌گلیکولید-کو-پی-دیوزانون (PGDO) که به نام سورفکتانت ایمن نیز شناخته می‌شود، به‌صورت سوسپانسیون درآورد. افزودن صمغ عربی در پایداری محلول گرده بدون ایجاد آلودگی در رشد گرده نیز بسیار مؤثر است. میوه کیوی با استفاده از گرده افشانی مصنوعی با این محلول‌های گرده به‌خوبی تشکیل یافته و رشد نموده‌اند. از این رو کاربرد محلول گرده در گرده افشانی مصنوعی کیوی مؤثر است (Lim and Lee, 2013).

در پسته اثر محلول‌های پاششی گرده با ۰/۰۱ و ۰/۰۲ درصد بوریک اسید در ترکیب با ۱ درصد (وزن به حجم) گرده روی کیفیت دانه و مغز پسته رقم اوحدی مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس نتایج محلول شامل آگار، ۰/۰۱ درصد بوریک اسید و ۱ درصد گرده منجر به کاهش میزان تشکیل میوه در هر دو سال آزمایش شده اما در مقابل سبب افزایش میزان پروتئین و کاهش میزان روغن مغز پسته شده و این روش را می‌توان در سال‌های آور پسته به‌منظور کنترل سال‌آوری و افزایش کیفیت محصول مورد استفاده قرار داد (Karimi & Zeraatkar, 2016).

نتایج تحقیقات تکمیلی گرده افشانی پسته به روش محلول‌پاشی در سال ۲۰۱۷ نشان داد که غنی‌سازی محلول گرده با عنصر روی باعث افزایش وزن ترو خشک محصول پسته شده و از این رو در شرایط محدودیت گرده افشانی، محلول‌پاشی سوسپانسیون گرده غنی‌شده با عنصر روی به عنوان گرده افشانی تکمیلی می‌تواند باعث بهبود عملکرد و افزایش کیفیت میوه شود (Karimi et al., 2017).

در گرده افشانی محلول هلو، محلول ۱۰ درصد ساکارز در آب و یک عامل رطوبت‌ساز استفاده شده است. با این وجود این روش منجر به میوه‌نشینی ضعیف شده است. افزودن صمغ زانتان، انواعی از پلی‌ساکاریدها و آنزیم‌های شکستن پکتین همچون پکتین متیل آسترز و پلی گالاکترونز به ماده محلول گرده برای گرده افشانی گلابی ژاپنی نیز موفق بوده است (Sakamoto et al., 2009).

در تحقیقی که در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ برای گرده‌افشانی خرماي رقم لولو انجام شده غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در لیتر گرده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. میوه‌نشینی در غلظت‌های کم به زیاد به ترتیب ۷۵/۶، ۸۶/۸ و ۸۷/۸ درصد بوده که در مقایسه با شاهد (۹۰ درصد) اندکی کاهش داشت. در مقابل خصوصیات کیفی میوه ارتقای قابل ملاحظه‌ای پیدا نموده‌اند. نتیجه اینکه این تحقیق پیش‌گامانه بوده و تعیین بهترین غلظت گرده در گرده‌افشانی محلول برای ارقام مختلف لازم است (Awad, 2010a). چنین تحقیقی در خصوص رقم خیزی نیز انجام شده است. بر اساس نتایج در گرده‌افشانی رقم خیزی به روش محلول‌پاشی، میوه‌نشینی به صورت معنی‌داری بیش‌تر از گرده‌افشانی سنتی بود. این میزان به ویژه در غلظت‌های ۱/۵ یا ۲ گرم گرده در لیتر آب نسبت به غلظت ۰/۵ گرم در لیتر بیشتر بوده است. در این آزمایش‌ها میزان پاشش محلول گرده برای هر گل‌آذین ماده ۱۰۰ cc بوده است. تحقیقات بیشتر برای دستیابی به غلظت بهینه گرده در محلول برای گرده‌افشانی ارقام مختلف توصیه شده است (Awad, 2010b).

نتایج متناقضی توسط محققین دیگر در زمینه گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی گرده در خصوص دو رقم مجول و برخی گزارش شده است. نتایج این تحقیقات نشان داده است که در هر دو رقم مجول و برخی میزان میوه‌نشینی حتی با غلظت ۴ گرم در لیتر گرده نیز کمتر از روش سنتی بوده است (Abu-Zahra & Shatnawi, 2019). این در حالی است که رقم مجول به عنوان رقمی با نیاز به گرده بسیار اندک شناخته می‌شود (Mostaan et al., 2017).

گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی برای ارقام زاهدی و خضراوی نیز با غلظت ۴ گرم در لیتر مورد آزمون قرار گرفته و این میزان گرده منجر به میوه‌نشینی زیاد شده و از این‌رو غلظت ۳ گرم در لیتر برای این روش توصیه شده است (Munir, 2020). میوه‌نشینی بیش از اندازه معمولاً سبب کاهش اندازه و کیفیت میوه می‌شود (Mostaan et al., 2017) و از این‌رو همواره صفت خوبی به‌شمار نمی‌آید. از این‌رو با انتخاب غلظت بهینه، به‌ویژه در مقایسه با روش‌های سنتی که معمولاً منجر به میوه‌نشینی بهینه می‌شوند، می‌توان به تعادل مناسبی میان کیفیت مناسب میوه و میزان مصرف گرده دست یافت. بر این اساس این پروژه با هدف بررسی امکان گرده‌افشانی ارقام تجاری خرماي سعمران و برخی به روش محلول‌پاشی در غلظت‌های متوسط تا کم ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر آب مقطر و بررسی امکان تأمین میوه‌نشینی مطلوب با مصرف مقادیر کم گرده انجام گردید.

روش‌شناسی پژوهش

کلیات آزمایش

این تحقیق به منظور امکان‌سنجی گرده‌افشانی نخل خرماي ارقام تجاری استان خوزستان به روش محلول‌پاشی به صورت دو آزمایش مجزا روی دو رقم خرماي سعمران و برخی در استان خوزستان در دو سال متوالی (۱۳۹۹ و ۱۴۰۰) تکرار شد. تیمارهای مورد آزمون شامل غلظت گرده در سه سطح ۰/۲۵ (تیمار A)، ۰/۵۰ (تیمار B)، ۱/۰۰ (تیمار C) گرم در لیتر و گرده‌افشانی سنتی (تیمار D) به عنوان شاهد می‌باشند که در قالب طرح کاملاً تصادفی و در ۵ تکرار مورد آزمون قرار گرفت. در این آزمون هر نخل به عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد.

مواد آزمایشی

- عرصه تحقیقاتی شامل ۲۰ عدد نخل خرماي مثمر رقم سعمران و ۲۰ عدد نخل خرماي مثمر رقم برخی در کلکسیون خرماي پژوهشکده واقع در ایستگاه تحقیقاتی ام‌التمیر از توابع شهرستان اهواز می‌باشد. نخل‌های مورد آزمایش در یک قطعه بوده و تحت یک نوع مراقبت قرار داشتند. با توجه به جوان بودن نخل‌ها و به منظور کنترل خطا، نخل‌های جوان با سن تقریبی ۸ تا ۱۰ ساله و با صفات رشدی مشابه انتخاب شدند.

- گرده: به منظور گرده افشانی از یک نوع گرده نر رقم غنای فصل استفاده شد. استخراج و نگهداری گرده بر اساس دستورالعمل فنی شماره ۴۳۸۹۲ موسسه تحقیقات خرما و میوه های گرمسیری کشور انجام شد (Mostaan, 2013). به منظور اطمینان از قوه نامیه مطلوب گرده، آزمون قوه نامیه گرده مطابق با روش MBK (Furr & Enriquez, 1966) انجام گردید.
- سوسپانسیون گرده: سوسپانسیون گرده شامل محلول استوک آب مقطر و ساکاروز به نسبت وزنی ۹ به ۱ (Awad, 2010b) و گرده خشک به میزان تعیین شده مطابق با تیمارهای آزمایش بود. به منظور جلوگیری از وارد آمدن آسیب به گرده، محلول استوک مورد استفاده به صورت روزانه تهیه شده و اختلاط آن با گرده در غلظت آزمون در فاصله زمانی حداکثر ۱ ساعت تا زمان اعمال تیمار انجام شد. همچنین مخزن گرده پس از پایان پاشش هر تیمار غلظت گرده، با آب تصفیه شسته شده و سپس با آب مقطر آب کشی شد.
- ابزار محلول پاشی: به منظور تأمین جریان یکنواخت و قابل اندازه گیری از سم پاش کتابی شارژی استفاده شد. پاشش محلول پس از کالیبراسیون سم پاش جهت پاشش ۱۰۰ میلی لیتر محلول با نازل مخروطی انجام شد.
- به منظور تعیین وزن گرده از ترازوی AND ساخت ژاپن با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. کلیه اندازه گیری های مربوط به میوه نشینی و توزین ها در شرایط آزمایشگاه انجام گردید.
- برای اندازه گیری وزن خوشه از ترازوی آویختنی دیجیتال مدل WehHeng40Kg با دقت ۱۰ گرم استفاده گردید.

روش های آزمون

ابتدا نخلستان به منظور تعیین مناسب ترین نقطه اجرای آزمایش پاشش شده و پس از تعیین واحدهای آزمایشی، قالب و نقشه طرح تهیه و نخل ها پلاک کوبی شد. در فصل گرده افشانی قطعه مورد آزمایش به منظور تعیین وضعیت و ثبت اسپات های باز شده به صورت روزانه پاشش شد. با مشاهده اسپات های باز شده، هر اسپات در مدت ۴۸ ساعت اولیه باز شدن با ۱۰۰ میلی لیتر سوسپانسیون گرده که با غلظت مناسب بر اساس نقشه طرح و در زمان محلول پاشی تهیه می شد، محلول پاشی شد. این عملیات در فاصله زمانی ۴۸ تا ۷۲ ساعت پس از محلول پاشی نوبت اول برای نوبت دوم تکرار گردید. عملیات محلول پاشی تا تیمار کلیه اسپات های نخل های آزمون ادامه می یافت. گرده افشانی واحدهای آزمایشی شاهد بر اساس روش معمول باغدار، با استفاده از رشته گل های خشک شده نر رقم غنای در یک نوبت انجام گردید.

اندازه گیری ها

اندازه گیری میوه نشینی: به منظور اندازه گیری میوه نشینی در انتهای مرحله جابوک و در ابتدای مرحله کیمری تعداد ۴ عدد خوشه به صورت تصادفی در چهار جهت نخل انتخاب و از هر خوشه تعداد ۶ رشته میوه از بخش های ابتدایی، میانی و انتهایی جدا شده و به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه تعداد جای خالی گل، تعداد میوه تلقیح شده و تعداد میوه تلقیح نشده شمارش شده و متوسط شاخص های میوه نشینی شامل درصد تلقیح، درصد میوه پارتنوکارپ و درصد ریزش به ترتیب با استفاده از روابط ۱ تا ۳ برای هر واحد آزمایشی محاسبه شد. تعداد کل جای گل در این محاسبات شامل مجموع تعداد جای خالی گل، تعداد میوه تلقیح شده و تعداد میوه تلقیح نشده است. به منظور تعیین عملکرد، با توجه به جوان بودن نخل ها، از هر واحد آزمایشی (نخل) وزن ۴ خوشه در زمان برداشت اندازه گیری و ثبت شد.

- رابطه ۱) $\text{تعداد کل جای گل} / \text{تعداد میوه تلقیح شده} \times 100 = \text{درصد تلقیح}$
- رابطه ۲) $\text{تعداد کل جای گل} / \text{تعداد میوه تلقیح نشده} \times 100 = \text{درصد میوه پارتنوکارپ}$
- رابطه ۳) $\text{تعداد کل جای گل} / \text{تعداد جای خالی گل} \times 100 = \text{درصد ریزش}$

تجزیه و تحلیل داده ها

داده های آزمایش پس از تهیه و پردازش اولیه، به منظور بررسی اثرات تیمارهای آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین ها به منظور بررسی اختلاف میان تیمارها و نتیجه گیری در خصوص امکان سنجی کاربرد محلول پاشی برای گرده افشانی ارقام تجاری خرما ی سمران و برخی و یافتن غلظت مناسب احتمالی با استفاده از آزمون LSD و در سطح خطای آماری ۵ درصد انجام شد.

یافته‌های پژوهش

الف - رقم سعمران

نتایج تجزیه واریانس داده‌های میوه‌نشینی، پارتوکاری، ریزش و عملکرد خرماي رقم سعمران به شرح جدول ۱ می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل اثر تیمار در تمامی صفات مورد بررسی در سطح خطای آماری ۱ درصد اختلاف معنی‌داری در صفات حاصل در تیمارهای مختلف ایجاد نموده است. همچنین بر اساس نتایج جدول ۱، اثر سال در هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نشده است. مقایسه میانگین‌های صفات مختلف میوه‌نشینی خرماي رقم سعمران همراه با آماره‌های مهم این صفات به شرح جدول ۲ می‌باشد. نتایج حاصل در خصوص هر صفت نیز به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس داده‌های صفات میوه‌نشینی خرماي رقم سعمران

منابع تغییرات	درجه آزادی	میوه‌نشینی	پارتوکاری	ریزش	عملکرد
تیمار	۳	۱۶۵۰/۲۸۶۳**	۰/۴۹۸۴**	۱۶۰۷/۱۴۳۸**	۱۱۳/۲۱۰۷**
سال	۱	۴۴/۱۰۰۰ ns	۰/۱۶۶۴ ns	۳۸/۸۰۹۰ ns	۴/۸۱۶۴ ns
تیمار × سال	۳	۲/۵۳۶۰ ns	۰/۲۱۷۰ ns	۲/۰۴۵۲ ns	۰/۵۶۹۷ ns
خطا	۳۲	۳۱/۹۹۹۹	۰/۱۰۰۱	۳۱/۲۸۹۴	۲/۷۹۶۱
ضریب تغییرات (%)		۱۴/۰۰۴	۱۰۱/۵۶۰	۹/۴۳۳	۱۱/۰۹۷

** و ns به ترتیب نمایانگر معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد و عدم معنی‌دار بودن است.

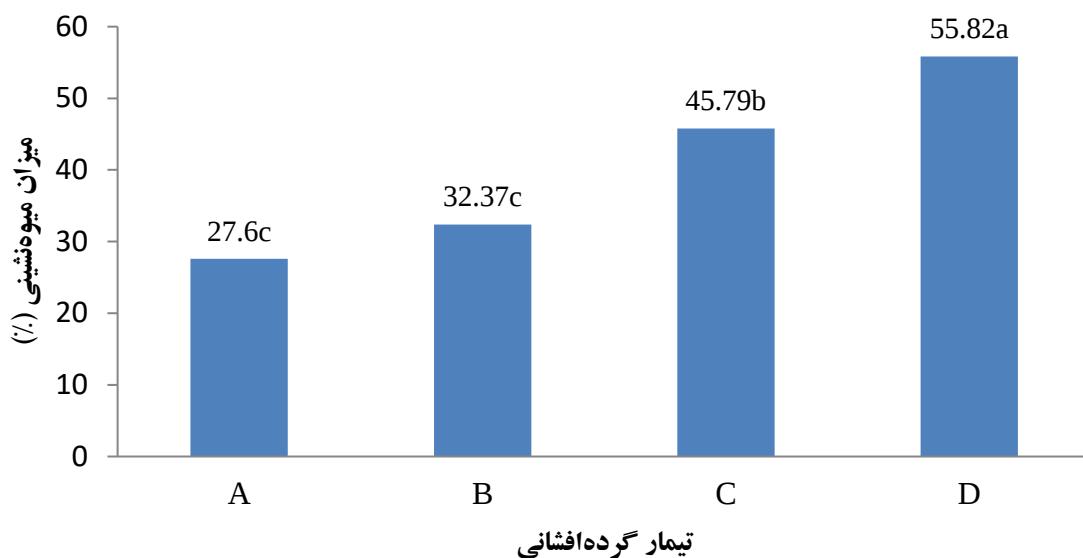
جدول ۲: نتایج مقایسه میانگین‌های مرکب (دوساله) صفات میوه‌نشینی خرماي رقم سعمران با آزمون LSD

تیمار	میوه‌نشینی (%)	پارتوکاری (%)	ریزش (%)	عملکرد (کیلوگرم برای ۴ خوشه)
A	۲۷/۶۰ c	۰/۳۴ a	۷۲/۰۶ a	۱۰/۸۵۷ c
B	۳۲/۳۷ c	۰/۵۳ a	۶۷/۱۱ a	۱۴/۵۱۰ b
C	۴۵/۷۹ b	۰/۳۸ a	۵۳/۸۳ b	۱۵/۹۴۲ b
D	۵۵/۸۲ a	۰/۰۰ b	۴۴/۱۸ c	۱۸/۹۶۱ a
حداقل اختلاف معنی‌دار	۵/۱۵۳	۰/۲۸۸	۵/۰۹۶	۱/۵۲۳

تیمارها عبارتند از: A، B و C غلظت گرده به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر و D گرده‌افشانی به روش سنتی. در هر ستون میانگین‌های دارای حروف لاتین یکسان، در سطح خطای آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

میوه‌نشینی

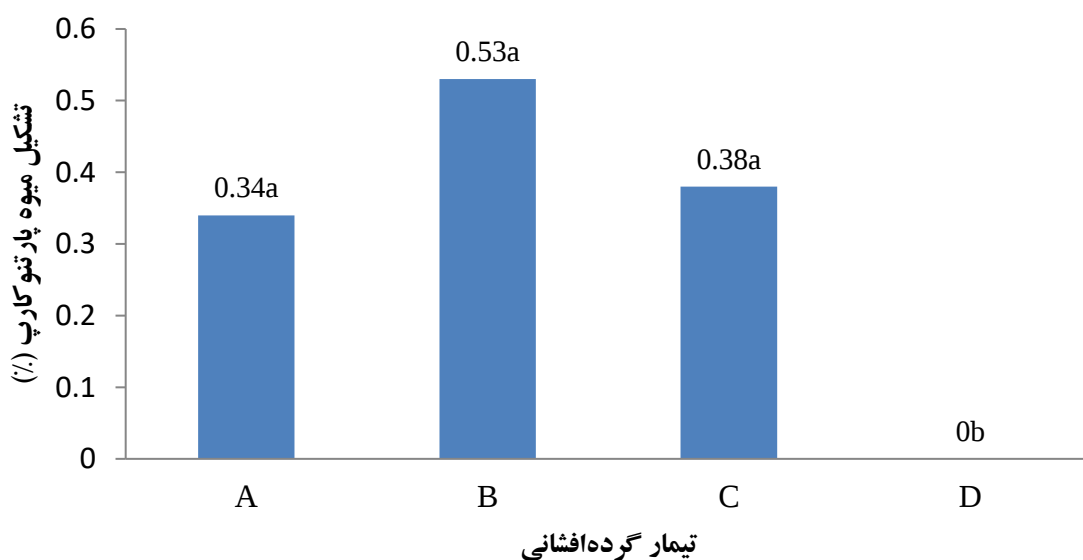
مقایسه میانگین میوه‌نشینی در دو سال آزمایش در نمودار شکل ۱ نشان می‌دهد که میزان میوه‌نشینی در خرماي رقم سعمران با افزایش غلظت گرده افزایش یافته است. کمترین میزان میوه‌نشینی به میزان ۲۷/۶۰ درصد میوه‌نشینی در کمترین میزان غلظت گرده (۰/۲۵ گرم در لیتر) و بیشترین میزان میوه‌نشینی در تیمار شاهد (گرده‌افشانی به روش سنتی) حاصل شده است. با این وجود اختلافات آماری تیمارها نشان می‌دهد که بیشترین میوه‌نشینی به روش محلول‌پاشی در بالاترین غلظت مورد استفاده، یعنی ۱/۰ گرم در لیتر حاصل شده است.



شکل ۱: میانگین میوه‌نشینی خرماي رقم سحرمان تحت تیمارهای گرده‌افشانی در دو سال آزمایش. تیمارها عبارتند از: A، B و C غلظت گرده به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر و D گرده‌افشانی به روش سنتی.

پارتنوکارپی

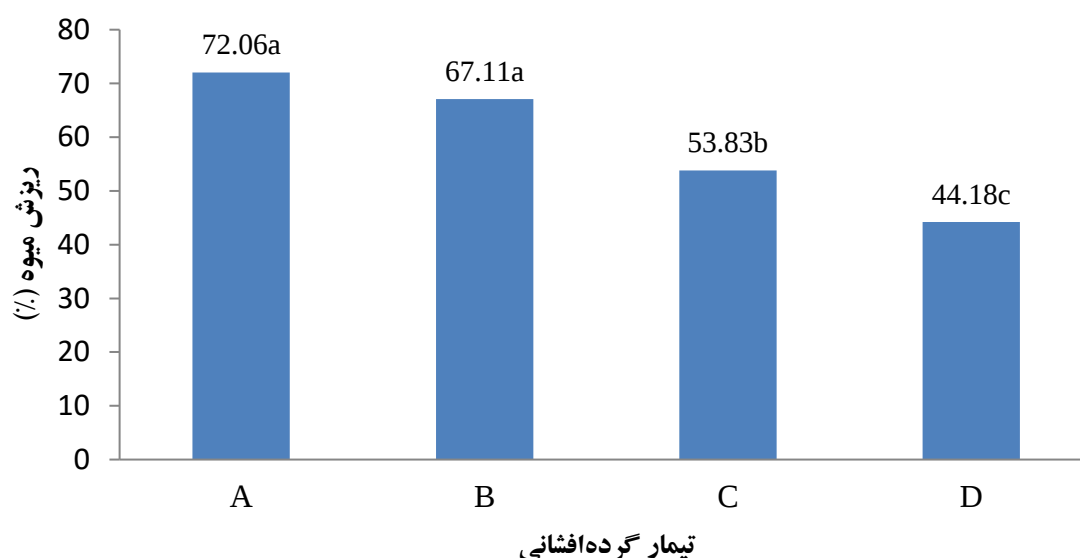
مقایسه میانگین تشکیل میوه پارتنوکارپ در دو سال آزمایش در نمودار شکل ۲ نشان می‌دهد که اگرچه میزان تشکیل میوه پارتنوکارپ رقم سحرمان در تمامی تیمارها بسیار اندک است، (این مقادیر اندک در مقایسه با محدوده تغییرات ۰ تا ۱۰۰ درصد، سبب نمایش بزرگ ضریب تغییرات شده است) اختلاف آماری معنی‌داری میان تشکیل میوه پارتنوکارپ در تیمارهای گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی و تیمار گرده‌افشانی به روش سنتی وجود دارد. بر اساس این نمودار، با وجود تشکیل میوه‌های پارتنوکارپ در مقادیر اندک در تیمارهای گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی، اما در هر دو سال این میزان برای روش سنتی در رقم سحرمان صفر بوده است.



شکل ۲: میانگین تشکیل میوه پارتنوکارپ خرماي رقم سحرمان تحت تیمارهای گرده‌افشانی در دو سال آزمایش. تیمارها عبارتند از: A، B و C غلظت گرده به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر و D گرده‌افشانی به روش سنتی.

ریزش میوه

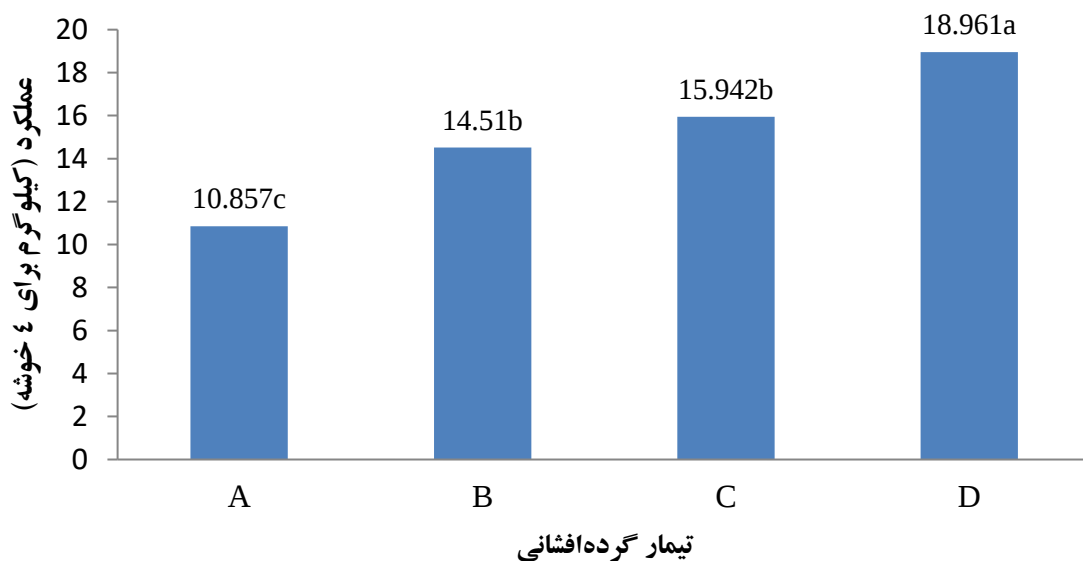
مقایسه میانگین ریزش میوه در دو سال آزمایش در نمودار شکل ۳ نشان می‌دهد که بیشترین میزان ریزش میوه رقم سحرمان در دو غلظت پایین محلول پاشی گرده حاصل شده است و در بیشترین میزان غلظت گرده، مقدار ریزش میوه کاهش یافته است. کمترین میزان ریزش میوه نیز در تیمار گرده افشانی به روش سنتی حاصل شده است. با توجه به مقادیر اندک میزان تشکیل میوه پارتنوکارپ (نمودار شکل ۲)، روند این نمودار تقریباً در خلاف جهت روند میزان میوه‌نشینی مشاهده شده در نمودار شکل ۱ می‌باشد.



شکل ۳: میانگین ریزش میوه خرمای رقم سحرمان تحت تیمارهای گرده افشانی در دو سال آزمایش. تیمارها عبارتند از: A، B و C غلظت گرده به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر و D گرده افشانی به روش سنتی.

عملکرد

مقایسه میانگین عملکرد میوه در دو سال آزمایش در نمودار شکل ۴ نشان می‌دهد که کمترین میزان تولید خرمای رقم سحرمان مربوط به کمترین غلظت گرده می‌باشد. بیشترین عملکرد نیز در تیمار گرده افشانی به روش سنتی حاصل شده است. در این تیمار متوسط وزن محصول هر خوشه حدود ۴/۷۴۰ کیلوگرم بوده است.



شکل ۴: میانگین عملکرد خرماي رقم سمران تحت تیمارهای گرده افشانی در دو سال آزمایش. تیمارها عبارتند از: A، B و C غلظت گرده به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر و D گرده افشانی به روش سنتی.

ب- رقم برچی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های میوه‌نشینی، پارتنوکاری، ریزش و عملکرد خرماي رقم برچی به شرح جدول ۳ می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل، اثر تیمار در شاخص‌های میوه‌نشینی، پارتنوکاری و عملکرد در سطح خطای آماری ۱ درصد و در شاخص ریزش در سطح خطای آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌داری در صفات حاصل در تیمارهای مختلف ایجاد نموده است. همچنین بر اساس نتایج جدول ۳، اثر سال در شاخص‌های میوه‌نشینی، ریزش و عملکرد نیز در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین‌های صفات مختلف میوه‌نشینی خرماي رقم برچی همراه با آماره‌های مهم این صفات به شرح جدول ۴ می‌باشد. نتایج حاصل در خصوص هر صفت به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس داده‌های صفات میوه‌نشینی خرماي رقم برچی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میوه‌نشینی	پارتنوکاری	ریزش	عملکرد
تیمار	۳	۱۱۴۰/۲۳۱۴**	۶۱۳/۷۴۴۳**	۱۹۷/۴۴۲۲*	۱۰۰۱/۴۸۶۶**
سال	۱	۵۴۰/۸۸۶۷*	۰/۲۹۰۷ ns	۵۱۶/۳۸۶۰**	۵۳/۵۶۹۱*
تیمار × سال	۳	۵۲/۳۴۳۳ ns	۳۹/۸۸۷۲ ns	۲/۵۴۴۶ ns	۹۵/۸۶۲۳*
خطا	۳۲	۷۸/۹۲۲۰	۵۳/۹۶۸۴	۵۶/۸۰۳۵	۱۰/۷۴۳۴
ضریب تغییرات (%)		۲۵/۴۴	۵۵/۶۹	۱۴/۵۳	۱۹/۹۵

ns و * به ترتیب نمایانگر معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱، ۵ درصد و عدم معنی‌دار بودن است.

جدول ۴: نتایج مقایسه میانگین‌های صفات میوه‌نشینی خرماي رقم برچی با آزمون LSD

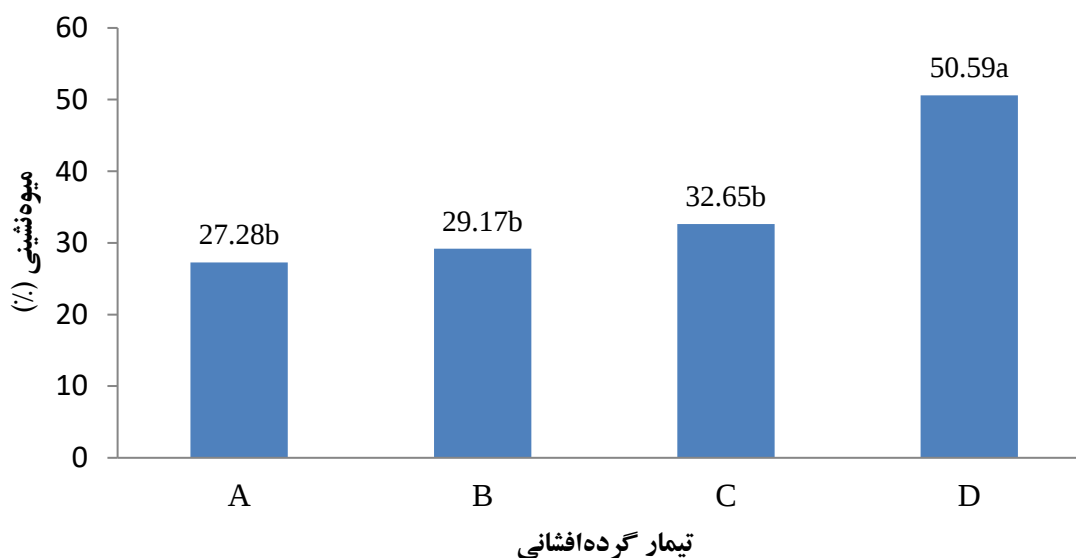
تیمار	میوه‌نشینی (%)			پارتنوکاری (%)			ریزش (%)			عملکرد (کیلوگرم برای ۴ خوشه)		
	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین
A	۲۷/۶ b	۲۶/۹ b	۲۷/۳ b	۱۴/۷۴ a	۵۵/۰ a	۶۱/۰ a	۵۷/۹۹ a	۷/۷۳ d	۹/۹۲ b	۸/۸۳ c		
B	۳۴/۵ b	۲۳/۸ b	۲۹/۲ b	۱۸/۷۴ a	۴۸/۷ ab	۵۵/۵ a	۵۲/۱ ab	۱۳/۶۲ c	۱۰/۰۸ b	۱۱/۸۵ b		
C	۳۷/۷ b	۲۷/۶ b	۳۲/۷ b	۱۷/۵۸ a	۴۵/۸ b	۵۳/۷ a	۴۹/۷۸ b	۱۷/۱۰ b	۱۰/۷۸ b	۱۳/۹۴ b		

۳۱/۱۱ a	۳۰/۳۱ a	۳۱/۹۱ a	۴۷/۷۰ b	۵۱/۸ a	۴۳/۶ b	۱/۷۱ b	۵۰/۶ a	۴۶/۶ a	۵۴/۶ a	D
۲/۹۸۶	۵/۵۹۶	۲/۷۰۴	۶/۸۶۶	۱۱/۳۵	۸/۶۸	۶/۶۹	۸/۰۹	۱۱/۵۵	۱۲/۲۶	حداقل اختلاف معنی دار

تیمارها عبارتند از: A، B و C غلظت گرده به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر و D گرده افشانی به روش سنتی. در هر ستون میانگین‌های دارای حروف لاتین یکسان، در سطح خطای آماری ۵ درصد اختلافی با یکدیگر ندارند.

میوه‌نشینی

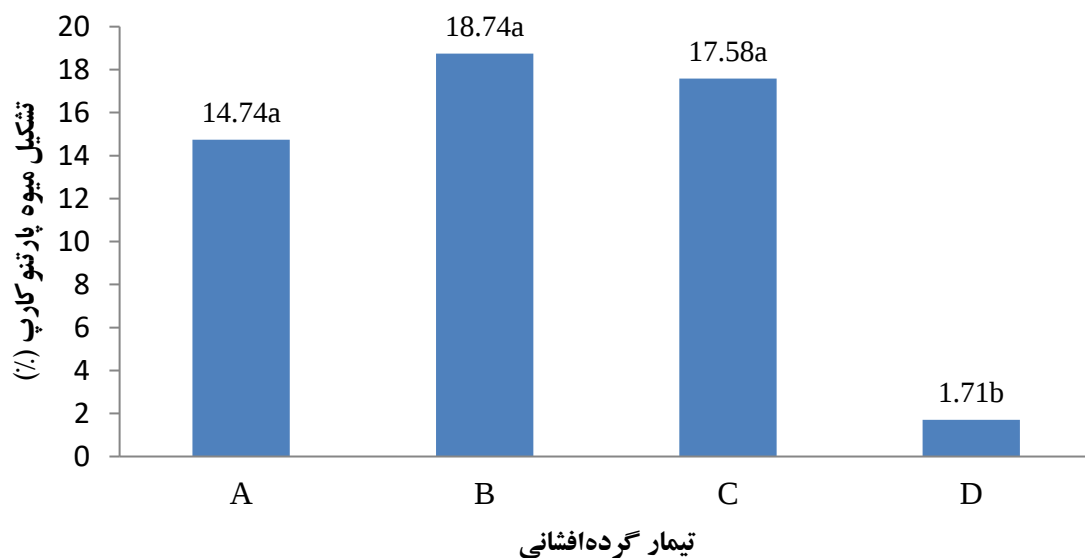
مقایسه میانگین میوه‌نشینی در دو سال آزمایش در نمودار شکل ۵ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت گرده در محدوده‌های انتخابی افزایش معنی‌داری در میزان میوه‌نشینی خرمای رقم برخی حاصل نشده است و هر سه میزان غلظت گرده از نظر آماری منجر به میوه‌نشینی برابری شده‌اند. کمترین میزان میوه‌نشینی خرمای رقم برخی به میزان ۲۷/۲۸ درصد میوه‌نشینی در کمترین میزان غلظت گرده (۰/۲۵ گرم در لیتر) و بیشترین میزان میوه‌نشینی در تیمار شاهد (گرده افشانی به روش سنتی) به میزان ۵۰/۵۹ درصد حاصل شده است. علیرغم نبود اختلافات آماری در میزان میوه‌نشینی در غلظت‌های مختلف گرده، در همین جدول افزایش اندکی در متوسط میزان میوه‌نشینی با افزایش میزان غلظت گرده قابل مشاهده است. نتایج هر دو سال آزمایش در جدول ۴ نیز نشان می‌دهد که با وجود اختلاف قابل توجه در میوه‌نشینی حاصل از محلول‌پاشی و گرده افشانی به روش سنتی در هر دو سال آزمایش و علیرغم نبود اختلاف آماری میان میوه‌نشینی در هر دو سال آزمون، اثر افزایش غلظت گرده بر افزایش میوه‌نشینی در رقم برخی در سال نخست مشهودتر بوده است.



شکل ۵: میانگین میوه‌نشینی خرمای رقم برخی تحت تیمارهای گرده افشانی در دو سال آزمایش. تیمارها عبارتند از: A، B و C غلظت گرده به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر و D گرده افشانی به روش سنتی.

پارتنوکاری

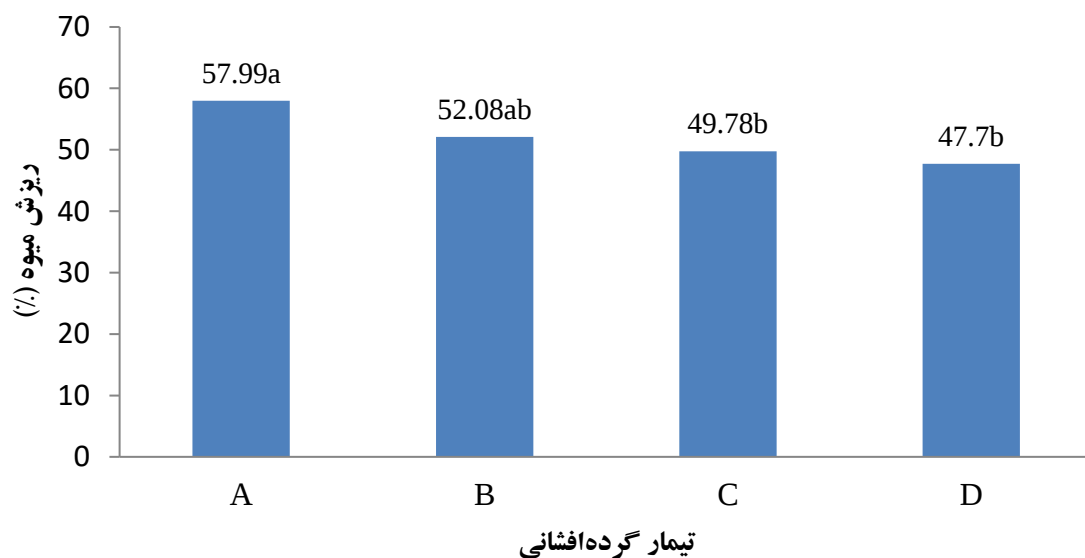
مقایسه میانگین پارتنوکاری در دو سال آزمایش در نمودار شکل ۶ نشان می‌دهد که بر خلاف رقم سممران، میزان تشکیل میوه پارتنوکارپ در خرمای رقم برخی به جز تیمار گرده افشانی به روش سنتی، در تمامی تیمارها قابل توجه است. همچنین بالا بودن این مقادیر در محدوده تغییرات ۰ تا ۱۰۰ درصد در مقایسه با رقم سممران، سبب کاهش محسوسی در ضریب تغییرات برای این شاخص شده است. اختلاف آماری معنی‌داری میان تشکیل میوه پارتنوکارپ در تیمارهای گرده افشانی به روش محلول‌پاشی و تیمار گرده افشانی به روش سنتی وجود دارد. بر اساس این نمودار، تشکیل میوه پارتنوکارپ در تیمارهای محلول‌پاشی گرده در محدوده غلظت انتخابی برای رقم برخی قطعی است.



شکل ۶: میانگین تشکیل میوه پارتنوکارپ خرماي رقم برخی تحت تیمارهای گرده افشانی در دو سال آزمایش. تیمارها عبارتند از: A، B و C غلظت گرده به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر و D گرده افشانی به روش سنتی.

ریزش میوه

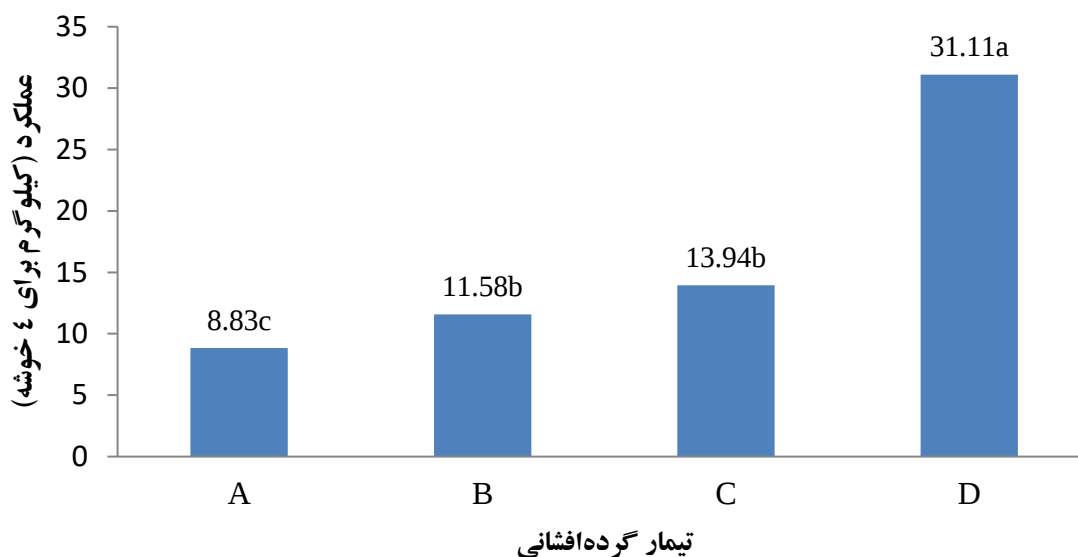
مقایسه میانگین ریزش میوه در دو سال آزمایش در نمودار شکل ۷ نشان می‌دهد که بیشترین میزان ریزش میوه خرماي رقم برخی در پایین‌ترین غلظت محلول پاشی گرده حاصل شده است و در دو غلظت دیگر و گرده افشانی به روش سنتی مقدار ریزش میوه از نظر آماری به صورت معنی‌داری کاهش یافته است. همچنین در نمودار شکل ۷ مشاهده می‌شود که صرفنظر از اختلافات آماری، میزان ریزش میوه خرماي رقم برخی با افزایش غلظت گرده در محلول گرده افشانی رو به کاهش و نزدیک به محدوده‌ی گرده افشانی سنتی بود. همچنین نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که میزان ریزش میوه در سال دوم در رقم برخی برای تمامی تیمارهای افزایش یافته است. انعکاس این امر با کاهش هر دو شاخص میزان میوه‌نشینی و عملکرد در سال دوم نسبت به سال اول در ستون‌های مربوطه در جدول ۴ قابل مشاهده است.



شکل ۷: میانگین ریزش میوه خرماي رقم برخی تحت تیمارهای گرده افشانی در دو سال آزمایش. تیمارها عبارتند از: A، B و C غلظت گرده به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر و D گرده افشانی به روش سنتی.

عملکرد

مقایسه میانگین عملکرد در دو سال آزمایش در نمودار شکل ۸ نشان می‌دهد که کمترین میزان تولید خرماي رقم برخی مربوط به کمترین غلظت گرده می‌باشد. بیشترین عملکرد نیز در تیمار گرده‌افشانی به روش سنتی حاصل شده است. عملکرد حاصل در غلظت‌های میانی و بالای گرده‌افشانی نیز با اختلاف آماری معنی‌دار، در میان این دو قرار دارد. در تیمار گرده‌افشانی به روش سنتی متوسط وزن محصول هر خوشه رقم برخی حدود ۷/۷۷۸ کیلوگرم بوده است. نتایج عملکرد در دو سال آزمون در جدول ۴ نیز نشان می‌دهد که در سال دوم آزمون، با وجود روندی عددی افزایشی عملکرد، اما این میزان به گونه‌ای نامحسوس بوده که عملکرد حاصل از تمامی غلظت‌های گرده، برخلاف سال نخست در یک گروه قرار گرفته است. همچنین نمودار شکل ۸ نشان می‌دهد که با وجود برتری میزان عملکرد در تیمار گرده‌افشانی به روش سنتی، با افزایش غلظت کاربرد گرده به میزان ۱ گرم در لیتر، عملکرد نیز به صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد.



شکل ۸: میانگین عملکرد خرماي رقم برخی تحت تیمارهای گرده‌افشانی در دو سال آزمایش. تیمارها عبارتند از: A، B و C غلظت گرده به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر و D گرده‌افشانی به روش سنتی.

بحث

گرده‌افشانی مصنوعی به عنوان یکی از عملیات کلیدی در تولید اقتصادی خرما مطرح می‌باشد و از این رو انجام دقیق آن به منظور بهره‌برداری اقتصادی از این گیاه ارزشمند، امری حیاتی است. نتایج آزمایش امکان‌سنجی استفاده از روش محلول‌پاشی برای گرده‌افشانی ارقام تجاری سعمران و برخی نتایج متفاوتی در این دو رقم داشته است.

نتایج آزمون‌های گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی روی رقم سعمران نشان داد که بیشترین میزان میوه‌نشینی در رقم سعمران که در غلظت ۱ گرم گرده در لیتر به دست آمد، کماکان کمتر از میزان میوه‌نشینی در تیمار شاهد است. این بدان معنی است که نیاز این رقم برای دستیابی به میزان میوه‌نشینی مطلوب (برابر با میوه‌نشینی در تیمار شاهد) با این میزان غلظت گرده نیز تأمین نشده است. با این وجود به دلیل روند افزایشی میزان میوه‌نشینی با افزایش میزان غلظت گرده، پتانسیل دستیابی به میوه‌نشینی مناسب و مطلوب در این رقم به احتمال فراوان با افزایش میزان کاربرد گرده در محلول‌پاشی وجود دارد. این یافته با نتایج کلی حاصل از گرده‌افشانی خرماي رقم لولو، خیزی، زاهدی و خضراوی به روش محلول‌پاشی گرده (Awad, 2010a; Awad, 2010b; Munir, 2020) مطابقت دارد؛ اگرچه در رقم لولو چه در روش‌های محلول‌پاشی و چه در روش سنتی متوسط میزان میوه‌نشینی بسیار و فراتر از میانگین‌های مرسوم گزارش شده است (Awad, 2010b).

همانگونه که در رقم خنیزی گزارش شده است، غلظت‌های تا ۲ گرم گرده در لیتر نیز مورد استفاده قرار گرفته و درصد میوه‌نشینی فراتر از میوه‌نشینی به روش سنتی نیز حاصل شده است (Awad, 2010a). مقایسه این اطلاعات و درصد میوه‌نشینی گزارش شده برای این ارقام می‌تواند برخی تفاوت‌ها در محاسبه میزان میوه‌نشینی و تفاوت مقادیر حاصل در این آزمون و مقادیر گزارش شده را آشکار نماید. با این وجود به نظر می‌رسد که کماکان پتانسیل‌های قابل توجهی برای استفاده از روش محلول‌پاشی در گرده‌افشانی این رقم تجاری وجود دارد. با مشاهده روند داده‌ها می‌توان حداقل غلظت ۲ گرم در لیتر را به عنوان غلظتی امیدبخش برای کاربرد این روش، به ویژه در شرایط عدم امکان اجرای کامل گرده‌افشانی به روش سنتی در گرده‌افشانی خرماي رقم سمران پیشنهاد نمود.

نتایج آزمایش محلول‌پاشی در گرده‌افشانی خرماي رقم برچی، پتانسیل استفاده از غلظت‌های مورد آزمون را به چالش می‌کشد. نگاه دقیق‌تر به نتایج تفکیکی میوه‌نشینی در دو سال مختلف کماکان نشان از وجود روند کلی افزایش میوه‌نشینی با افزایش میزان غلظت گرده نیز دارد (Awad, 2010b). اما تفاوت‌ها میان میوه‌نشینی حاصل در بالاترین میزان غلظت مورد استفاده در آزمون با میزان میوه‌نشینی حاصل در روش سنتی کماکان قابل توجه است (Abu-Zahra & Shatnawi, 2019). این امر بدین معنی است که غلظت مناسب برای استفاده از این روش در گرده‌افشانی رقم برچی احتمالاً فراتر از غلظت مناسب برای گرده‌افشانی رقم سمران است. این تفاوت با واقعیت‌ها و نیازهای گرده‌افشانی این دو رقم نیز مطابقت دارد به گونه‌ای که میزان گرده مورد نیاز برای حصول گرده‌افشانی مطمئن در رقم برچی گاه‌ها دو برابر مقدار گرده مورد استفاده در گرده‌افشانی رقم سمران و حتی بیشتر توصیه می‌شود (Mostaan & Ahmadizadeh, 2020). از این‌رو به نظر می‌رسد حداقل غلظت گرده به منظور گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی گرده برای رقم برچی در محدوده‌های بالاتر از ۲ گرم گرده در لیتر باشد. بر این اساس امکان نتیجه‌گیری قطعی به منظور توصیه گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی در این سطح از غلظت‌های مورد آزمون امکان‌پذیر نیست.

باید یادآور شد که غلظت‌های مورد استفاده در این آزمون در حدود کم و بسیار کم و در محدوده توصیه شده روش‌های گرده‌افشانی با گرده خشک انتخاب شده‌اند و با توجه به استفاده گرده در غلظت‌های بالا در محصولات مانند پسته (Karimi & Zeraatkar, 2016) به میزان ۱ درصد (معادل ۱۰ گرم در لیتر) بوده، کماکان پتانسیل افزایش غلظت گرده در چنین روشی برای نخل خرما نیز وجود دارد.

نتیجه‌گیری

با وجود تفاوت‌های آماری معنی‌دار، به دلیل مشاهده روندهای امیدبخش در دستیابی به میزان میوه‌نشینی مطلوب در مقایسه با روش‌های سنتی، نتایج این تحقیق امکان استفاده از گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی برای حرکت به سمت توسعه روش‌های مکانیزه در تولید خرما را به اثبات رساند. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به رفتار متفاوت دو رقم خرماي سمران و برچی و نیاز کمتر رقم سمران به گرده برای گرده‌افشانی موفق، می‌توان با افزودن میزان غلظت گرده تا ۲ گرم در لیتر، گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی را به عنوان روشی پشتیبان برای شرایط بروز محدودیت از نظر کمبود زمان و نیروی کارگر برای گرده‌افشانی نخل خرما توصیه نمود. چنین محدودیت‌هایی در صورت کمبود کارگر، تغییرات شدید دمایی و اختلال در باز شدن اسپات نخل‌های ماده همواره در نخیلات کشور محتمل می‌باشند و استفاده از محلول‌پاشی گرده می‌تواند در مدیریت گرده‌افشانی خرماي رقم سمران موثر واقع گردد. در مقابل توصیه این روش برای گرده‌افشانی خرماي رقم برچی به دلیل نیاز به گرده بیشتر در این رقم و نیز سایر حساسیت‌های این رقم به سایر عوامل از جمله دوره محدود پذیرش گرده توسط گل‌های ماده، نیازمند آزمایش‌های تکمیلی با غلظت‌های بیشتر و انتخاب الگوی مدیریت زمانی متفاوت برای انجام عملیات گرده‌افشانی می‌باشد.

پیشنهادها

یافته‌های این تحقیق، نخستین اطلاعات موجود در زمینه کاربرد روش محلول‌پاشی برای گرده‌افشانی خرما، ارقام تجاری برخی و سمران در کشور به شمار می‌آید و بهره‌گیری از مزایای آن نیازمند تحقیقات تکمیلی به منظور حصول به نتایج دقیق‌تر است. بر این اساس و نظر به نتایج این آزمایش انجام فعالیت‌های تکمیلی زیر پیشنهاد می‌گردد:

- آزمون پایلوت گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی با غلظت ۲ گرم در لیتر برای رقم سمران و سایر ارقام مشابه از نظر حساسیت به میزان گرده به منظور آزمون پایداری روش و قابلیت استفاده آن توسط نخلداران.
- ارزیابی کارایی فنی و اقتصادی غلظت‌های بالای گرده به منظور گرده‌افشانی خرما، رقم برخی.
- بررسی امکان کاربرد بهبود دهنده‌های رشد دانه گرده در زمان گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی به منظور بهبود میوه‌نشینی و کاهش میزان گرده مصرفی.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

فهرست منابع

- معاونت آمار مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات. (۱۴۰۳). آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۲، جلد سوم: محصولات باغبانی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی.
- اعطاء، ماشاءاله. (۱۳۶۴). تحقیقاتی پیرامون گرده‌افشانی نخل در عراق. کرج.
- اعطاء، ماشاءاله. (۱۳۶۵). تحلیل نکاتی چند درباره گرده‌افشانی نخل خرما. کرج.
- اعطاء، ماشاءاله. (۱۳۶۷). تعیین بهترین تراکم میزان گرده نر غنمی برای تلقیح خوشه ماده خرما، استعمران. اهواز.
- مستعان، احمد. (۱۳۹۲). دستورالعمل فنی شماره ۴۳۸۹۲: استخراج و نگهداری گرده نخل خرما. پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری. ۱۴ ص.
- مرکز آمار ایران. (۱۴۰۳). مقدار تولید محصولات دائمی کشور بر حسب محصول. قابل دستیابی از طریق شبکه جهانی اینترنت: <https://amar.org.ir/Portals/0/Statistics/2701z140611401-14030620145828.xls>.
- Abu-Zahra, T. R., & Shatnawi, M. A. (2019). New pollination technique in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. "Barhee" and "Medjol" under Jordan valley conditions. *Amer. Eur. J. Agric. Environ. Sci*, 19(1), 37–42.
- Alexander, D. B. W. (1952). A method of pollinating dates. *Date Grower's Institute Annual Report*, 29: 20.
- Alotaibi, K. D., Alharbi, H. A., Yaish, M. W., Ahmed, I., Alharbi, S. A., Alotaibi, F., & Kuzyakov, Y. (2023) Date palm cultivation: A review of soil and environmental conditions and future challenges. *Land Degrad Dev*, 34: 2431–2444.
- Alyafei, M. A. S., Dakheel, A. Almoosa, M., & Ahmed, Z. F. R. (2022). Innovative and Effective Spray Method for Artificial Pollination of Date Palm Using Drone. *HortScience*, 57(10), 1298–1305. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16739-22>.
- Al-Rawi, O. M. A. (1988). Date palm pollinator. Google Patents.
- Ata, S., Shahbaz, B., Khan, I., & Iftikhar, M. (2014). Role of date palm in livelihoods of farmers of marginal areas: a case study of South Punjab, *Pakistan. J Agric Res* 52:453–462.
- Awad, M. A. (2010a). Pollination of date palm (*Phoenix dactylifera* L. 'Lulu') with pollen grains water suspension. In G. A. A. A. Zaid (Ed.), IV International Date Palm Conference 882: 337–343. Abu Dhabi, United Arab Emirates: ISHS.
- Awad, M. A. (2010b). Pollination of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Khenazy by pollen grain-water suspension spray. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(3&4): 313–317.
- Cohen, Y. and Glasner, B. (2015). Date palm status and perspective in Israel. (in) Al-Khayri, J. M., Jain, S. M., Johnson, D. V. (ed) Date palm Genetic Resources and Utilization: Asia and Europe, Volume 2, 1st ed., Springer: New York, NY, USA, pp. 265-298.
- DSCSICT (Deputy of Statistics of the Center for Statistics, Information and Communication Technology). (2024). Agricultural Statistics of 2023, Volume 3: Horticultural Products. Information and Communication Technology Center of the Deputy of Planning and Economics of the Ministry of Jihad of Agriculture. (in persian)
- Eeta, M. (1985). *Date palm pollination research in Iraq*. Plant & Seed Registration and Certification Institute, Karaj, Tehran. (in persian)

- Eeta, M. (1986). Analysis of some points about date palm pollination. Karaj, Iran. (in persian)
- Eeta, M. (1988). Determination of the best pollen density of male pollen for inoculation of female colonized date clusters. Plant & Seed Registration and Certification Institute, Karaj, Tehran. (in persian)
- FAOSTAT. (2024). Dates production data. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Fernández-López, J., Viuda-Martos, M., Sayas-Barberá, E., Navarro-Rodríguez de Vere, C., & Pérez-Álvarez J. Á. (2022). Biological, Nutritive, Functional and Healthy Potential of Date Palm Fruit (*Phoenix dactylifera* L.): Current Research and Future Prospects. *Agronomy*, 12: 876.
- Furr, J. R., and Enriquez, V. M. (1966). Germination of date pollen in culture media. *Date Growers' Institute Annual Report*, 43: 24–27.
- Haffar, I. (1999a). Contribution of several duster parameters to performance in mechanical date palm pollen delivery. *Applied Engineering in Agriculture*, 15(1): 7–10.
- Haffar, I. (1999b). Design and performance testing of a micro-duster for date palm pollination. *Applied Engineering in Agriculture*, 15(4): 267–271.
- Hopping, M. E., and Simpson, L. M. (1982). Supplementary pollination of tree fruits. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 25(2): 245–250.
- Karimi, H. R., Mohammadi, N., Estaji, A., & Esmaeilzadeh, M. (2017). Effect of supplementary pollination using enriched pollen suspension with Zn on fruit set and fruit quality of pistachio. *Scientia Horticulturae*, 216, 272–277.
- Karimi, H. R., & Zeraatkar, H. (2016). Effects of Artificial Pollination Using Pollen Suspension Spray on Nut and Kernel Quality of Pistachio Cultivar Owhadi. *International Journal of Fruit Science*, 16(2), 171–181.
- Lim, K. H., & Lee, S. H. (2013). Effect of sodium chloride, PGDO and Arabic gum in pollen liquid diluent on suspensibility of kiwi pollen. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 86(1): 133–137.
- Loghavi, M. (1993). Development of a mechanical date pollinator. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 24(4): 27–32.
- Mostaan, A. (2013). Technical Instruction No. 43892: Extraction and Preservation of Palm Pollen. Date Palm and Tropical Fruits Research Institute. 14 p. (in persian)
- Mostaan, A. (2016). Framework to develop the mechanisation of date palm cultivation. *Biosystems Engineering*, 147, 26–38.
- Mostaan, A. (2012). Mechanization in Date Palm Pollination. In A. Manickavasagan, M. M. Essa, & E. Sukumar (Eds.), *Dates: Production, Processing, Food, and Medicinal Values* (pp. 129–140). CRC Press.
- Mostaan, A. & Ahmadizadeh, S. (2020). Pollination Technology in Date Palm Cultivation. In B. Bolduc (Ed.), *Date Palm: Composition, Cultivation and Uses* (pp. 89–114). Nova Press.
- Mostaan, A., Latifian, M., Torahi, A., Amani, M., Mohebi, A., & Alihour, M. (2017). Technical Guide for Planting, Maintaining, and Harvesting Dates, 1st ed. Agricultural Education Publishing, Tehran. (in persian)
- Mostaan, A., Marashi, S. & Ahmadizadeh, S. (2010). Development of a new date palm pollinator. *Acta Horticulturae*, 882: 315–320.
- Munir, M. (2020). Influence of liquid pollination technique on fruit yield and physicochemical characteristics of date palm cultivars Khadrawy and Zahidi. *Journal of Applied Horticulture*, 1(22): 12–17.
- Obaidi, R. A. (2001). Lightweight date palm pollinator powered by low voltage motors. In Abstracts of the second international conference on date palm (p. 127). AlAin, United Arab Emirates: PubHort.
- Rehna, V. J., & Inamdar, M. N. (2022). Impact of Autonomous Drone Pollination in Date Palms. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 5(4): 297–305.
- Sakamoto, D., Hayama, H., Ito, A., Kashimura, Y., Moriguchi, T., & Nakamura, Y. (2009). Spray pollination as a labor-saving pollination system in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* (Burm.f.) Nakai): Development of the suspension medium. *Scientia Horticulturae*, 119(3): 280–285.
- SCI (Statistical Center of Iran). (2024). The amount of production of permanent products of the country by product. Online available at: <https://amar.org.ir/Portals/0/Statistics/2701z140611401-14030620145828.xls>.
- Shivanna, K. R. (2015). Management of Pollination Services to Enhance Crop Productivity. In *Plant Biology and Biotechnology* (pp. 697–711). New Delhi: Springer India.
- Yano, T., Miyata, N., & Matsumoto, H. (2007). The use of liquid pollen extender thickened with polysaccharides for artificial pollination of kiwifruit. *Acta Horticulturae*, (753): 415–424.
- Yost, L. J. (1957). Pollinator for fruit trees. USA: 2802302.
- Zaid, A., and De Wet, P. F. (2002). Pollination and bunch management. In A. Zaid (Ed.), *Date palm cultivation* (2nd ed., Vol. 156: 144–158). Rome, Italy: Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- Zaid A, de Wet PF, (2002) Botanical and systematic description of the date palm. In A. Zaid (Ed.), *Date palm cultivation* (2nd ed., Vol. 156: 1–14). Rome, Italy: Food and Agricultural Organization of the United Nations.

Extended Abstract

Introduction

Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) is a key horticultural crop in Iran. According to the Agricultural Statistics Yearbook (2023), it ranks third in area and fifth in production among horticultural crops. Beyond employment and food security, date production significantly contributes to Iran's GDP, excluding oil revenues. Pollination is essential for date production, with annual costs accounting for about 7% of farmers' gross income. Mechanizing pollination can reduce costs by over 52%, equivalent to 3.5% of the total income. Availability of mechanization tools is crucial for achieving such efficiency. Dry pollen application has been researched for over six decades as a cost-saving mechanization method. Various pollinators have been developed, and recent studies on mechanized pollination of trees like kiwi and pistachio have focused on pollen spraying. This method reduces pollen loss and prolongs pollen presence on inflorescences, making it a viable alternative for date palm pollination. This study aims to evaluate the feasibility of this method for commercial date palm cultivars of Saomrun and Barhee.

Materials and Methods

This study assessed the feasibility of spray pollination for Saomrun and Barhee date palms in Khuzestan province over two years. A completely randomized design was used with four treatments: three pollen concentrations (0.25 g/L, 0.50 g/L, 1.00 g/L) and traditional hand pollination as a control, each with five replications. The study was conducted on 20 Saomrun and 20 Barhee palms at Om-Altomer Research Station. Male pollen grains of Ghannamy cultivar used, extracted and stored according to national guidelines. A calibrated, rechargeable back-pack sprayer with a conical nozzle ensured uniform application. Data collection involved measuring fruit set by analyzing clusters and assessing pollination efficacy through pollinated flowers, parthenocarpic fruits, and drop rates. Yield was determined by the weight of four bunches per tree at harvest. The SAS software was used for data analysis, with treatment effects evaluated using LSD at a 5% error level.

Results and Discussion

The analysis of variance for Saomrun and Barhee date fruit set, parthenocarpy, fruit drop, and yield showed significant treatment effects on all traits at a 1% error level, with no significant yearly effects for Saomrun. For Saomrun dates, the fruit set increased with higher pollen concentrations, reaching a maximum of 45.79% at 1.00 g/L pollen concentration, while the highest was observed with traditional pollination. The highest fruit set achieved at 1.00 g/L for Saomrun was consistent across both years. Parthenocarpic fruit formation was minimal but significantly different between spray and traditional methods, with traditional pollination resulting in no parthenocarpic fruits. Fruit drop was highest at lower pollen concentrations and lowest in traditional pollination, showing an inverse relationship with fruit set. Yield was highest in the control group, averaging 4.74 kg per cluster, and lowest at the lowest pollen concentration. For Barhee dates, treatment effects were significant for fruit set, parthenocarpy, and yield at 1%, and for fruit drop at 5%. Increased pollen concentration did not significantly affect Barhee fruit set, with the highest set in the control at 50.59%. Parthenocarpic fruit formation was notable across all treatments except the control, reducing the coefficient of variation for this trait. The highest fruit drop was at the lowest pollen concentration, decreasing with higher concentrations and nearing traditional pollination levels. Yield was highest in the control group at 7.78 kg per cluster, with significant differences among the treatments. The results indicate that artificial pollination is crucial for economic date production. For Saomrun, increased pollen concentration with the spray method shows potential, aligning with previous findings for Lulu and Khenizi dates. For Barhee, higher pollen concentrations may be necessary, as indicated by existing research, suggesting further investigation into spray pollination efficiency for this variety. The study highlights the need for optimized pollen concentrations to enhance pollination efficiency and yield, with significant implications for commercial date palm cultivation. Further research is warranted to explore the benefits of higher pollen concentrations and potential modifications to current pollination practices for both Saomrun and Barhee dates.

Conclusion

In conclusion, given the differing behaviors of the two cultivars and the lower pollen requirement of Saomrun for successful pollination, increasing the pollen concentration up to 2 g/L could make spray pollination a viable backup method during time and workers shortage situations. Such shortages, including extreme temperature changes and disruptions in female spathe opening are potential issues in palm groves across the country. Spray pollination can be an effective method for managing the pollination of Saomrun dates under these conditions. Conversely, recommending this method for Barhee dates is more complex due to their higher pollen requirement and other sensitivities, such as the limited pollen acceptance period of female flowers. Therefore, additional trials with higher pollen concentrations and different timing strategies are necessary for Barhee dates. This approach could mitigate potential shortages during pollination and improve efficiency and fruit set quality. Further research should explore these variables to optimize pollination methods for both Saomrun and Barhee date palm cultivars under varying environmental and logistical conditions.

Author Contributions

Conceptualization, A. Mostaan; Methodology, A. Mostaan; Project administration, A. Mostaan; Validation, A. Mostaan; writing, review, and final editing of the manuscript, A. Mostaan. Software, S. S. Marashi; Data curation, S. S. Marashi; Formal analysis, A. Mostaan; Writing the original draft of the manuscript, A. Mostaan.

Data Availability Statement

The datasets generated during and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Acknowledgements

The authors thank Ms. Sara Ahmadizadeh and Mr. Seyed Naser Mousavi for their cooperation in the laboratory's affairs.

Ethical considerations

This work is not related to experimental animals or specific human diseases that requires publication and approval of publication ethics.