



Feasibility of Mechanized Date Palm Pollination Using Pollen Suspension

Ahmad Mostaan^{1✉} , Seyyed Samih Marashi² 

1. Corresponding Author, Horticultural Science Research Institute, Date Palm and Tropical Fruits Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran. E-mail: a.mostaan@areeo.ac.ir
2. Horticultural Science Research Institute, Date Palm and Tropical Fruits Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran. E-mail: s.marashi@areeo.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	This study evaluated the feasibility of mechanized spray pollination using pollen suspension in two commercially important date palm (<i>Phoenix dactylifera</i> L.) cultivars, Saomrun and Barhee, grown in Khuzestan Province, Iran. The experiment included three pollen suspension concentrations (0.25, 0.50, and 1.00 g L⁻¹) and conventional hand pollination as the control, with five replicates per treatment. For both cultivars, fruit set and yield increased significantly with increasing pollen suspension concentration. However, even at the highest concentration tested (1.00 g L⁻¹), both parameters remained lower than those achieved by conventional hand pollination. In the Saomrun cultivar, the highest fruit set (45.8%) and yield (3.99 kg cluster⁻¹) were obtained with the 1.00 g L⁻¹ pollen suspension, compared with 55.8% and 4.74 kg cluster⁻¹, respectively, under hand pollination. Similarly, in the Barhee cultivar, the highest fruit set (32.7%) and yield (3.49 kg cluster⁻¹) were recorded at 1.00 g L⁻¹, whereas conventional hand pollination resulted in 50.6% fruit set and 7.78 kg cluster⁻¹. Parthenocarpic fruit formation and fruit drop also varied significantly among treatments, demonstrating that pollen suspension concentration had a marked influence on pollination efficiency and subsequent fruit development. Overall, the results indicate that mechanized spray pollination using pollen suspension is a promising alternative to conventional hand pollination. In the Saomrun cultivar, the highest pollen suspension concentration tested produced acceptable fruit set and yield, suggesting that this technique could serve as a practical backup pollination method under conditions of labor shortages or limited availability of skilled pollinators. In contrast, the relatively poor performance observed in the Barhee cultivar indicates that further research is required to optimize pollen suspension concentration and application protocols before this technique can be recommended for commercial application. Future studies should also evaluate the effects of spray equipment, carrier formulation, spray volume, and application timing to further improve pollination efficiency and fruit production.
Article history: Received: 3 December 2024 Received in revised form: 14 March 2025 Accepted: 28 April 2025 Published online: Autumn 2025	
Keywords: <i>Phoenix dactylifera</i> L., fruit set, mechanized pollination, pollen suspension, spray pollination.	

Cite this article: Mostaan, A. & Marashi, S. S. (2025). Feasibility of Mechanized Date Palm Pollination Using Pollen Suspension. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 56 (3), 469-488. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.386402.2234>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.386402.2234>

Publisher: The University of Tehran Press.

Extended Abstract

Introduction

Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) is one of the most important horticultural crops in Iran. According to the **Agricultural Statistics Yearbook (2023)**, it ranks third in cultivated area and fifth in production among the country's horticultural crops. Beyond its contribution to employment and food security, date production represents an important component of Iran's non-oil agricultural economy. Pollination is an essential cultural practice in date palm cultivation, with pollination costs accounting for approximately 7% of growers' gross income. Mechanization of this operation has the potential to reduce pollination costs by more than 52%, corresponding to approximately 3.5% of total farm income.

The successful implementation of mechanized pollination depends largely on the availability of efficient pollination equipment and application methods. Dry pollen application has been investigated for more than six decades as a cost-effective mechanized alternative to conventional hand pollination, leading to the development of various pollination devices. More recently, mechanized spray pollination using pollen suspensions has attracted increasing attention in fruit crops such as kiwifruit and pistachio because it reduces pollen loss and prolongs pollen retention on receptive flowers. These advantages suggest that pollen suspension may provide a practical alternative for date palm pollination. Therefore, the present study evaluated the feasibility of mechanized spray pollination using pollen suspension in two commercially important date palm cultivars, Saomrun and Barhee.

Materials and Methods

The feasibility of mechanized spray pollination was evaluated over two consecutive growing seasons using Saomrun and Barhee date palms grown at the Om-Altomer Research Station in Khuzestan Province, Iran. The experiment was arranged in a completely randomized design with four treatments consisting of three pollen suspension concentrations (0.25, 0.50, and 1.00 g L⁻¹) and conventional hand pollination as the control, each replicated five times. Twenty palms of each cultivar were included in the experiment.

Pollen grains were collected from the male cultivar Ghannamy, processed, and stored according to the national technical guidelines for date palm pollination. A calibrated rechargeable backpack sprayer equipped with a conical nozzle was used to ensure uniform application of the pollen suspension.

Fruit set was determined by counting pollinated flowers and retained fruits on representative strands. Pollination efficiency was evaluated based on fruit set, parthenocarpic fruit formation, and fruit drop. Yield was determined as the average weight of four harvested bunches per palm. Data were analyzed using SAS software, and treatment means were compared using the least significant difference (LSD) test at the 5% probability level.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that pollination treatments significantly affected fruit set, parthenocarpic fruit formation, fruit drop, and yield in both cultivars. For Saomrun, treatment effects were significant at the 1% probability level, whereas year had no significant effect on any measured trait.

In Saomrun, fruit set increased progressively with increasing pollen suspension concentration, reaching **45.79%** at **1.00 g L⁻¹**, although conventional hand pollination still produced the highest fruit set (**55.8%**). Similar trends were observed for yield, with the highest value among spray treatments (**3.99 kg cluster⁻¹**) obtained at **1.00 g L⁻¹**, compared with **4.74 kg cluster⁻¹** under hand pollination. Parthenocarpic fruit formation remained low but differed significantly among treatments, whereas no parthenocarpic fruits were observed following conventional hand pollination. Fruit drop showed an inverse relationship with fruit set, being highest at the lowest pollen concentration and lowest under conventional hand pollination.

For Barhee, pollination treatment significantly affected fruit set, parthenocarpy, and yield at the 1% probability level and fruit drop at the 5% probability level. Unlike Saomrun, increasing pollen suspension concentration did not significantly improve fruit set, which remained substantially lower than that achieved with conventional hand pollination. The highest fruit set (**50.59%**) and yield (**7.78 kg cluster⁻¹**) were obtained in the control treatment. Parthenocarpic fruit formation was observed in all spray treatments but was absent in the control. Fruit drop decreased as pollen concentration increased, approaching the level observed under conventional hand pollination.

These findings confirm that adequate pollination is essential for profitable date production. The positive response of Saomrun to increasing pollen concentration is consistent with previous reports for other cultivars, including Lulu and Khenizi. In contrast, the weaker response of Barhee suggests that higher pollen concentrations or modifications to the spray application method may be required to achieve satisfactory pollination. Collectively, the results highlight the importance of optimizing pollen concentration and application techniques to improve the efficiency of mechanized spray pollination in commercial date production.

Conclusion

The two cultivars differed markedly in their response to mechanized spray pollination. Owing to its relatively low pollen requirement, Saomrun responded favorably to increasing pollen concentration, suggesting that concentrations of up to 2.0 g L^{-1} should be evaluated in future studies. Under such conditions, spray pollination could serve as a practical backup method during periods of labor shortages or when unfavorable weather conditions disrupt the timely opening of female spathes.

In contrast, Barhee exhibited a higher pollen requirement and appeared more sensitive to factors affecting pollination success, including the relatively short receptive period of female flowers. Consequently, additional studies are needed to evaluate higher pollen concentrations together with different application timings and spraying strategies before mechanized spray pollination can be recommended for commercial production of this cultivar.

Overall, mechanized spray pollination using pollen suspension represents a promising alternative to conventional hand pollination for date palm. Further optimization of pollen concentration, carrier formulation, spray equipment, application timing, and spray volume will be essential for maximizing pollination efficiency and fruit yield under commercial production 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.

Conflict of interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

بررسی امکان انجام گرده افشانی مکانیزه در خرما به روش سوسپانسیون گرده

احمد مستعان^۱ | سیدسمیح مرعشی^۲

۱. نویسنده مسئول، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده خرما و میوه های گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. رایانامه:

a.mostaan@areeo.ac.ir

۲. مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده خرما و میوه های گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. رایانامه:

s.marashi@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	این تحقیق به منظور امکان سنجی گرده افشانی نخل های خرما ی تجاری سعمران و برخی در استان خوزستان به روش محلول پاشی انجام شد. تیمارها شامل سه غلظت گرده (۰/۵، ۰/۱ و ۱/۰۰ گرم در لیتر) و گرده افشانی سنتی به عنوان شاهد بود که در پنج تکرار آزمون شدند. نتایج نشان داد که در هر دو رقم سعمران و برخی، کمترین میزان میوه نشینی و عملکرد در کمترین غلظت گرده و بیشترین میزان در گرده افشانی سنتی به دست آمد. افزایش غلظت گرده منجر به افزایش میوه نشینی و عملکرد شد. با این حال، در بالاترین غلظت های گرده آزمایش شده، این شاخص ها کمتر از مقادیر حاصله در گرده افشانی سنتی بودند. برای رقم سعمران، بیشترین میزان میوه نشینی و عملکرد در غلظت ۱/۰۰ گرم در لیتر گرده به ترتیب ۴۵/۸٪ و ۳/۹۹ کیلوگرم در هر خوشه بود و در گرده افشانی سنتی این مقادیر به ترتیب ۵۵/۸ درصد و ۴/۷۴ کیلوگرم در هر خوشه بودند. برای رقم برخی، بیشترین میزان میوه نشینی و عملکرد در غلظت ۱/۰۰ گرم در لیتر به ترتیب ۳۲/۷ درصد و ۳/۴۹ کیلوگرم در هر خوشه بود و در گرده افشانی سنتی این مقادیر به ترتیب ۵۰/۶ درصد و ۷/۷۸ کیلوگرم در هر خوشه بودند. همچنین تفاوت های معنی داری بین تیمارها از نظر تشکیل میوه پارتنوکارپ و نرخ ریزش میوه ها مشاهده شد. بر اساس نتایج حاصل، می توان نتیجه گیری کرد که در گرده افشانی به روش محلول پاشی، میزان میوه نشینی قابل قبول، با اندکی افزایش در غلظت گرده تا دو گرم در لیتر حاصل می شود و این روش می تواند به عنوان یک روش پشتیبان برای گرده افشانی خرما ی رقم سعمران در شرایط محدودیت زمان و دسترسی به کارگران گرده افشان مورد استفاده قرار گیرد. تحقیقات بیشتری برای تعیین غلظت بهینه گرده افشانی رقم برخی به روش محلول پاشی پیشنهاد می شود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۳	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۲۴	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۸	
تاریخ انتشار: پاییز ۱۴۰۴	
کلیدواژه ها:	
تلقیح، خرما، سوسپانسیون، گرده افشانی مکانیزه، میوه نشینی.	

استناد: مستعان، احمد و مرعشی، سیدسمیح (۱۴۰۴). بررسی امکان انجام گرده افشانی مکانیزه در خرما به روش سوسپانسیون گرده. نشریه علوم باغبانی ایران،

۵۶ (۳)، ۴۶۹-۴۸۸. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.386402.2234>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.386402.2234>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

خرما به عنوان محصولی با ارزش غذایی بالا و کارکرد زیست محیطی بهینه، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، 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 آب و هوایی و معیشت پایدار کشاورزان، باعث گسترش کشت آن در جهان شده است. سطح زیرکشت خرما در یک دهه اخیر هجده درصد رشد داشته و تولید آن در سال ۲۰۲۲ به بیش از ۹۰۷۴ 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 زیرکشت 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). کشت بیش از چهارصد رقم خرما در کشور گزارش شده که در مقایسه با حدود سه هزار رقم خرما موجود در جهان (Zaid & DeWet, 2002a)، گنجینه‌ای ارزشمند برای کشور به شمار می‌آید. ارقام *سمران*^۱ و *برحی*^۲ از جمله مهم‌ترین ارقام تجاری هستند که از جایگاه مهمی در سبد ارقام خرما در کشور برخوردارند. *سمران*، از مهم‌ترین ارقام صادراتی کشور است که بیش از هفتاد درصد از سطح زیرکشت خرما در استان خوزستان را تشکیل می‌دهد. خرما *برحی* نیز از ارقام تجاری جهانی است که به دلیل تقاضای بالا، کشت و کار آن در دو دهه گذشته در اکثر نقاط کشور در حال افزایش است (Mostaan et al., 2017).

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

پیشینه پژوهش

گرده افشانی پیش نیاز 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 گرده افشانی مصنوعی است، اهمیتی آشکار دارد. روش سنتی رایج گرده افشانی خرما شامل قراردادی واژگون سه تا پنج خوشه‌چه نر در میان خوشه‌های ماده است که نیازمند صعود از نخل و تکرار عملیات تا سه نوبت برای هر نخل است (Eeta, 1986). در این روش، برای تأمین گرده مورد نیاز، معمولاً به‌ازای هر صد نخل ماده سه الی پنج نخل نر خوب و یا بیشتر نیز در نخلستان در نظر گرفته می‌شود (Eeta, 1988). این روش‌ها پرهزینه و زمان‌بر بوده 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 گرده افشانی تحقیقات دامنه‌داری صورت پذیرد (Mostaan, 2012).

اولین طرح گرده افشان مکانیکی در سال ۱۹۵۲ گزارش شده که طی آن، زمان انجام عملیات برای گرده افشان یک نخلستان به مساحت تقریبی ۰/۸ هکتار را به میزان چشم‌گیری، از دو روز به یک‌ونیم ساعت کاهش داد (Alexander, 1952). در همین

1. *Phoenix dactylifera* L. 'Saomrun'

۲. خرما *سمران* با نام‌های دیگری از جمله *استعمران* نیز شناخته می‌شود و به منظور یکسان‌سازی، نام *سمران* به عنوان نام مورد تأیید پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری کشور در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است.

3. *Phoenix dactylifera* L. 'Barhee'

راستا، گردهافشان دیگری در سال ۱۹۵۷ ساخته شده 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 به تنهایی روشی مطمئن جهت تولید اقتصادی خرما نیست؛ علاوه بر آن، مصرف گرده در این روش زیاد بوده و با توجه به منابع محدود گرده، توجیه پذیر نمی باشد و می تواند منجر به میوه نشینی ضعیف گردد (Eeta, 1985; Eeta, 1988; Cohen & Glasner, 2015).

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

گردهافشانی 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 مزرعه ای یکی از دستگاه های گردهافشان ساخته شده در کشور در تلقیح خرما ی رقم شاهانی نشان داد که تشکیل میوه با استفاده از آن مشابه و یا حتی بهتر از روش دستی است (Loghavi, 1993). وجود انواع گردهافشان های تراکتوری نیز گزارش شده است. کارایی پایین این دستگاه ها به ویژه در گردهافشانی نخل های بلند، سنگینی آن ها و نیاز به حمل شدن توسط کارگر با تراکتور از معایب آن ها و از جمله دلایل عدم استقبال کشاورزان از آن ها به شمار می آید (Zaid and DeWet, 2002b; Obaidi, 2001).

با توجه به گزارش کاهش قوه نامیه گرده در لوله های بلند گردهافشان های مکانیکی (Haffar, 1999a)، گردهافشان های دیگری بر اساس کاهش طول لوله انتقال گرده طراحی و ساخته شده اند (Haffar, 1999a; Obaidi, 2001; Al-Rawi, 1998; Mostaan et al., 2010). نتایج مزرعه ای کاربرد این نوع گردهافشان ها نشان داد که این دستگاه ها سبب هشتاد درصد صرفه جویی در مصرف گرده و کاهش چهل درصد در زمان انجام عملیات می شود (Mostaan et al., 2010)؛ امری که سبب می شود نسبت نخل نر به ماده در نخیلات مدرن به حدود یک به پنجاه (دو درصد) کاهش یابد (Awad, 2010a).

طی بیش از شش دهه گذشته، گردهافشان های مبتنی بر پاشش گرده خشک مختلفی طراحی و ساخته شده اند و با توجه به موفقیت های اخیر، به عنوان یک روند در فازهای تکاملی می باشند. با وجود این، روند تحقیقات گردهافشانی مکانیزه برخی درختان از جمله کیوی و پسته که در دهه اخیر در جریان است، بر مبنای محلول پاشی گرده استوار بوده. چنین روشی با توجه به امکان دستیابی سریع تر به ابزار گردهافشان در این روش با تکیه بر طراحی پایه سم پاش های موجود و همچنین با در نظر داشتن برخی مزایای این روش از جمله کاهش هدررفت گرده در اثر بادبردگی و حضور گرده به مدت بیشتر در محدوده گل آذین، از این روش می توان به عنوان گزینه ای جایگزین برای سایر روش های گردهافشانی نخل خرما استفاده نمود.

در کیوی، گردهافشانی 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 انجام شده، افزودن کلرید سدیم^۲ در محلول گرده در بهبود حالت سوسپانسیون و ارتقای رشد گرده کیوی مؤثر بوده است. گرده کیوی را می توان بدون صدمه به جوانه زنی آن در غلظت های اندک پلی گلیکولید-کو-پی-دیوزانون^۳ که به نام

1. *Phoenix dactylifera* L. 'Shahani'

2. Suspension

3. Sodium chloride (NaCl)

4. poly(glycolide-co-p-dioxanone) PGDO

سورفکتانت ایمن^۱ نیز شناخته می شود، به صورت سوسپانسیون درآورد. افزودن صمغ عربی^۲ در پایداری محلول گرده بدون ایجاد آلودگی در رشد گرده نیز بسیار مؤثر است. میوه کیوی با استفاده از گرده افشانی مصنوعی با این محلول های گرده به خوبی تشکیل یافته و رشد نموده اند. از این رو کاربرد محلول گرده در گرده افشانی مصنوعی کیوی مؤثر است (Lim and Lee, 2013). در پسته اثر محلول های پاششی گرده با ۰/۰۱ و ۰/۰۲ درصد بوریک اسید^۳ در ترکیب با یک درصد (وزن به حجم) گرده روی کیفیت دانه و مغز پسته رقم اوحدی^۴ مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس نتایج محلول شامل آگار، ۰/۰۱ درصد بوریک اسید و یک 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 می توان در سال های آور پسته به منظور کنترل سال آوری و افزایش کیفیت محصول مورد استفاده قرار داد (Karimi & Zeraatkar, 2016).

نتایج تحقیقات تکمیلی گرده افشانی پسته به روش محلول پاشی در سال ۲۰۱۷ نشان داد که غنی سازی محلول گرده با عنصر روی^۵ باعث افزایش وزن تر و خشک محصول پسته شده و از این رو، در شرایط محدودیت گرده افشانی، محلول پاشی سوسپانسیون گرده غنی شده با عنصر روی به عنوان گرده افشانی تکمیلی می تواند باعث بهبود عملکرد و افزایش کیفیت میوه شود (Karimi et al., 2017).

در گرده افشانی محلول هلو، محلول ده درصد ساکارز^۶ در آب و یک عامل رطوبت ساز استفاده شده است. با وجود این، روش مذکور منجر به میوه نشینی ضعیف شد. افزودن صمغ زانتان^۷، گونه ای از پلی ساکاریدها^۸ و آنزیم های شکستن پکتین^۹ همچون پکتین متیل آستراز^{۱۰} و پلی گالاکتروناز^{۱۱} به ماده محلول گرده، برای گرده افشانی گلابی ژاپنی^{۱۲} نیز موفق بوده است (Sakamoto et al., 2009).

در تحقیقی که در سال های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ برای گرده افشانی خرما^{۱۳} رقم لولو^{۱۴} انجام شده غلظت های نیم، یک و یک و نیم گرم در لیتر گرده مورد استفاده قرار گرفت. میوه نشینی در غلظت های کم به زیاد به ترتیب ۷۵/۶، ۸۶/۸ و ۸۷/۸ درصد بوده که در مقایسه با شاهد (نود درصد) اندکی کاهش داشت. در مقابل، خصوصیات کیفی میوه ارتقای قابل ملاحظه ای یافت. نتیجه آن بود که این تحقیق، پیش گامانه بوده و تعیین بهترین غلظت گرده در گرده افشانی محلول برای ارقام مختلف لازم است (Awad, 2010a). چنین تحقیقی در خصوص رقم خنیزی^{۱۵} نیز انجام شده است که نتایج حاکی از آن است که میوه نشینی به صورت معنی داری بیش تر از گرده افشانی سنتی بود. این میزان به ویژه در غلظت های یک و نیم یا دو گرم گرده در لیتر آب نسبت به غلظت نیم گرم در لیتر بیشتر بوده است. در این آزمایش ها، میزان پاشش محلول گرده برای هر گل آذین ماده صد سی سی بوده

1. Safe surfactant

2. Gum arabic

3. Boric acid

4. *Pistacia vera* L. 'Ohadi'

5. Zinc (Zn)

6. Sucrose

7. Xanthan gum

8. Polysaccharides

9. Pectin

1 . Pectin methylesterase (PME) 0

1 . Polygalacturonase (PG) 1

1 . Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* (Burm. f.) Nakai)

1 . *Phoenix dactylifera* L. 'Lulu' 3

1 . *Phoenix dactylifera* L. 'Khuneizi'

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 به‌روش محلول‌پاشی گرده در خصوص دو رقم مجول و برحی گزارش شده است. نتایج این تحقیقات نشان داده است که در هر دو رقم، میزان میوه‌نشینی حتی با غلظت چهار گرم در لیتر گرده نیز کمتر از روش سنتی بوده است (Abu-Zahra & Shatnawi, 2019)؛ این درحالیست که رقم مجول به‌عنوان رقمی با نیاز به گرده بسیار اندک شناخته می‌شود (Mostaan et al., 2017).

گرده‌افشانی به‌روش محلول‌پاشی برای ارقام زاهدی و خضراوی نیز با غلظت چهار گرم در لیتر مورد آزمون قرار گرفته و این میزان گرده منجر به میوه‌نشینی زیاد شده و از این‌رو غلظت سه 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 بهینه میان کیفیت مناسب میوه و میزان مصرف گرده دست یافت. براین‌اساس، این پروژه با هدف بررسی امکان گرده‌افشانی ارقام تجاری خرماي سعمران و برحی به‌روش محلول‌پاشی در غلظت‌های متوسط تا کم ۰/۲۵، نیم و یک گرم گرده در لیتر آب‌مقطر و بررسی امکان تأمین میوه‌نشینی مطلوب با مصرف مقادیر کم گرده انجام گردید.

روش‌شناسی پژوهش

کلیات آزمایش

این تحقیق به‌منظور امکان‌سنجی گرده‌افشانی نخل خرماي ارقام تجاری استان خوزستان به‌روش محلول‌پاشی به‌صورت دو آزمایش مجزا روی دو رقم خرماي سعمران و برحی در استان خوزستان در دو سال متوالی (۱۳۹۹ و ۱۴۰۰) تکرار شد. تیمارهای موردآزمون 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) به‌عنوان شاهد می‌باشند که در قالب طرح کاملاً تصادفی و در پنج تکرار موردآزمون قرار گرفت. در این آزمون، هر نخل به‌عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد.

مواد آزمایش

- عرصه تحقیقاتی شامل بیست عدد نخل خرماي متمر رقم سعمران و بیست عدد نخل خرماي متمر رقم برحی در کلکسیون خرماي پژوهشکده واقع در ایستگاه تحقیقاتی ام‌التیمیر از توابع شهرستان اهواز می‌باشد. نخل‌های موردآزمایش در یک قطعه بوده و تحت یک نوع مراقبت قرار داشتند. با توجه به جوان بودن نخل‌ها و به‌منظور کنترل خطا، نخل‌های جوان با سن تقریبی هشت تا ده ساله و با صفات رشدی مشابه انتخاب شدند.
- گرده: به‌منظور گرده‌افشانی از یک نوع گرده نر رقم غنامی فصل استفاده شد. استخراج و نگهداری گرده بر اساس دستورالعمل فنی شماره ۴۳۸۹۲ مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور انجام شد (Mostaan, 2013).

1. *Phoenix dactylifera* L. 'Medjool'
2. *Phoenix dactylifera* L. 'Zahedi'
3. *Phoenix dactylifera* L. 'Khadrawy'

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 نه به یک (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 یک 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 صد 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 40Kg WehHeng با دقت ده گرم استفاده گردید.

روش های آزمون

ابتدا نخلستان به منظور تعیین مناسب ترین نقطه اجرای آزمایش پایش 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 پایش شد. با مشاهده اسپات های باز شده، هر اسپات در مدت ۴۸ ساعت اولیه باز شدن با صد 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 غنامی^۱ در یک نوبت انجام گردید.

اندازه گیری ها

اندازه گیری میوه نشینی: به منظور اندازه گیری میوه نشینی در انتهای مرحله حبابوک و در ابتدای مرحله کیمری تعداد چهار عدد خوشه به صورت تصادفی در چهار جهت نخل انتخاب و از هر خوشه تعداد شش 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^۲ 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 چهار 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

1. *Phoenix dactylifera* L. 'Ghanami'

2. Parthenocarpic fruits

داده‌های آزمایش پس از تهیه و پردازش اولیه، به منظور بررسی اثرات تیمارهای آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها به منظور بررسی اختلاف میان تیمارها و نتیجه‌گیری درخصوص امکان‌سنجی کاربرد محلول پاشی برای گرده‌افشانی ارقام تجاری خرمای سعمران و برخی و یافتن غلظت مناسب احتمالی با استفاده از آزمون LSD و در سطح خطای آماری پنج درصد انجام شد.

یافته‌های پژوهش

الف - رقم سعمران

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

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس داده‌های صفات میوه‌نشینی خرمای رقم سعمران

منابع	درجه	میوه‌نشینی	پارتنوکاری	ریزش	عملکرد
تیمار	۳	۱۶۵۰/۲۸۶۲**	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 یک درصد و عدم معنی‌دار بودن است.

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

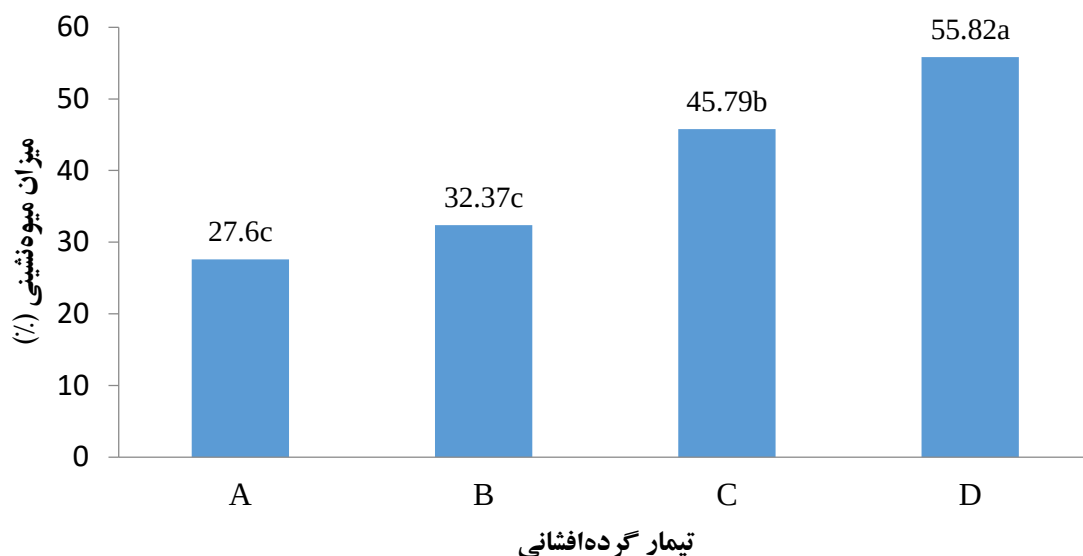
تیمار	میوه‌نشینی (%)	پارتنوکاری (%)	ریزش (%)	عملکرد (کیلوگرم برای ۴ خوشه)
A	۲۷/۶۰ c	۰/۳۴ a	۷۲/۰۶ a	۱۰/۸۵۷ c
B	۳۲/۳۷ c	۰/۵۳ a	۶۷/۱۱ a	۱۴/۵۱۰ b
C	۴۵/۷۹ b	۰/۳۸ a	۵۳/۸۳ b	۱۵/۹۴۲ b
D	۵۵/۸۲ a	۰/۰۰ b	۴۴/۱۸ c	۱۸/۹۶۱ a
حداقل اختلاف معنی‌دار	۵/۱۵۳	۰/۲۸۸	۵/۰۹۶	۱/۵۲۳

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 پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

میوه‌نشینی

مقایسه میانگین میوه‌نشینی در دو سال آزمایش در نمودار شکل ۱ نشان می‌دهد که میزان میوه‌نشینی در خرمای 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

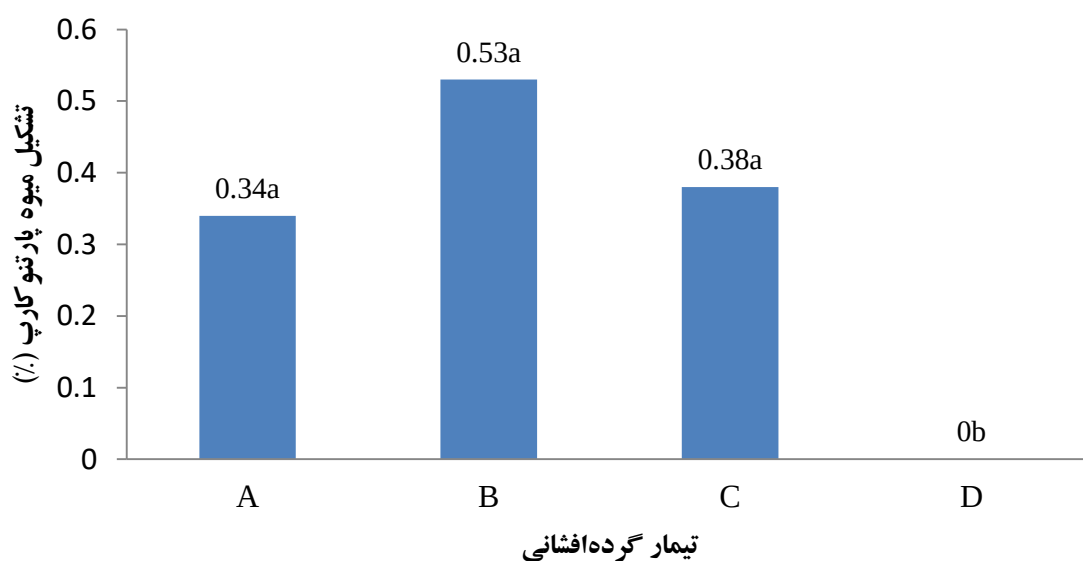
است. باوجود این، اختلافات آماری تیمارها نشان می‌دهد که بیشترین میوه‌نشینی به روش محلول‌پاشی در بالاترین غلظت مورد استفاده، یعنی ۱/۰ گرم در لیتر حاصل شده است.



شکل ۱. میانگین میوه‌نشینی خرماي رقم سمران 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.

پارتنوکاری

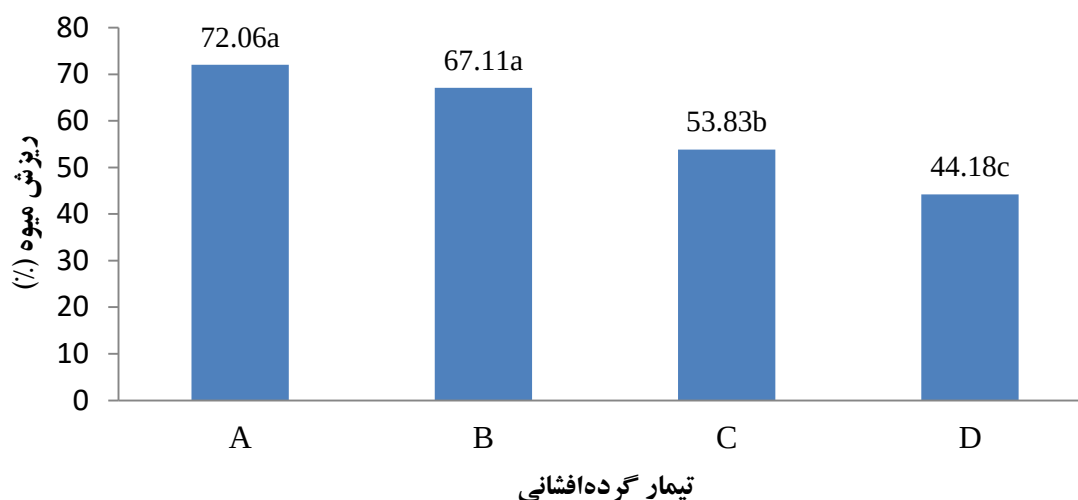
مقایسه میانگین تشکیل میوه پارتنوکارپ در دو سال آزمایش در نمودار شکل ۲ نشان می‌دهد که اگرچه میزان تشکیل میوه پارتنوکارپ رقم سمران در تمامی تیمارها بسیار اندک است، (این مقادیر اندک در مقایسه با محدوده تغییرات صفر تا صد درصد، سبب نمایش بزرگ ضریب تغییرات شده) اختلاف آماری معنی‌داری میان تشکیل میوه پارتنوکارپ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



شکل ۲. میانگین تشکیل میوه پارتنوکارپ خرماي رقم سمران 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

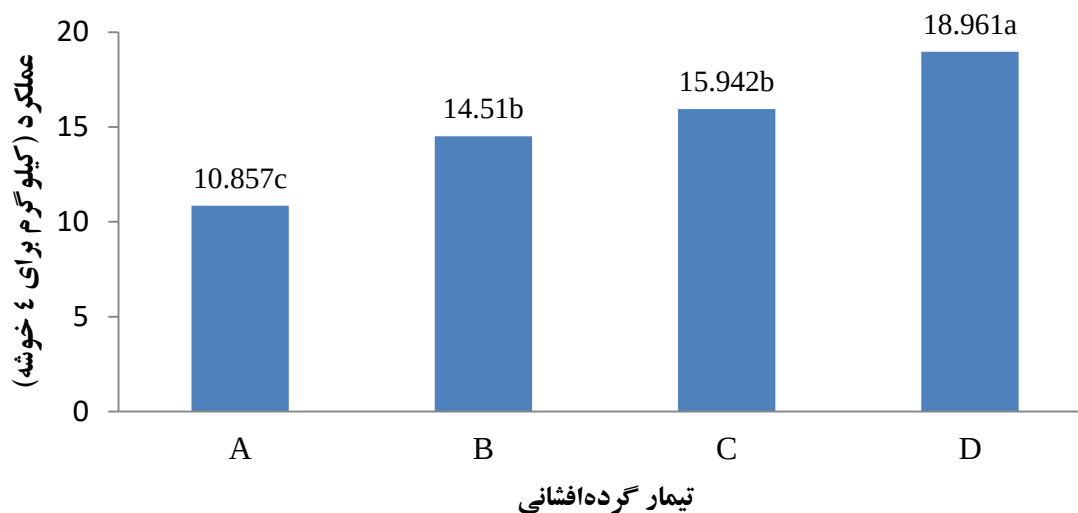
مقایسه میانگین ریزش میوه در دو سال آزمایش در نمودار شکل نشان می‌دهد که بیشترین میزان ریزش میوه رقم سمران در دو غلظت پایین محلول پاشی گرده حاصل شده و در بیشترین میزان غلظت گرده، مقدار ریزش میوه کاهش یافته است. کمترین میزان ریزش میوه نیز در تیمار گردهافشانی به روش سنتی حاصل شده است. با توجه به مقادیر اندک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



شکل ۳. میانگین ریزش میوه خرماي رقم سمران 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.

عملکرد

مقایسه میانگین عملکرد میوه در دو سال آزمایش در نمودار شکل نشان می‌دهد که کمترین میزان تولید خرماي رقم سمران مربوط به کمترین غلظت گرده می‌باشد. بیشترین عملکرد نیز در تیمار گردهافشانی 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 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.

ب- رقم برچی

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

جدول می‌باشد. نتایج حاصل در خصوص هر صفت به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس داده‌های صفات میوه‌نشینی خرماي رقم برچی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		میوه‌نشینی	پارتوکاری	ریزش
تیمار	۳	۱۱۴۰/۲۳۱۴**	۶۱۳/۷۴۴۲**	۱۹۷/۴۴۲۲*
سال	۱	۵۴۰/۸۸۶۷*	۰/۲۹۰۷ ns	۵۱۶/۳۸۶۰**
تیمار × سال	۳	۵۲/۳۴۳۳ ns	۳۹/۸۸۷۲ ns	۲/۵۴۴۶ ns
خطا	۳۲	۷۸/۹۲۲۰	۵۳/۹۶۸۴	۵۶/۸۰۳۵
ضریب تغییرات (%)		۲۵/۴۴	۵۵/۶۹	۱۴/۵۳

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

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

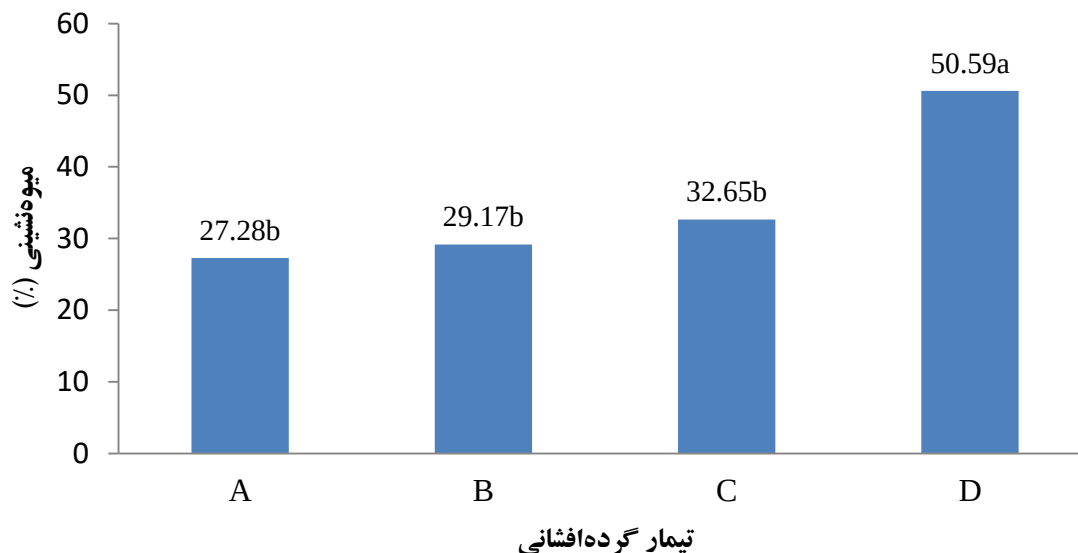
تیمار	میوه‌نشینی (%)			پارتوکاری (%)			ریزش (%)			عملکرد (کیلوگرم برای ۴ خوشه)		
	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین	سال اول	سال دوم	میانگین
A	۲۷/۶ b	۲۶/۹ b	۲۷/۳ b	۱۴/۷۴ a	۵۵/۰ a	۶۱/۰ a	۵۷/۹۹ a	۷/۷۳ d	۹/۹۲ b	۸/۸۳ c		
B	۳۴/۵ b	۲۳/۸ b	۲۹/۲ b	۱۸/۷۴ a	۴۸/۷ ab	۵۵/۵ a	۵۲/۱ 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		
D	۵۴/۶ a	۴۶/۶ a	۵۰/۶ a	۱/۷۱ b	۴۳/۶ b	۵۱/۸ a	۴۷/۷۰ b	۳۱/۹۱ a	۳۰/۳۱ a	۳۱/۱۱ a		
حداقل اختلاف معنی‌دار	۱۲/۲۶	۱۱/۵۵	۸/۰۹	۶/۶۹	۸/۶۸	۱۱/۳۵	۶/۸۶۶	۲/۷۰۴	۵/۵۹۶	۲/۹۸۶		

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 پنج درصد اختلافی با یکدیگر ندارند.

میوه‌نشینی

مقایسه میانگین میوه‌نشینی در دو سال آزمایش در نمودار شکل ۳ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت گرده در محدوده‌های انتخابی، افزایش معنی‌داری در میزان میوه‌نشینی خرماي رقم برچی حاصل نشده و هر سه میزان غلظت گرده از نظر آماری منجر به میوه‌نشینی برابری شده‌اند. کمترین میزان میوه‌نشینی خرماي رقم برچی به میزان ۲۷/۲۸ درصد میوه‌نشینی در کمترین میزان غلظت گرده (۰/۲۵ گرم در لیتر) و بیشترین میزان میوه‌نشینی در تیمار شاهد (گرده‌افشانی به روش سنتی) به میزان ۵۰/۵۹ درصد حاصل شده است. علی‌رغم نبود اختلافات آماری در میزان میوه‌نشینی در غلظت‌های مختلف گرده، افزایش اندکی در متوسط میزان میوه‌نشینی با افزایش میزان غلظت گرده در همین جدول قابل مشاهده است. نتایج هر دو سال آزمایش در

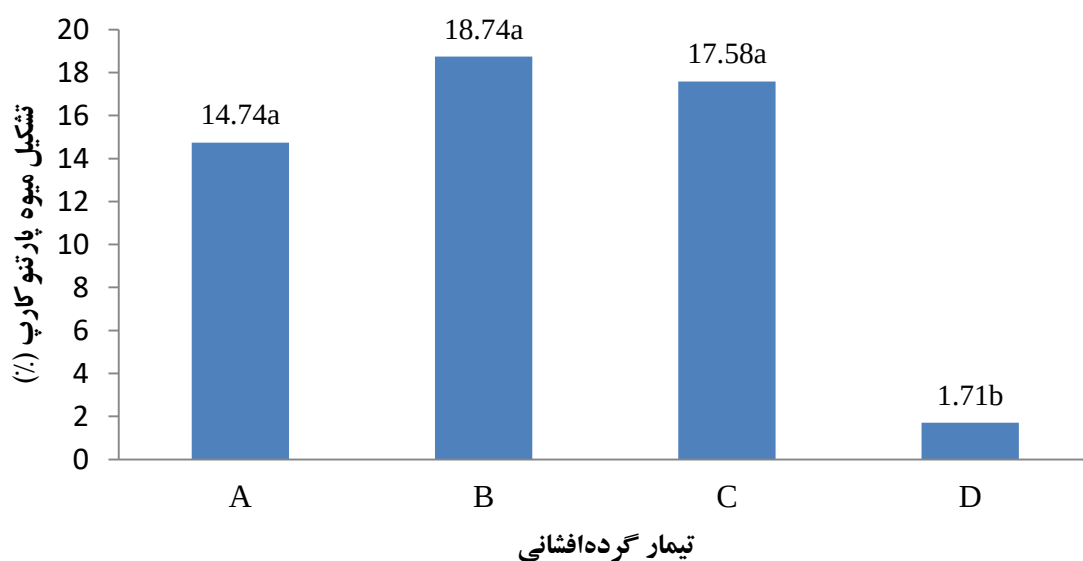
جدول نیز نشان می‌دهد که باوجود اختلاف قابل‌توجه در میوه‌نشینی حاصل از محلول‌پاشی و گرده‌افشانی به‌روش سنتی در هر دو سال آزمایش و علی‌رغم نبود اختلاف آماری میان میوه‌نشینی در هر دو سال آزمون، اثر افزایش غلظت گرده بر افزایش میوه‌نشینی در رقم برخی در سال نخست مشهودتر بوده است.



شکل ۳. میانگین میوه‌نشینی خرمای رقم برخی تحت تیمارهای گرده‌افشانی در دو سال آزمایش. تیمارها عبارتند از: A، B و C غلظت گرده به‌ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر و D گرده‌افشانی به‌روش سنتی.

پارتنوکاری

مقایسه میانگین پارتنوکاری در دو سال آزمایش در نمودار شکل ۴ نشان می‌دهد که برخلاف رقم سحرمان، میزان تشکیل میوه پارتنوکارپ در خرمای رقم برخی به‌جز تیمار گرده‌افشانی به‌روش سنتی، در تمامی تیمارها قابل‌توجه است. همچنین بالا بودن این مقادیر در محدوده تغییرات صفر تا صد درصد در مقایسه با رقم سحرمان، سبب کاهش محسوسی در ضریب تغییرات برای این شاخص شده است. اختلاف آماری معنی‌داری میان تشکیل میوه پارتنوکارپ در تیمارهای گرده‌افشانی به‌روش محلول‌پاشی و تیمار گرده‌افشانی به‌روش سنتی وجود دارد. بر اساس این نمودار، تشکیل میوه پارتنوکارپ در تیمارهای محلول‌پاشی گرده در محدوده غلظت انتخابی برای رقم برخی قطعی است.

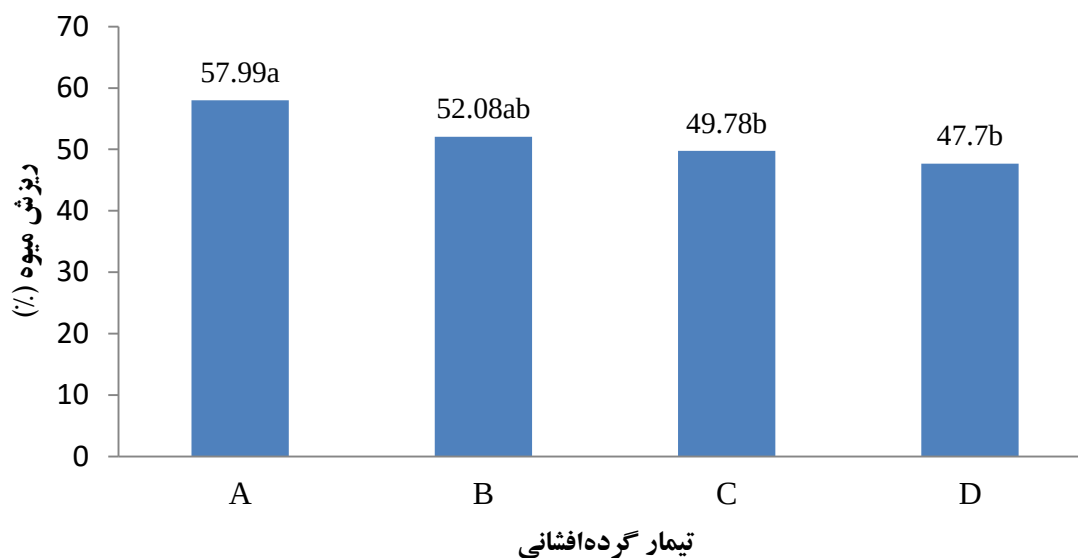


شکل ۴. میانگین تشکیل میوه پارتنوکارپ خرما بر رقم برخی تحت تیمارهای گرده افشانی در دو سال آزمایش. تیمارها عبارتند از: A، B و C غلظت گرده به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر و D گرده افشانی به روش سنتی.

ریزش میوه

مقایسه میانگین ریزش میوه در دو سال آزمایش در نمودار شکل ۵ نشان می‌دهد که بیشترین میزان ریزش میوه خرما بر رقم برخی در پایین‌ترین غلظت محلول پاشی گرده حاصل شده 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 ۵ مشاهده می‌شود که صرف‌نظر از اختلافات آماری، میزان ریزش میوه خرما بر رقم برخی با افزایش غلظت گرده در محلول گرده افشانی روبه‌کاهش و نزدیک به محدوده گرده افشانی سنتی بود. همچنین نتایج

جدول حاکی از آن است 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 قابل مشاهده است.

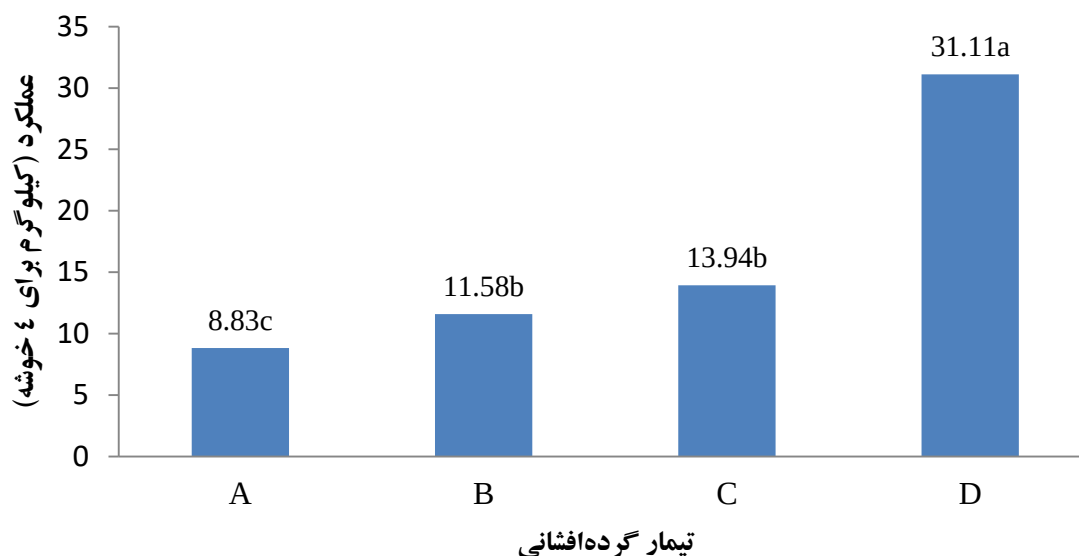


شکل ۵. میانگین ریزش میوه خرماي رقم برحي تحت تیمارهای گرده افشانی در دو سال آزمایش. تیمارها عبارتند از: A، B و C غلظت گرده به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱/۰۰ گرم گرده در لیتر و D گرده افشانی به روش سنتی.

عملکرد

مقایسه میانگین عملکرد در دو سال آزمایش در نمودار شکل نشان می دهد که کمترین میزان تولید خرماي رقم برحي مربوط به کمترین غلظت گرده می باشد. بیشترین عملکرد نیز در تیمار گرده افشانی به روش سنتی حاصل شده است. عملکرد حاصل در غلظت های میانی و بالای گرده افشانی نیز با اختلاف آماری معنی دار، در میان این دو قرار دارد. در تیمار گرده افشانی به روش سنتی، متوسط وزن محصول هر خوشه رقم برحي حدود ۷/۷۷۸ کیلوگرم بوده است. نتایج عملکرد در دو سال آزمون در

جدول نیز نشان می دهد که در سال دوم آزمون، باوجود روندی عددی افزایشی عملکرد، اما این میزان به گونه ای نامحسوس بوده که عملکرد حاصل از تمامی غلظت های گرده، برخلاف سال نخست در یک گروه قرار گرفته است. همچنین نمودار شکل نشان می دهد که باوجود برتری میزان عملکرد در تیمار گرده افشانی به روش سنتی، با افزایش غلظت کاربرد گرده به میزان یک گرم در لیتر، عملکرد نیز به صورت معنی داری افزایش می یابد.



شکل ۸. میانگین عملکرد خرما بر 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.

بحث

گرده افشانی 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 گرده افشانی ارقام تجاری سعمران و برخی نتایج متفاوتی در این دو رقم داشته است.

نتایج آزمون‌های گرده افشانی به روش محلول‌پاشی روی رقم سعمران نشان داد که بیشترین میزان میوه‌نشینی در رقم سعمران که در غلظت یک 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 وجود این، 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 محلول پاشی وجود دارد. این یافته با نتایج کلی حاصل از گرده افشانی خرما بر رقم لولو، خنیزی، زاهدی و خضراوی به روش محلول‌پاشی گرده (Awad, 2010a; Munir, 2020) مطابقت دارد؛ اگرچه در رقم لولو، در هر دو روش محلول‌پاشی سنتی، متوسط میزان میوه‌نشینی بسیار و فراتر از میانگین‌های مرسوم گزارش شده است (Awad, 2010b).

همان‌گونه که در مورد رقم خنیزی گزارش شد، غلظت‌های تا دو 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 داده‌ها 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. علی‌رغم این، به نظر می‌رسد کماکان ظرفیت‌های قابل توجهی برای استفاده از روش محلول‌پاشی در گرده افشانی این رقم تجاری وجود دارد. با مشاهده روند داده‌ها، می‌توان حداقل غلظت دو گرم در لیتر را به عنوان غلظتی امیدبخش برای کاربرد این روش، به ویژه در شرایط عدم امکان اجرای کامل گرده افشانی به روش سنتی در گرده افشانی خرما بر رقم سعمران پیشنهاد نمود.

نتایج آزمایش محلول‌پاشی در گرده افشانی خرما بر رقم برخی، ظرفیت استفاده از غلظت‌های مورد آزمون را به چالش می‌کشد. نگاه دقیق‌تر به نتایج تفکیکی میوه‌نشینی در دو سال مختلف، همچنان 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 برخی، احتمالاً فراتر از غلظت مناسب برای گرده‌افشانی رقم سممران 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 برخی، گاهی دو برابر مقدار گرده مورد استفاده در گرده‌افشانی رقم سممران و حتی بیشتر توصیه می‌شود (Mostaan & Ahmadizadeh, 2020). از این رو، به نظر می‌رسد حداقل غلظت گرده به منظور گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی گرده برای رقم برخی در محدوده‌های بالاتر از دو گرم گرده در لیتر باشد و بر این اساس، نتیجه‌گیری قطعی جهت توصیه گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی در این سطح از غلظت‌های مورد آزمون امکان‌پذیر نیست.

لازم به ذکر است که غلظت‌های مورد استفاده در این آزمون، در حدود کم، بسیار کم و در محدوده توصیه‌شده روش‌های گرده‌افشانی با گرده خشک انتخاب شده و با توجه به استفاده گرده در غلظت‌های بالا در محصولاتی مانند پسته (Karimi & Zeraatkar, 2016) به میزان یک درصد (معادل ده گرم در لیتر) بوده، لذا همچنان ظرفیت 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 را برای حرکت به سمت توسعه روش‌های مکانیزه در تولید خرما

به اثبات رساند. در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به رفتار متفاوت دو رقم خرمای سممران و برخی، همچنین نیاز کمتر رقم سممران به گرده برای گرده‌افشانی موفق، افزودن میزان غلظت گرده تا دو گرم در لیتر در گرده‌افشانی به روش محلول‌پاشی، به عنوان روشی پشتیبان برای شرایط بروز محدودیت از نظر کمبود زمان و نیروی کارگر برای گرده‌افشانی نخل خرما قابل توصیه است. چنین محدودیت‌هایی در صورت کمبود کارگر، تغییرات شدید دمایی و اختلال در باز شدن اسپات نخل‌های ماده، همواره در نخیلات کشور محتملند و استفاده از محلول‌پاشی گرده می‌تواند در مدیریت گرده‌افشانی خرمای رقم سممران مؤثر واقع گردد. در مقابل، نقطه نظر توصیه این روش برای گرده‌افشانی خرمای رقم برخی 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.

پیشنهاده‌ها

یافته‌های این تحقیق، نخستین اطلاعات موجود در زمینه کاربرد روش محلول‌پاشی برای گرده‌افشانی خرمای ارقام تجاری برخی و سممران در کشور به شمار می‌آید و بهره‌گیری از مزایای آن، نیازمند تحقیقات تکمیلی به منظور حصول 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 دو گرم در لیتر برای رقم سممران و سایر ارقام مشابه از نظر حساسیت به میزان گرده جهت آزمون پایداری روش و قابلیت استفاده آن توسط نخل‌داران.
- ارزیابی کارایی فنی و اقتصادی غلظت‌های بالای گرده به منظور گرده‌افشانی خرمای 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.

منابع

- معاونت آمار مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات. (۱۴۰۳). آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۲، جلد سوم: محصولات باغبانی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات معاونت برنامه ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی.
- اعطاء، ماشاءاله. (۱۳۶۴). تحقیقاتی پیرامون گرده افشانی نخل در عراق. کرج.
- اعطاء، ماشاءاله. (۱۳۶۵). تحلیل نکاتی چند درباره گرده افشانی نخل خرما. کرج.
- اعطاء، ماشاءاله. (۱۳۶۷). تعیین بهترین تراکم میزان گرده نر غنمای برای تلقیح خوشه ماده خرمای استعمران. اهواز.
- مستعان، احمد. (۱۳۹۲). دستورالعمل فنی شماره ۴۳۸۹۲: استخراج و نگهداری گرده نخل خرما. پژوهشکده خرما و میوه های گرمسیری.
- مرکز آمار ایران. (۱۴۰۳). مقدار تولید محصولات دائمی کشور برحسب محصول. <https://amar.org.ir/Portals/0/Statistics/2701z140611401-14030620145828.xls>.

REFERENCES

- 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., & Esmaeilizadeh, 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., & Alihourri, 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.