

مقایسه میزان میوه‌دهی و برخی ویژگی‌های میوه خرماي برخی پاجوشي و

کشت‌بافتی در پاسخ به نوع دانه گرده^۱

Fruiting Rate and Some Fruit Characteristics of Off-Shoot and Tissue Culture Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Barhi in Response to Pollen Grain Type

سارا علوی پور، اسماعیل خالقی^{*}، نوراله معلمی، خسرو مهدیخانلو و عزیز تراهی^۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر نوع گرده (غنامی‌سبز (G)، غنامی‌قرمز (R) و مخلوط غنامی‌سبز و قرمز (GR)) بر میزان میوه‌دهی و برخی ویژگی‌های میوه خرما رقم برخی کشت‌بافتی در مقایسه با خرماي پاجوشي آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. در این پژوهش ۳۶ درخت خرماي ۱۰ ساله (۱۸ درخت خرماي برخی پاجوشي و ۱۸ درخت خرماي کشت بافتی) انتخاب و به‌مدت ۱۸۰ روز مورد بررسی قرار گرفتند. براساس نتایج در مرحله تمار، تیمار GR₀ دارای بیشترین درصد وزن خشک (۵۴/۴۶) و کمترین درصد رطوبت میوه (۴۵/۵۳) بود. کمترین طول (۲۶/۹۹ میلی‌متر)، قطر (۱۸/۷۷ میلی‌متر) و وزن میوه (۶/۹۷ گرم) در مرحله تمار در تیمار R_T به‌دست آمد. میوه‌های GR₀ دارای بیشترین pH (۷/۳۳)، مواد جامد محلول (۵۶/۳۸ درصد)، TSS/TA (۴۴۵/۹۰) و کربوهیدرات (۴۵/۳۳ درصد) بود اما میوه حاصل از تیمار GR_T دارای کمترین pH (۶/۷۲)، مواد جامد محلول (۴۲/۳۵ درصد)، TSS/TA (۲۹۳/۳۵) و کربوهیدرات (۲۴/۳۳ درصد) بود. حداکثر میزان میوه‌دهی (۱۰۰ درصد) و عدم تولید میوه پارتنوکارپ در خرماي پاجوشي گرده‌افشانی‌شده با هر سه نوع تیمار گرده گزارش گردید، در حالی که استفاده از دانه گرده R و GR نسبت به G در این نوع خرما از نظر صفات کمی و کیفی میوه از وضعیت بهتری برخوردار بود. در خرماي کشت‌بافتی استفاده از گرده R سبب میوه‌دهی ۷۹/۱۳ درصد و پارتنوکاری ۲۰/۸۷ درصد در مقایسه با سایر تیمارهای دانه گرده شد.

واژه‌های کلیدی: پارتنوکاری، دانه گرده، گرده‌افشانی، میوه‌دهی، نخل خرما.

مقدمه

خرما با نام علمی *Phoenix dactylifera* L. گیاهی است چندساله، دوپایه که در مناطق شمال آفریقا و خاورمیانه به‌طور گسترده کشت می‌شود (۱۹، ۲۱) و به‌عنوان یک محصول تجاری مهم در صنعت میوه‌کاری ایران نقش به‌سزایی دارد (۱۷). طبق آمار منتشر شده توسط سازمان جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۹ سطح زیر کشت این محصول در ایران ۲۶۸۸۱۱ هکتار و با تولید حدود ۱/۳ میلیون تن در رتبه پنجم تولید محصولات باغبانی می‌باشد (۳).

عملیات داشت در درختان خرما، یکی از مهم‌ترین عملیات گرده‌افشانی می‌باشد به‌گونه‌ای که پژوهش‌ها نشان داده است، رقم گرده‌زا می‌تواند با تاثیر بر بذر (زنیا) و همچنین بر روی میوه (متازنیا) میزان عملکرد و ویژگی‌های کمی و کیفی میوه را

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۴

۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد گروه علوم باغبانی، استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز و استادیار پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری کشور، اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (khaleghi@scu.ac.ir).

تحت‌تأثیر قرار دهد (۱). درباره تأثیر دلنه گرده (زنیا و متازنیا) در درختان مهم و اقتصادی مانند گردو (*Juglans regia* L.) (۱۵)، فندق (*Corylus avellana*) (۱۰) و خرما (*Phoenix dactylifera* L.) (۱) گزارش‌های فراوانی وجود دارد.

رقم برخی به عنوان یکی از مرغوب‌ترین ارقام تجاری نخل خرما می‌باشد که در حال حاضر به دلیل محدودیت ازدیاد از طریق پاجوش به طور گسترده‌ای از طریق کشت‌بافت تولید و تکثیر می‌شود (۲۰). با وجود این، یکی از عوامل اصلی محدودکننده روش کشت‌بافت برای ازدیاد رقم برخی، تولید گیاهان ناهنجار با پدیدگان‌های غیرطبیعی به دلیل تنوع سوماکلونال ایجاد شده توسط تغییرات ژنتیکی و اپی‌ژنتیکی طی فرآیند تولید گیاهچه از طریق رویان‌زایی بدنی است (۷). گزارش‌ها نشان داد که پدیدگان‌هایی با عملکرد پایین میوه، به طور گسترده‌ای در میان خرماهای کشت‌بافتی رقم برخی یافت می‌شود. در چنین نخل‌هایی بیشتر گل‌های سه برچه‌ای به صورت میوه‌چه پارتنوکارپ دارای سه برچه و در موارد شدید، برچه‌های اضافی تشکیل می‌شوند (۱۱). افزون بر این مشخص شده است که گرده ناسازگار و یا گرده‌افشانی غیر مؤثر می‌تواند سبب ایجاد این گونه ناهنجاری‌ها نیز گردد. گزارش شده است که نخل خرماهای پاجوشی رقم برخی گرده‌افشانی شده با دانه‌های گرده رقم خیدری‌آدی^۱ در ویژگی‌های طول میوه، قطر میوه، وزن میوه، حجم میوه، وزن دلنه، وزن گوشت، محتوای آب و کل مواد جامد محلول به‌طور معنی‌داری نسبت به غنای اخترا^۲ در مرحله حبابوک برتری داشتند (۲). در حالی که در مرحله کیمری، نخل خرماهای پاجوشی رقم برخی گرده‌افشانی شده با دانه‌های گرده غنای اخترا در ویژگی‌های مورد مطالعه نظیر طول میوه، قطر میوه، وزن میوه، سفتی میوه و درصد رطوبت میوه بهترین بود. در مرحله خلال نتایج حاکی از آن بود که دانه گرده غنای اخترا موجب افزایش کیفیت و ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی (طول میوه، وزن میوه، وزن گوشت، سفتی میوه، TSS، درصد رطوبت و درصد ماده خشک) میوه رقم کشت‌بافتی خرماهای برخی گردید (۲). در مورد اثر منبع گرده بر درصد تشکیل میوه‌های غیرطبیعی، ویژگی‌های کیفی و زمان رسیدن میوه در درختان حاصل از کشت‌بافت دو رقم خرماهای نبات سیف و برخی گزارش شده است که گرده‌افشانی توسط گرده‌های انتخابی، تشکیل میوه‌های غیرطبیعی در رقم برخی را کاهش داد و بر صفات ظاهری و زمان رسیدن میوه مؤثر بود (۵). پژوهشگران با بررسی ۵ نوع منبع گرده بر میوه‌نشینی طبیعی و صفات کیفی میوه درختان کشت‌بافتی رقم برخی گزارش کردند که میوه‌نشینی به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر نوع گرده قرار گرفت (۱۲). طی پژوهشی اثر گرده ۵ رقم پایه نر را روی میوه‌نشینی و عملکرد کمی و کیفی میوه دو رقم خرماهای داک و زاهدی بررسی و گزارش شد که میزان میوه‌نشینی، ریزش میوه، عملکرد میوه در خوشه و اندازه میوه به طور معنی‌داری تحت‌تأثیر میزان سازگاری ارقام نر و ارقام ماده قرار گرفت (۲۲). مطالعه اثر گرده ۶ رقم پایه نر بر ویژگی‌های کمی و کیفی و رسیدگی میوه خرماهای رقم برخی، نشان داد که منبع گرده به طور معنی‌داری میزان میوه‌نشینی، طول و وزن میوه و بذر و بلوغ میوه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۸).

به طور کلی، در سال‌های اخیر، تولید و کشت گیاهان کشت‌بافتی خرماهای برخی در استان خوزستان رشد چشمگیری داشته است، این در حالی می‌باشد که برخلاف نبود تفاوت بین گیاهان پاجوشی و کشت‌بافتی در مرحله رشد رویشی گیاه، اما تولید میوه‌های چندبرچه‌ای پارتنوکارپ غیرطبیعی موجب کاهش بسیار بالای تولید محصول و عملکرد درخت نخل و موجب نگرانی خرماکاران شده است. از سویی دیگر، این ناهنجاری افزون بر ایران در سایر کشورهای تولیدکننده خرما نیز مشاهده شده است و سبب چالش بزرگ بین کشاورزان در استفاده از گیاهان کشت‌بافتی خرما شده است. به همین جهت، این پژوهش به بررسی اثر رقم گرده‌دهنده بر درصد میوه‌نشینی، پارتنوکاری و ویژگی‌های کمی و کیفی میوه نخل‌های پاجوشی و کشت‌بافتی رقم برخی خرما پرداخته است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و طرح آزمایشی

این پژوهش در نخلستان پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری واقع در ایستگاه ام‌التمیر و آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی (CRBD) با ۳ تکرار انجام شد. ایستگاه ام‌التمیر واقع در ۱۰ کیلومتری اهواز در استان خوزستان با محدوده جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه

شمالی و ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی است. این مطالعه بر روی نخل‌های ماده پاجوشی و کشت‌بافتی رقم برچی (۱۰ ساله) و دانه‌های گرده غنامی سبز و قرمز انجام شد. در این پژوهش برای هر تیمار ۶ نخل (۳ تکرار و به ازای هر تکرار ۲ نخل) انتخاب و به مدت ۱۸۰ روز موردبررسی قرار گرفتند. به منظور بررسی اثر دانه گرده بر میوه‌دهی، از هر نخل ماده ۳ اسپات انتخاب شد. سپس هر یک از ۳ اسپات کاملاً رسیده هر نخل ماده (پاجوشی و کشت‌بافتی) با گرده غنامی سبز، غنامی قرمز و ترکیب مساوی از دانه غنامی سبز + غنامی قرمز در اوایل نیمه دوم فروردین گرده‌افشانی شد. برای این منظور اسپات‌های نر پس از رسیدن دانه‌های گرده (کمی قبل از باز شدن طبیعی اسپات) در اوایل نیمه دوم فروردین از نخل جدا و بلافاصله گرده‌افشانی شدند. سپس به‌منظور ایجاد شرایط ایزوله، اسپات‌های گرده‌افشانی‌شده تا پایان آزمایش در کیسه‌های پارچه‌ای قرار داده شدند. در جدول ۱ به طور اختصار تیمارهای گرده و پایه‌های مادری آورده شده است. شایان ذکر است که درختان خرما در طول آزمایش هر دو هفته یک بار به صورت قطره‌ای آبیاری شدند. نتایج تجزیه خاک محل مورد آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- به طور اختصار تیمارهای نوع گرده و نخل ماده.

Table 1. Abbreviation of pollen type and female date palm treatments.

Female date palm نخل ماده	Pollen type نوع گرده	Abbreviation اختصار
پاجوش Off-shoot (O)	Green Ghanamy (G) غنامی سبز	G _O
	Red Ghanamy (R) غنامی قرمز	R _O
	Green Ghanamy + Red Ghanamy (50:50) (GR)	GR _O
کشت بافت Tissue culture (T)	Green Ghanamy (G) غنامی سبز	G _T
	Red Ghanamy (R) غنامی قرمز	R _T
	Green Ghanamy + Red Ghanamy (50:50) (GR)	GR _T

زنده‌مانی دانه گرده

به منظور اطمینان از زنده‌مانی دانه گرده ارقام غنامی سبز و غنامی قرمز قبل از گرده‌افشانی آزمایش قوه‌نامیه دانه گرده انجام شد. زنده‌مانی دانه گرده با استفاده از روش رنگ‌آمیزی بوسیله افزودن یک قطره استوک‌ارمین (۱٪) به دانه‌های گرده تخمین زده شد. در این روش، دانه‌های گرده زنده به رنگ قرمز، در حالی که دانه‌های گرده غیرزنده به رنگ زرد رنگ‌آمیزی شدند (۲۵).

ابتدا، چهار اسپات برای هر رقم انتخاب شد. دانه‌های گرده جمع‌آوری شده از چهار رشته هر اسپات (که به صورت لام در نظر گرفته شد) با هم مخلوط شدند. سپس چهار لام حاوی ۱۰۰ دانه گرده از هر رقم تهیه و توسط میکروسکوپ نوری (میکروسکوپ Zeiss West Germany 47 30 14) با بزرگنمایی ۱۰× مورد بررسی قرار گرفت.

محاسبه درصد میوه‌دهی و پارتنوکاری

درصد تشکیل میوه‌دهی طبیعی و میوه‌های پارتنوکارپ ۵ هفته پس از گرده‌افشانی محاسبه شد. بدین منظور از هر یک از خوشه‌ها ۵ رشته به طور تصادفی انتخاب و تعداد میوه‌های طبیعی و میوه‌های پارتنوکارپ (میوه‌های تک، دوقلو یا سه قلو) شمارش و ثبت شد. در نهایت، درصد میوه‌های طبیعی زودرس و پارتنوکارپ از طریق فرمول‌های ۱، ۲ و ۳ محاسبه شد (۲۱):

$$(۱) \quad \text{تعداد میوه طبیعی} + \text{تعداد میوه پارتنوکارپ} + \text{تعداد گل روی خوشه} = \text{تعداد گل اولیه}$$

$$(۲) \quad ۱۰۰ \times (\text{تعداد کل گل‌های اولیه} / \text{تعداد میوه‌های طبیعی منفرد}) = \text{درصد میوه‌دهی}$$

$$(۳) \quad ۱۰۰ \times (\text{تعداد کل گل‌های اولیه} / \text{تعداد میوه‌های پارتنوکارپ}) = \text{درصد میوه‌های پارتنوکارپ}$$

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و عناصر موجود در خاک محل مورد آزمایش (عمق: ۰-۳۰ سانتی‌متر).

Table 2. Physico-chemical properties and elements in the soil of the experiment site (depth: 0-30 cm).

پتاسیم قابل جذب (ppm) Absorbable potassium (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm) Absorbable phosphorus (ppm)	نیتروژن کل % Nitrogen	مواد خنثی‌شونده % Neutralizers	هدایت الکتریکی (ms) Electrical conductivity (ms)	اسیدیته گل اشباع Acidity saturation of mud	ماده آلی % Organic matter	کربن آلی % Organic carbon	بافت خاک Texture	رس % Soil	لای % Silt	شن % Sand
131	49	0.11	35	17.2	7.94	1.95	1.13	Silt-loam	27	53	20

اندازه‌گیری ویژگی‌های میوه

برای بررسی ویژگی‌های کمی میوه خرما از هر تکرار تعداد ۱۵ میوه انتخاب و صفات وزن میوه، قطر میوه، طول میوه، نسبت قطر کلاهک به قطر میوه، طول بذر، قطر بذر، درصد رطوبت میوه، درصد وزن خشک میوه در طی مراحل رشد میوه اندازه‌گیری و میانگین آنها محاسبه شد.

ویژگی‌های کمی

طول و عرض میوه و هسته و ضخامت گوشت میوه‌ها پس از برداشت در هر مرحله رشد (حبابوک، کیمری، خلال، رطب، تمار) با کولیس دیجیتالی (مدل INSIZE ساخت کشور چین) اندازه‌گیری و بر حسب میلی‌متر ثبت گردید. جهت اندازه‌گیری وزن تر و خشک میوه، ابتدا گوشت و هسته میوه از یکدیگر جدا و با استفاده از ترازوی دیجیتال آزمایشگاهی (مدل AND-EK3000I، ساخت کشور ژاپن) بر حسب گرم وزن شد. سپس، برای اندازه‌گیری وزن خشک، گوشت میوه به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و مجدد وزن گردید.

برای اندازه‌گیری درصد رطوبت و ماده خشک میوه، از هر تکرار ۱۰ گرم از گوشت میوه وزن شد. نمونه‌ها درون آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند و با توجه به وزن نمونه قبل و بعد از خشک نمودن، از طریق فرمول‌های ۴ و ۵، درصد رطوبت میوه و درصد ماده خشک محاسبه گردید (۲۱):

$$\text{درصد رطوبت میوه} = ((W_1 - W_2) / W_1) \times 100 \quad (4)$$

$$\text{درصد ماده خشک میوه} = (W_2 / W_1) \times 100 \quad (5)$$

W_1 = وزن نمونه قبل از خشک کردن، W_2 = وزن نمونه پس از خشک کردن

ویژگی‌های کیفی

در مرحله تمار، به منظور ارزیابی صفات pH، مواد جامد محلول کل (TSS) و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) میوه خرما، ابتدا ۵ گرم گوشت میوه وزن شد و با افزودن ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر در هاون چینی همگن شد. سپس، به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (Model K280R, Centurion Scientific LTD, USA) شد (۲۲). در نهایت روشناور به دست‌آمده جهت اندازه‌گیری pH، مواد جامد محلول کل (TSS) و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) استفاده شد. جهت اندازه‌گیری pH از دستگاه pH متر دستی (مدل W3B، شرکت SAGEM، ساخت کشور فرانسه) استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل عصاره میوه از دستگاه رفاکتومتر دستی (مدل A-PAL-1، شرکت ATAGO، ساخت کشور ژاپن) استفاده شد. برای این کار ابتدا دستگاه با آب مقطر کالیبره و سپس چند قطره عصاره میوه بر روی صفحه شیشه‌ای رفاکتومتر ریخته شد و به صورت درجه بریکس گزارش گردید (۲۲). درصد اسیدیته قابل تیتراسیون نیز با استفاده از روش تیتراسیون با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۰۱ نرمال تا زمان رسیدن به pH ۸/۱ صورت گرفت. بدین منظور قبل از شروع تیتراسیون چند قطره معرف فنل فتالین به عصاره میوه اضافه شد. نتایج به صورت میلی‌گرم مالیک‌اسید در ۱۰۰ گرم خرما گزارش شد (۲۲). اندازه‌گیری قندهای محلول کل با استفاده از روش Irigoyen و همکاران (۱۸) انجام شد.

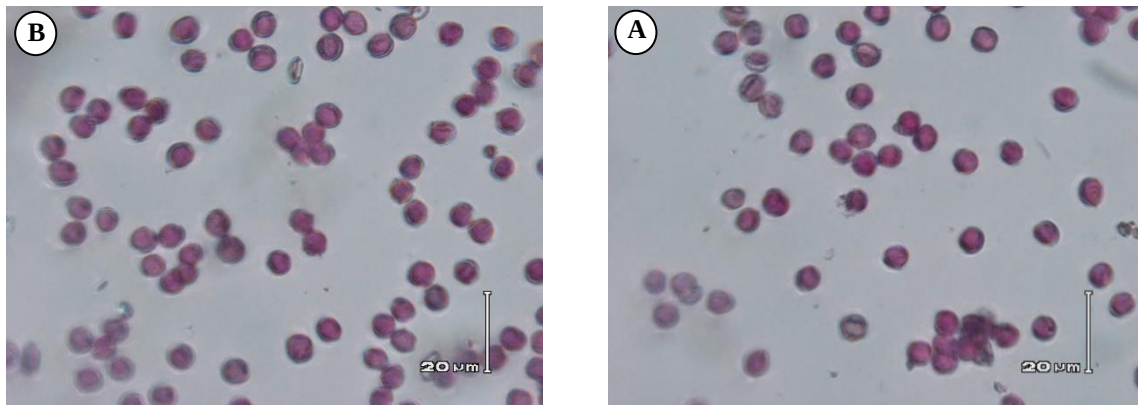
واکاوی آماری

آزمون نرمالیت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS Ver. 21.0 بررسی شد. تجزیه و تحلیل واریانس با روش GLM با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.3 انجام شد. جهت مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون‌های دامنه چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد ($P \leq 0.05$).

نتایج

زنده‌مانی دانه گرده

نتایج آزمون زنده‌مانی دانه گرده ارقام غنمی سبز (G) و غنمی قرمز (R) در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج جدول ۳ نیز میزان زنده‌مانی دانه‌های گرده ارقام غنمی سبز و غنمی قرمز را به ترتیب ۹۶/۷۵ و ۹۵/۲۵ درصد نشان داد. به طور کلی، نتایج بیانگر قوه نامیه بالای دانه گرده در هر دو رقم گرده‌زا می‌باشد.



شکل ۱- آزمایش زنده‌مانی دانه گرده ارقام غنمی سبز (A) و غنمی قرمز (B) از طریق رنگ‌آمیزی. تصاویر با بزرگنمایی $10\times$
 Fig 1. Pollen grain survival test of Green Ghanamy (A) and Red Ghanamy (B) cultivars by staining capacity.
 Pictures were taken at $10\times$ magnification

جدول ۳- درصد زنده‌مانی دانه گرده. نتایج براساس میانگین و خطای استاندارد ($\pm SE$) است.
 Table 3. Pollen grain viability percentage Results indicate mean and standard error ($\pm SE$).

غنمی سبز Green Ghanamy	غنمی قرمز Red Ghanamy
96.75 ± 0.70	95.25 ± 0.65

ویژگی های کمی میوه

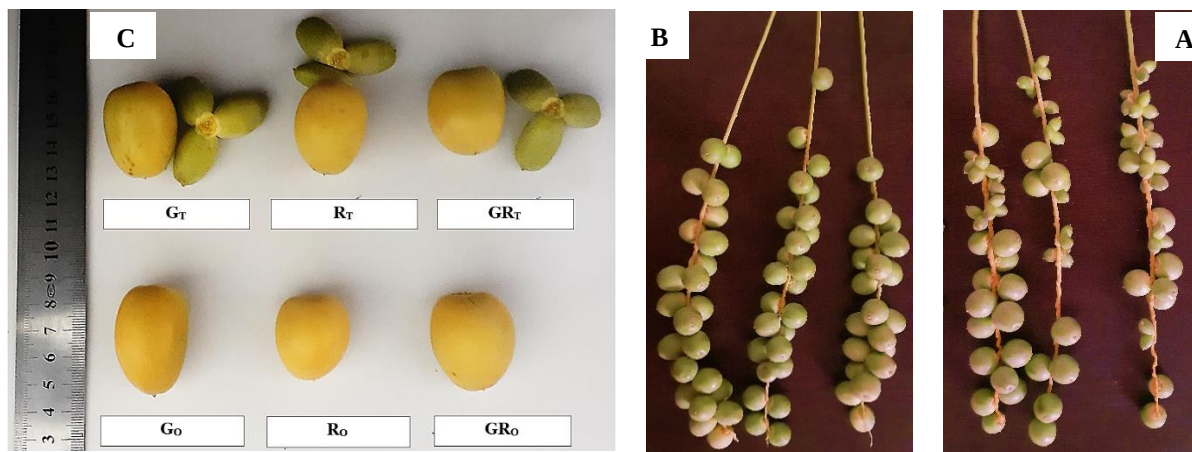
قطر میوه

برهمکنش نوع گرده و نوع نخل رقم بر روی قطر میوه در طی مراحل رشد میوه معنی‌دار بود (شکل ۲، شکل A۳). در مرحله حبابوک و کیمری، قطر میوه نخل پاجوشی گرده‌افشانی شده با تمام گرده‌ها (G_O ، R_O و GR_O) به‌طور معنی‌داری بیشتر از نخل کشت‌بافتی (G_T ، R_T و GR_T) بود (شکل A۳). میانگین قطر میوه در هر دو نخل ماده پاجوشی و کشت‌بافتی گرده‌افشانی شده با گرده‌های G ، R و GR در طول رشد میوه به‌طور قابل‌توجهی از مرحله حبابوک تا رطب افزایش یافت (شکل A۳). سپس قطر میوه در مرحله رشد تمار در تیمار G_O ($23/11$ میلی‌متر)، R_O ($25/35$ میلی‌متر)، GR_O ($23/35$ میلی‌متر) و GR_T ($24/65$ میلی‌متر) افزایش یافت، اما در تیمار G_T ($18/77$ میلی‌متر) و R_T ($23/24$ میلی‌متر) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با توجه به نتایج، بیشترین قطر میوه در مرحله تمار در تیمارهای G_O ، R_O ، GR_O ، G_T و GR_T به‌دست آمد و به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از قطر میوه در تیمار G_T ($18/77$ میلی‌متر) بود (شکل A۳).

طول میوه

نتایج شکل ۲ و شکل B۳ نشان داد که طول میوه خرما رقم بر روی تحت‌تأثیر اثر برهمکنش نوع گرده و نوع نخل خرما رقم بر روی در مراحل رشد میوه قرار گرفت. به‌گونه‌ای که طول میوه در تمام تیمارهای این مطالعه با افزایش دوره رشد میوه تا مرحله رطب افزایش یافت (شکل B۳). نتایج نشان داد که طول میوه در تیمارهای G_O (16 میلی‌متر)، G_R ($15/86$ میلی‌متر) و GR_O ($16/06$ میلی‌متر) در مرحله حبابوک به‌طور معنی‌داری بیشتر از G_T ($12/89$ میلی‌متر)، R_T ($12/50$ میلی‌متر) و GR_T ($11/40$ میلی‌متر) بود. در واقع، طول میوه در نخل ماده پاجوشی با انواع گرده‌های G ، R و GR در طی مراحل حبابوک، کیمری، خلال، رطب و تمار به‌طور معنی‌داری بیشتر از نخل ماده کشت‌بافتی گزارش گردید (شکل B۳). به عبارتی دیگر می‌توان بیان کرد که نوع گرده در مرحله حبابوک تأثیر معنی‌داری بر طول میوه خرما نداشت و بین میوه خرما به‌دست آمده از نخل ماده پاجوشی گرده‌افشانی شده با انواع گرده‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. نتایج مشابهی از میوه‌های حبابوک به‌دست آمده از نخل کشت‌بافتی مشاهده شد (شکل B۳). در مرحله رطب و تمار، طول میوه R_O (به ترتیب $36/87$ و $31/96$ میلی‌متر) به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. از سوی دیگر، کمترین طول میوه در مرحله تمار ($26/99$ میلی‌متر) در

تیمار G_T مشاهده شد و به طور قابل توجهی کمتر از طول میوه در سایر تیمارهای مورد مطالعه در این پژوهش بود (شکل B۳). همچنین طبق نتایج شکل B۳، بیشترین طول میوه در مرحله تمار متعلق به تیمار G_O (۳۰/۷۹ میلی‌متر)، G_R (۳۱/۹۶ میلی‌متر)، G_{R_O} (۳۰/۳۹ میلی‌متر) و R_T (۳۰/۶۵ میلی‌متر) بود. شکل ۲ نیز به وضوح تأثیر نوع گرده را بر ویژگی‌های ظاهری میوه برحی نشان می‌دهد.



شکل ۲- اثر نوع نخل ماده برحی و نوع گرده بر ویژگی‌های کمی و ظاهری (پدیده‌گان) میوه (۱۲۰ روز پس از گرده افشانی). میوه خرماي کشت‌بافتی (A)، میوه خرماي پاجوشي (B)، اثر تیمار بر میوه خرما (C). G = گرده غنامي سبز، R = گرده غنامي قرمز، GR = غنامي سبز + غنامي قرمز (۵۰:۵۰)، O = نخل ماده پاجوشي، T = نخل ماده کشت‌بافتی.

Fig 2. Effect of Female date palm cv. Barhi and pollen types on quantitative and visual characteristics (phenotype) of fruit (120 days after pollination). A=Tissue culture date palm fruit; B= off-shoot date palm fruit; C= Effect of treatments on date palm fruit G = Green Ghanamy pollen; R= Red Ghanamy pollen; GR = Green Ghanamy + Red Ghanamy pollen (50:50); O = Off-shoot female date palm; T = Tissue culture female date palm.

وزن میوه

با توجه به نتایج شکل C ۳، برهمکنش تیمار نوع گرده و نوع نخل تأثیر معنی‌داری بر وزن میوه خرما داشت. در همه تیمارها، وزن میوه خرما در طول زمان از مرحله حبابوک تا مرحله رطب به طور قابل توجهی افزایش، سپس در مرحله تمار کاهش یافت. بین وزن میوه خرما در همه تیمارها در مرحله حبابوک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در مراحل رشد میوه کیمري، خلال، رطب و تمار، میانگین وزن میوه نخل پاجوشي گرده‌افشانی‌شده با گرده‌های G ، R و GR به طور قابل توجهی بالاتر از نخل کشت‌بافتی (G_T ، R_T و GR_T) بود (شکل C۳). در مرحله تمار نخل ماده پاجوشي در تیمار گرده R بالاترین وزن میوه (۱۰/۷۸ گرم) داشت. اگرچه استفاده از گرده G منجر به کمترین وزن میوه‌ها (۸/۴۰ گرم) در مرحله تمار شد، اما تفاوت آماری معنی‌داری با میوه‌های حاصل از گرده‌افشانی با گرده G_R (۹/۷۲ گرم) مشاهده نشد (شکل C۳). بیشترین وزن میوه خرما در مرحله تمار در نخل ماده کشت‌بافتی تیمارشده با R (۹/۸۴ گرم) و G_R (۱۰/۳۴ گرم) بود که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. کمترین وزن میوه خرما در مرحله تمار در تیمار G_T بود (شکل C۳).

نسبت قطر کلاهک به میوه

نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن بود که برهمکنش نوع گرده و نوع نخل رقم برحی در مراحل مختلف رشد میوه تأثیر قابل توجهی بر نسبت کلاهک به قطر میوه داشت (شکل D۳). روند تغییرات نسبت کلاهک به قطر میوه در فرآیند دوره رشد میوه به گونه‌ای بود که نسبت کلاهک به قطر میوه نیز در طول زمان و طی مراحل رشد میوه کاهش چشمگیری یافت. نسبت کلاهک به قطر میوه یکی از مهمترین صفاتی است که نمایانگر ظاهر و رشد میوه به کلاهک است و از ویژگی‌های مرحله رشد میوه خرما می‌باشد. این نسبت در مرحله حبابوک به دلیل کوچکتر بودن قطر میوه و شروع رشد میوه بیشتر بود. این نسبت در طول مراحل رشد میوه تا مرحله تمار، با افزایش قطر میوه، به طور قابل توجهی کاهش یافت (شکل D۳). کمترین نسبت قطر

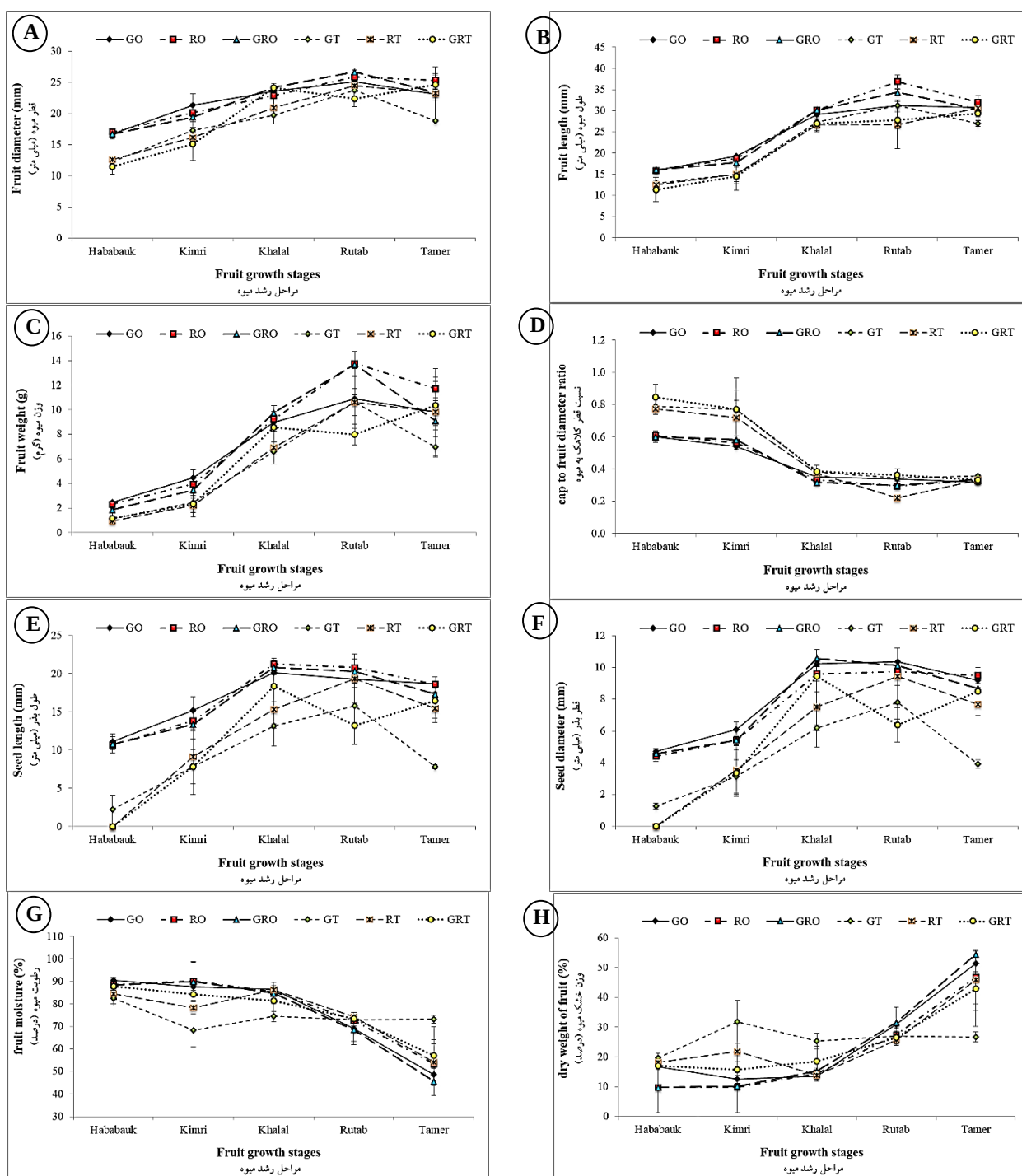
کلاhek به قطر میوه در مرحله حبابوک بدون تفاوت معنی دار آماری در نخل پاجوشی با گرده های G_0 , R_0 و GR_0 به ترتیب $0/60$, $0/61$ و $0/60$ مشاهده شد. همچنین، تفاوت آماری بین نسبت قطر کلاhek به میوه مرحله حبابوک در نخل کشت بافتی گرده افشانی شده با تیمارهای G ($0/80$), R ($0/78$) و GR ($0/84$) وجود نداشت. به طور کلی، با توجه به نتایج شکل $D3$ ، نسبت قطر کلاhek به قطر میوه در نخل کشت بافتی در مرحله حبابوک و کیمری به طور قابل توجهی بیشتر از نخل پاجوشی بود. با این حال، بر اساس نتایج به دست آمده، نسبت قطر کلاhek به قطر میوه تیمارهای مختلف در مرحله خلال و تمار تفاوت معنی داری نداشت و به ترتیب در محدوده $0/31-0/38$ و $0/31-0/35$ بود (شکل $D3$).

طول و قطر بذر

با توجه به نتایج مشاهده شد که در طول تمام مراحل رشد میوه برهمکنش نوع گرده و نوع نخل تأثیر معنی داری بر طول و قطر بذر داشت (شکل $E3$, $F3$). به گونه ای که طول و قطر بذر در طول دوره رشد میوه تا مرحله خلال به طور معنی داری افزایش یافت، اما با توجه به نوع تیمار تا پایان دوره رشد میوه (تمار) تغییر یافت. تفاوت معنی داری بین طول و قطر بذر در مرحله حبابوک در نخل ماده پاجوشی گرده افشانی شده با همه نوع گرده (G , R و GR) وجود نداشت (طول بذر در تیمارهای G_0 , R_0 و GR_0 به ترتیب $11/11$, $10/66$ و $10/75$ میلی متر و قطر بذر در تیمارهای G_0 , R_0 و GR_0 به ترتیب $4/70$, $4/41$ و $4/57$ میلی متر). نتایج مشابهی نیز در نخل ماده کشت بافتی مشاهده شد و تفاوت معنی داری بین طول و قطر بذر تیمارهای G_T , R_T و GR_T در مرحله حبابوک وجود نداشت (شکل $E3$, $F3$). به طور کلی، طول و قطر بذر در تمام مراحل رشد میوه نخل پاجوشی به طور معنی داری بیشتر از نخل کشت بافتی بود. نتایج نشان داد که کمترین طول ($7/79$ میلی متر) و قطر ($3/90$ میلی متر) بذر تیمار G_T در مرحله تمار به دست آمد (شکل $E3$, $F3$) اما بین طول و قطر بذر در مرحله تمار در سایر تیمارها تفاوت معنی داری مشاهده نشد. با توجه به نتایج، مشخص شد که در مرحله تمار، نوع گرده بر طول و قطر بذر میوه های خرما تأثیری ندارد (طول بذر در G_0 , R_0 و GR_0 به ترتیب $18/69$, $18/57$ و $17/30$ میلی متر و قطر بذر در G_0 , R_0 و GR_0 به ترتیب $9/19$, $9/49$ و $8/68$ میلی متر) و تفاوت معنی داری بین R_T (طول بذر $15/46$ میلی متر و قطر بذر $7/66$ میلی متر) و GR_T (طول $16/45$ میلی متر و قطر $8/48$ میلی متر) وجود نداشت (شکل $E3$, $F3$).

درصد رطوبت و وزن خشک میوه

نتایج نشان دهنده تأثیر معنی دار اثر برهمکنش نوع گرده و نوع نخل بر درصد رطوبت میوه و وزن خشک میوه در طول مراحل رشد بود (شکل $G3$, $H3$). طبق نتایج شکل $G3$ ، بین درصد رطوبت میوه خرما در مرحله حبابوک تفاوت معنی داری وجود نداشت و مشخص شد که درصد رطوبت میوه در طول دوره رشد میوه تا مرحله تمار به طور قابل توجهی کاهش یافته است. اگرچه درصد رطوبت میوه در مرحله حبابوک بین $82/55$ درصد (G_T) تا $90/49$ درصد (G_0) بود اما در مرحله تمار به $45/53$ درصد (GR_0) تا $73/25$ درصد (G_T) رسید. بین درصد رطوبت میوه خرما برحی در مرحله رطب در همه تیمارها تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل $G3$). از سویی دیگر، نتایج این مطالعه نشان داد که درصد رطوبت میوه در مرحله تمار به دست آمده از G_T ($73/25$ درصد) به طور معنی داری بیشتر از سایر تیمارها بود. به عبارت دیگر، بین درصد رطوبت میوه در مرحله تمار در نخل ماده پاجوشی گرده افشانی شده با انواع گرده ها (G_0 , R_0 و GR_0 به ترتیب $48/64$, $53/23$ و $45/53$ درصد) با نخل کشت بافتی گرده افشانی شده با R و GR (به ترتیب $54/06$ و $57/13$ درصد) تفاوت معنی داری وجود نداشت (شکل $G3$).



شکل ۳- تأثیر نوع گرده و نوع نخل بر برخی بر قطر میوه (A)، طول میوه (B)، وزن میوه (C)، نسبت قطر کلاهک به میوه (D)، طول بذر (E)، قطر بذر (F)، درصد رطوبت میوه (G)، درصد وزن خشک میوه (H) در پنج مرحله رشد میوه خرما (حبابوک، کیمری، خلال، رطب و تمار). G = Green Ghanamy pollen; R= Red Ghanamy pollen; GR = Green Ghanamy + Red Ghanamy pollen (50:50); O = Off-shoot female date palm; T = Tissue culture female date palm.

Fig. 3. The effect of pollen type and date palm cv. Barhi on fruit weight (A); Fruit diameter (B); Fruit length (C); Cap to fruit diameter ratio (D); Seed length (E); Seed diameter (F); fruit moisture (G); dry weight of fruit (H) in the five growth stages of a date fruit (Hababauk, Kimri, Khalal, Rutab and Tamer). "Bars with the same lower-case letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ ". "Bars with the same upper-case letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ ". G = Green Ghanamy pollen; R= Red Ghanamy pollen; GR = Green Ghanamy + Red Ghanamy pollen (50:50); O = Off-shoot female date palm; T = Tissue culture female date palm.

با توجه به نتایج شکل H³ نیز کمترین درصد وزن خشک میوه در مرحله حبابوک بدون تفاوت معنی‌دار متعلق به میوه خرما به دست آمده از تیمار R₀ (۹/۷۶ درصد) و G_{R0} (۹/۷۳ درصد) بود و به طور معنی‌داری کمتر از درصد وزن خشک میوه در سایر تیمارها بود. درصد وزن خشک میوه در تمام تیمارهای این مطالعه با گذشت زمان و دوره رشد میوه تا مرحله تمار به طور قابل توجهی افزایش یافت (شکل H³). بین درصد وزن خشک میوه خرما حاصل از همه تیمارهای مورد بررسی در مرحله رطب تفاوت معنی‌داری نبود. روند تغییرات درصد وزن خشک میوه بدون تغییر معنی‌دار در G_T بود و درصد وزن خشک میوه در مرحله تمار نسبت به مرحله حبابوک ۲۶/۵۰ درصد افزایش یافت. در حالی که درصد وزن خشک میوه مرحله تمار تیمارهای R₀ و G_{R0} به ترتیب ۷۹/۱۰ و ۸۲/۱۳ درصد نسبت به مرحله حبابوک افزایش یافت (شکل H³). کمترین درصد وزن خشک میوه در مرحله تمار G_T (۲۶/۷۵ درصد) و بیشترین درصد وزن خشک میوه بدون تفاوت آماری معنی‌دار مربوط به نخل ماده پاجوشی گرده‌افشانی شده با انواع گرده‌های G₀, R₀ و G_{R0} به ترتیب ۵۱/۳۵، ۴۶/۷۲ و ۵۴/۴۶ درصد) و نخل ماده کشت‌بافتی گرده‌افشانی شده با R و GR (به ترتیب ۴۵/۹۳ و ۴۲/۸۶ درصد) بود (شکل H³). همچنین، نتایج رابطه منفی و معکوس بین درصد رطوبت میوه و درصد وزن خشک میوه را نشان داد. به گونه‌ای که با افزایش درصد وزن خشک میوه، درصد رطوبت میوه نیز به میزان قابل توجهی کاهش یافت.

ویژگی‌های کیفی میوه

pH

مطابق جدول ۴، برهمکنش نوع گرده و نوع نخل در سطح ۵ درصد تأثیر معنی‌داری بر pH میوه داشت. به گونه‌ای که خرماهای حاصل از تیمارهای R₀ (۷/۱۶) و G_{R0} (۷/۳۳) بدون تفاوت معنی‌دار دارای بالاترین pH بودند و تفاوت معنی‌داری با تیمار G₀ (۷/۱۰) نداشتند. میوه‌های به دست آمده از G_{R0} (۶/۷۲) کمترین pH را داشتند و با pH میوه‌های به دست آمده از تیمارهای G_T (۶/۸۷) و R_T (۶/۹۲) تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۴).

مواد جامد محلول کل (TSS)

با توجه به نتایج جدول ۴ مشاهده شد که برهمکنش نوع گرده و نوع نخل تأثیر معنی‌داری بر مواد جامد محلول کل میوه خرما در مرحله رشد تمار داشت ($P \leq 0/01$). بیشترین مواد جامد محلول کل در میوه‌های خرما تیمارهای G₀ (۵۸/۲۲ درصد) و G_{R0} (۵۶/۳۸ درصد) گزارش شد (جدول ۴). با این حال، میوه‌های R_T (۴۲/۶۳ درصد) و G_{R0} (۴۲/۳۵ درصد) کمترین مواد جامد محلول کل را نشان دادند و تفاوت معنی‌داری با مواد جامد محلول کل در تیمار R₀ (۴۴/۲۸ درصد) نداشتند (جدول ۴).

اسیدیته (TA)

یکی دیگر از ویژگی‌های کیفی میوه خرما مورد مطالعه، اسیدیته میوه خرما است که با توجه به نتایج جدول ۴ برهمکنش نوع گرده و نوع نخل اثر معنی‌داری بر اسیدیته داشت ($P \leq 0/05$). بیشترین اسیدیته (۰/۱۶ درصد) در میوه‌های خرما تیمار G₀ مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با اسیدیته میوه‌ها در تیمارهای R₀ (۰/۱۴ درصد)، G_T (۰/۱۴ درصد) و G_{R0} (۰/۱۵ درصد) نداشت. با این حال، کمترین اسیدیته میوه خرما بدون تفاوت معنی‌دار آماری در تیمارهای R_T (۰/۱۲ درصد) و G_{R0} (۰/۱۳ درصد) بود (جدول ۴).

نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدیته (شاخص طعم)

یک ویژگی کیفی مهم و تأثیرگذار در طعم محصول، نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدیته (TSS/TA) است که نتایج، حاکی از تأثیر معنی‌دار برهمکنش نوع گرده و نوع نخل بر نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدیته می‌باشد (جدول ۴). طبق نتایج جدول ۴، بیشترین و کمترین نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدیته میوه خرما به ترتیب در تیمارهای G_{R0} (۴۴۵/۹۰) و G_T (۲۹۳/۳۵) به دست آمد. از سوی دیگر، نتایج نشان داد که نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدیته در تیمارهای G₀ (۳۵۷/۳۱)، G_T (۳۶۱/۱۴)، R₀ (۳۲۸/۳۱) و R_T (۳۵۵/۴۸) به طور معنی‌داری کمتر از نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدیته در تیمار G_{R0} و بیشتر از تیمار G_T بود (جدول ۴).

کربوهیدرات کل

نتایج نشان داد که برهمکنش کاربرد نوع گرده و نوع نخل بر میزان کربوهیدرات کل میوه خرما تأثیر معنی‌دار داشت ($P \leq 0/01$) (جدول ۴). به گونه‌ای که با توجه به نتایج به دست آمده بیشترین میزان کربوهیدرات میوه خرما در تیمارهای G₀

(۴۳/۲۰ درصد)، GR_O (۴۵/۳۳ درصد) و G_T (۴۰/۶۲ درصد) بدون تفاوت معنی‌دار آماری بود. کمترین میزان کربوهیدرات کل میوه خرما در تیمار GR_T (۲۴/۳۳ درصد) مشاهده شد (جدول ۴). همچنین بر اساس نتایج جدول ۴، تفاوت معنی‌داری بین مقدار کربوهیدرات میوه خرما در تیمارهای R_O (۳۲/۹۶ درصد) و R_T (۲۹/۱۳ درصد) وجود نداشت و به طور معنی‌داری بیشتر از مقدار کربوهیدرات میوه در G_O ، GR_O و G_T و کمتر از GR_T بود.

جدول ۴- تأثیر نوع گرده و نوع نخل رقم برخی بر ویژگی‌های کیفی میوه (۱۵۰ روز پس از گرده افشانی).

Table 4. The effect of pollen type and date palm cv. Barhi on qualitative characteristics of fruit (150 days after pollination).

تیمار Treatment	پی‌اچ* pH *	مواد جامد محلول کل (درصد)** TSS (%) **	اسیدیته (%/.) TA (%) *	شاخص طعم* TSS/TA *	کربوهیدرات (%/.) Carbohydrate (%) **
G_O	7.10 ab†	58.22 a	0.16 a	357.31 ab	43.20 a
R_O	7.16 a	44.28 c	0.14 ab	328.31 bc	32.96 b
GR_O	7.33 a	56.38 a	0.13 b	445.90 a	45.33 a
G_T	6.87 bc	51.43 b	0.14 ab	361.14 bc	40.62 a
R_T	6.92 bc	42.63 c	0.12 b	355.48 bc	29.13 bc
GR_T	6.72 c	42.35 c	0.15 ab	293.35 c	24.33 c

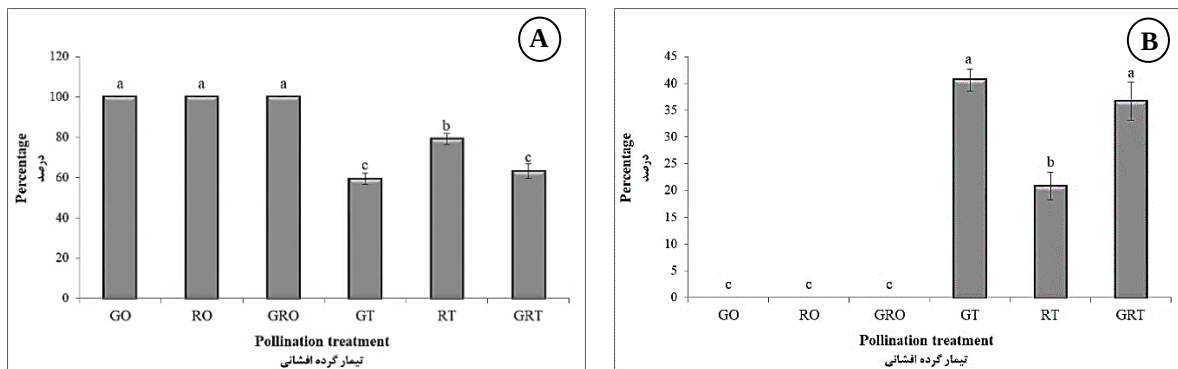
G = Green Ghanamy pollen; R= Red Ghanamy pollen; GR = Green Ghanamy + Red Ghanamy pollen (50:50); O = Off-shoot female date palm; T = Tissue culture female date palm.

† Mean $\pm$ SE; ** = Significant at $P < 0.01$; * = Significant at $P < 0.05$.

G = گرده غنامی سبز، R = گرده غنامی قرمز، GR = غنامی سبز + غنامی قرمز (۵۰:۵۰)، O = نخل ماده پاجوشی، T = نخل ماده کشت‌بافتی.
† میانگین؛ ** و * به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد آماری است.

درصد میوه‌دهی و پارتنوکاری

با توجه به نتایج مشخص شد که برهمکنش نوع گرده و نوع نخل رقم برخی تأثیر معنی‌دار بر میوه‌دهی و پارتنوکاری داشت. به گونه‌ای که، نخل پاجوشی در همه انواع گرده‌های مورد بررسی (G ، R و GR) دارای بالاترین درصد میوه‌دهی (۱۰۰٪) (شکل A۴) و فاقد پارتنوکاری (شکل B۴) بود. اگرچه کمترین درصد میوه‌دهی در تیمارهای G_T (۵۹/۳۸ درصد) و GR_T (۶۳/۳۰ درصد) بدون تفاوت معنی‌دار آماری به دست آمد (شکل A۴)، اما بیشترین درصد پارتنوکاری در این تیمارها (G_T و GR_T) به ترتیب ۴۰/۶۲ درصد و ۳۶/۶۷ درصد) مشاهده شد (شکل B۴). به عبارت دیگر، بر اساس نتایج، درصد میوه‌دهی و پارتنوکاری با یکدیگر همبستگی منفی قابل توجهی دارند و می‌توان انتظار داشت که در تمامی تیمارهای مورد مطالعه در این آزمایش، درصد پارتنوکاری با افزایش درصد میوه‌دهی کاهش چشمگیری داشته باشد. از این رو، درصد پارتنوکاری در تیمارهایی با درصد میوه‌دهی بالاتر کاهش یافت. به طور کلی، نوع گرده مورد استفاده برای گرده‌افشانی در نخل پاجوشی تغییری در درصد میوه‌دهی ایجاد نکرد (شکل A ۴ و B). این در حالی بود که نتایج اثر نوع گرده روی نخل کشت‌بافتی کاملاً متفاوت بود و مشخص شد که گرده R بیشترین درصد باردهی (۷۹/۱۳ درصد) (شکل A۴) و کمترین درصد پارتنوکاری (۲۰/۸۷ درصد) (شکل B۴) را ایجاد کرده است. از سویی دیگر، تیمارهای G_T و GR_T در نخل کشت‌بافتی بدون تفاوت معنی‌دار کمترین درصد میوه‌دهی و بیشترین درصد پارتنوکاری را نسبت به R_T موجب شد (شکل A۴ و B).



شکل ۴- تأثیر نوع گرده و نوع نخل برحی بر درصد میوه‌دهی (A) و پارتینوکاری (B) (۱۵۰ روز پس از گرده افشانی). حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری در سطح $P \leq 0.05$ است. G = گرده غنامی سبز، R = گرده غنامی قرمز، GR = غنامی سبز + غنامی قرمز (۵۰:۵۰)، O = نخل ماده پاجوشی، T = نخل ماده کشت‌بافتی.

Fig 4. The effect of pollen type and date palm cv. Barhi fruiting (A) and parthenocarpy (B) percentage (150 days after pollination); "The same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ ". G = Green Ghanamy pollen; R= Red Ghanamy pollen; GR = Green Ghanamy + Red Ghanamy pollen (50:50); O = Off-shoot female date palm; T = Tissue culture female date palm.

بحث

یکی از عوامل بسیار مهم در گرده‌افشانی و تلقیح موفق و تشکیل میوه‌ها، میزان قوه‌نامیه و زنده‌مانی دانه گرده می‌باشد که می‌تواند به صورت مستقیم بر میزان میوه‌نشینی دخالت داشته باشد (۲۳). برخی از پژوهشگران نیز معتقدند که عملکرد پایین در درختان با زنده‌مانی ناکافی و قابلیت جوانه‌زنی دانه‌های گرده ارتباط دارد (۱۴). بنابراین، می‌توان انتظار داشت که استفاده از دانه‌های گرده با قدرت زنده‌ماندن بالا در ارقام غنامی سبز و قرمز می‌تواند تولید میوه را افزایش دهد. در این پژوهش نیز در بررسی درصد زنده‌مانی دو رقم خرما، نر غنامی سبز و غنامی قرمز با استفاده از روش رنگ‌آمیزی مشخص شد که زنده‌مانی دانه گرده بالای ۹۵٪ بود. از این رو، زنده‌مانی بالای دانه گرده بر میزان عملکرد نخل خرما رقم برحی تأثیر بالایی می‌گذارد. اثر نوع رقم دانه گرده بر روی قسمت‌هایی از بذر و میوه که خارج از جنین و آندوسپرم قرار دارند متازنیا نامیده می‌شود و این اثر از طریق تفاوت در ویژگی‌های مختلف کمی و کیفی میوه کاملاً مشهود است (۲۳). پژوهشگران مختلف علت این تفاوت‌ها را به دلیل اختلاف در غلظت فیتوهورمون‌های اکسین، جیبرلین و سیتوکینین عنوان کردند (۲). نتایج این پژوهش نیز نشان داد که نوع رقم دانه گرده بر ویژگی‌های مختلف کمی و کیفی میوه به صورت قابل توجهی مؤثر بود (جدول ۳ و شکل ۳). با توجه به نتایج جدول ۴ می‌توان اظهار داشت که میوه‌های نخل کشت‌بافتی نسبت به نخل پاجوشی اسیدی‌تر هستند. از سویی دیگر، میوه‌های حاصل از تیمارهای G_0 (۵۸/۲۲ درصد) و GR_0 (۵۶/۳۸ درصد) بیشترین مقدار مواد جامد محلول را داشتند. مواد جامد محلول بالای میوه به علت وجود فروکتوز و ساکارز بالا در میوه است (۱۳) که تأثیر نوع مقدار هورمون‌های میوه (GA_3 و ABA) در مراحل مختلف رشد و تأثیر نوع دانه گرده بر آن‌ها دلیل تفاوت در ویژگی‌های کیفی مختلف میوه مانند میزان مواد جامد محلول میوه معرفی شده است (۴). این در حالی بود که اگرچه نوع رقم دانه گرده بر اسیدیته میوه خرما نخل برحی کشت‌بافتی تأثیری نداشت اما میوه‌های حاصل از GR_0 نسبت به دیگر تیمارها دارای شاخص طعم بالاتر (۴۴۵/۹۰) و خوش‌طعم‌تر بودند (جدول ۴). دیگر گزارش‌ها نیز حاکی از تأثیر اثر نوع دانه گرده بر ویژگی کیفی میوه خرما بود (۲۱، ۲۴). در برخی گزارش‌ها مشخص گردید که مشابه نتایج این پژوهش دانه گرده بر میزان اسیدیته میوه خرما حاصل از کشت‌بافتی رقم برحی تأثیر معنی‌دار نداشت. این در حالی بود که در نتایج تأثیر متفاوتی در نوع دانه گرده بر میزان اسیدیته میوه خرما گزارش شد (۲۴). اغلب محصولات باغی دارای مقادیر زیادی اسیدهای آلی هستند که برکیفیت این محصولات، به ویژه میوه‌ها، مؤثرند. مهمترین اسیدهای آلی میوه خرما، اسیدمالیک و اسیدسیتریک می‌باشند (۲۲). علاوه بر اهمیت بیوشیمیایی آنها، اسیدها به میزان زیادی در طعم دخالت دارند، به ویژه در میوه‌هایی که تعادل قند و اسید، مزه دلخواه یک فرآورده ویژه‌ای را ایجاد می‌کند. تأثیر نوع رقم دانه گرده بر نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته توسط دیگران نیز گزارش شده است (۲۴).

میوه خرماي حاصل از GR_T (۲۴/۳۳ درصد) دارای میزان کربوهیدرات کمتری بود (جدول ۳) که نتایج مشابهی توسط دیگر پژوهشگران گزارش گردید (۲۱، ۲۴). نوع دانه گرده با تاثیر بر فعالیت برخی آنزیم‌های هیدرولیتیک مانند پلیگالاکتروناز در انحلال پکتین میوه خرما و تغییر میزان کربوهیدرات میوه نقش دارد (۱۶). از سویی دیگر، پژوهشگران اظهار داشتند که افزایش تراکم گرده روی کلاله به دلیل انتخاب گامتوفیتیک از طریق رقابت دانه گرده می‌تواند موجب افزایش کیفیت میوه در زمان برداشت شود (۱۹). همچنین، عدم یکنواختی ژنتیکی در گیاهان باززایی شده کشت‌بافتی نخل برخی نسبت به پایه‌ی مادری پاجوشی نخل برخی (امکان وجود جهش و ناهنجاری‌های کروموزومی در حین تولید گیاهچه) را می‌توان دلیل تفاوت در تاثیر نوع پایه نخل ماده بر ویژگی‌های کیفی میوه خرما دانست (۹).

در بررسی برهمکنش نوع پایه ماده و نوع رقم والد نر بر ویژگی‌های کمی طول و عرض هسته، ضخامت گوشت میوه و وزن خشک هسته و ویژگی کیفی pH نیز بین میوه‌های حاصل از پایه پاجوشی برخی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). به طور کلی، با توجه به نتایج جدول ۴ و شکل ۳ می‌توان اظهار داشت که گرده‌افشانی با گرده G در مقایسه با گرده‌های R و GR موجب بهبود ویژگی‌های مختلف ظاهری و کمی میوه خرما رقم برخی کشت‌بافتی شد (شکل ۲). دیگر گزارش‌ها نیز به طور مشابه اثرگذاری نوع دانه گرده بر ویژگی‌های مختلف میوه از جمله ویژگی‌های مختلف کمی میوه خرما را نشان دادند (۲). برخی دیگر از پژوهشگران به طور مشابه تاثیر معنی‌دار نوع رقم دانه گرده بر ضخامت گوشت میوه خرماي حاصل از نخل کشت‌بافتی ۸ ساله را گزارش دادند (۹). تاثیر نوع رقم گرده‌دهنده بر ویژگی‌های مختلف میوه خرما توسط دیگر پژوهشگران نیز به طور مشابه گزارش شده است و برتری یک نوع رقم گرده بر دیگر ارقام گرده خرماي مورد بررسی را می‌توان به ژنتیک آن نسبت داد (۱۹، ۲۱، ۲۴). تاثیر متازنیایی نوع رقم دانه گرده بر درصد رطوبت و وزن خشک میوه خرماي رقم برخی به طور مشابه توسط دیگران نیز گزارش شده است (۲، ۲۱). منبع گرده در تشکیل ژنتیکی بافت‌های جنین و آندوسپرم نقش دارد و تصور می‌شود که این بافت‌ها از طریق سنتز و آزادسازی فیتوهورمون‌های موردنیاز، رشد بافت تخمدان را به همراه داشته باشند. همچنین، نوع و مقدار این فیتوهورمون‌ها به ژنتیک بافت‌های جنین و آندوسپرم پایه ماده یعنی نوع نخل خرماي برخی نیز بستگی دارد (۲۱). از سویی دیگر، در اغلب مناطق خرماخیز این باور وجود دارد که گرده‌افشانی ارقام خاصی از نخل‌های ماده خرما با گرده‌های ارقام مشخصی از نخل‌های نر، باعث میوه‌نشینی بهتر و در نتیجه تولید محصول بیشتر می‌شود. با توجه به این که فیزیولوژی گرده ارقام نر مختلف، متفاوت است شرایط رشدی و قوه‌نامیه آنها نیز متفاوت است، بنابراین موفقیت عمل تلقیح و تشکیل میوه در زمان گرده‌افشانی به میزان سازگاری میان گرده رقم نر و سطح کلاله و خامه رقم ماده وابسته است که همه این موارد تحت کنترل مشترک ژنتیک گیاه و محیط است (۲۳). از سویی دیگر، مطابق با نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که نوع نخل مادری رقم برخی (پاجوشی یا کشت‌بافتی) نیز به طور قابل توجهی بر ویژگی‌های مختلف کمی و کیفی میوه تاثیر گذاشت و مشخص گردید که میوه خرما رقم برخی حاصل از نخل پاجوشی به طور قابل توجهی بهتر و برتر از میوه خرماي برخی حاصل از نخل کشت‌بافتی بود. گیاهان کشت‌بافت خرما در مقایسه با گیاهان حاصل از پاجوش دارای پدیده‌گان متفاوت همچون تشکیل میوه‌های چندبرچه‌ای و پارتنوکارپ بود. در واقع همان‌طور که در شکل ۲ نیز نشان داده شد، اگرچه گیاهان پاجوشی دارای میوه‌های طبیعی هستند اما گیاهان کشت‌بافتی مجموعه‌ای از میوه‌های طبیعی و پارتنوکاری را تشکیل دادند. در واقع، یکی از صفات بسیار مهم و تاثیرگذار در عملکرد نهایی، درصد میوه‌نشینی و پارتنوکاری محصول است که دارای ارزش تجاری بسیار بالایی است. از این رو، نتایج حاکی از تاثیر نوع دانه گرده و نوع نخل برخی بر درصد میوه‌نشینی و پارتنوکاری بود. اثر نوع رقم گرده‌دهنده بر میزان میوه‌نشینی و عملکرد نهایی میوه خرما (۲۱) و همچنین درصد میوه‌نشینی کمتر و درصد پارتنوکاری بیشتر در نخل‌های کشت‌بافتی نسبت به نخل‌های پاجوشی به طور مشابه توسط دیگران نیز گزارش شده است (۱۱). تاثیر نوع دانه گرده و پایه نخل ماده برخی بر درصد میوه‌نشینی و پارتنوکاری را می‌توان به تفاوت در تنوع ژنتیک، زنده‌مانی دانه گرده، رشد لوله گرده، لقاح و همچنین سطوح مختلف سازگاری بین انواع گرده و درختان ماده که به نوبه خود مسئول توانایی جوانه‌زنی دانه گرده است مرتبط دانست (۲۱، ۲۳).

نتیجه‌گیری

استفاده از گرده مناسب جهت افزایش درصد میوه‌دهی و کاهش پارتنوکاری در نخل‌های ماده رقم برخی حاصل از کشت‌بافت

به عنوان فاکتور مهم می‌باشد. در این بررسی نیز نتایج حاکی از تاثیر قابل ملاحظه برهمکنش انواع گرده غالب منطقه مورد استفاده بر دو نوع پایه ماده برحی حاصل از پاجوش و کشت بافت بود. با توجه به نتایج مشخص گردید که گیاهان پاجوشی دارای درصد میوه‌نشینی، درصد وزن خشک میوه، طول و قطر هسته، قطر میوه، مواد جامد محلول و کربوهیدرات بالاتری هستند. این در حالی بود که گیاهان کشت بافتی درصد پارتنوکاری، درصد رطوبت میوه، pH و اسیدیته بالاتری نسبت به گیاهان پاجوشی داشتند. از این رو، با توجه به این نتایج می‌توان به تاثیر معنی‌دار نوع پایه مادری نخل برحی علاوه بر نوع گرده بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه خرما پی برد. از سویی دیگر، با توجه به نتایج حاصل می‌توان اظهار داشت که کاربرد گرده‌های R و GR در نخل خرما پاجوشی و گرده R در نخل خرما کشت بافتی به عنوان گرده مناسب جهت دستیابی به بالاترین درصد عملکرد و کیفیت میوه خرما توصیه می‌گردد. با توجه به اینکه این آزمایش با توجه به شرایط یک سال انجام شد به منظور نتیجه‌گیری دقیق‌تر به بررسی بیشتر می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور و از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به دلیل حمایت مالی و از پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری به‌خاطر در اختیار قرار دادن نخلستان جهت اجرای طرح پژوهشی قدردانی و سپاسگزاری می‌کنند. این نتایج بخشی از طرح پژوهشی تحت حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور به شماره ۹۸۰۰۰۰۸۳ مصوب ۱۳۹۸/۳/۳۰ می‌باشد.

References

منابع

1. Abbas, M.F., A.H. Abdul-Wahid and K.I. Abass. 2014. Metaxenic effect in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit in relation to level of endogenous auxins. Adv. Agr. Bot. 6(1): 40-44.
2. Abeed, N.A.A., D.A. Taain and H.A. Hamza. 2020. Influence of pollen source in some qualitative characteristics of date palm fruits propagated by offshoots and tissue culture techniques. J. Phys.: Conf. Ser. 1660 (1): 012002.
3. Ahmadi, K., H.R. Ebadzadeh, F. Hatami, Sh. Mohammadnia Afrooz, R. Abbas Taghani, Sh. Yari and M.A. Kalantari. 2021. Agricultural Statistics of 2021. First Edition. Volume III. Ministry of Education, Publications and Information Publications, Ministry of Education and Communications, 157 pages.
4. Al-Hamoudi, A.H., A.M. El-Hamady, I.A. Desouky and A. Abdul Hamid. 2006. Evaluation of some male types as pollinator for Barhi date palm cv. grown in Egypt. Arab Univ. J. Agr. Sci. 14 (1): 365–377.
5. Al-Khalifah, N.S. 2006. Metaxenia: influence of pollen on the maternal tissue of fruits of two cultivars of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Bangladesh J. Bot. 35 (2): 151–161.
6. AlKhateeb, A.A. 2008. The problems facing the use of tissue culture technique in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Scientific. Sci. J. King Faisal Univ. 9: 85-104.
7. Al-Khayri, J.M. and P.M. Naik. 2017. Date palm micropropagation: Advances and applications. Cienc. Agrotecnol. 4: 347-358.
8. Al-Muhtaseb, J.A. and H.D. Ghnaim. 2006. Effect of pollen source on yield, quality and maturity of Barhi date palm. Jordan J. Agr. Sci. 2 (2): 9–14.
9. Awad, M.A. 2006. Fruit set failure in tissue culture-derived date palm trees (*Phoenix dactylifera* L.) cv. 'Nabt Saif' as affected by pollinator type and pollination density. III Inter. Date Palm Conference. 736: 441-448.
10. Balik, H.I. and N. Beyhan. 2020. Xenia and metaxenia affects bioactive compounds of hazelnut. Turk J. Food Agr. Sci. 2(2): 42-49.

11. Cohen, Y., R. Korchinsky and E. Tripler. 2004. Flower abnormalities cause abnormal fruit setting in tissue culture-propagated date palm (*Phoenix dactylifera* L.). J. Hort. Sci. Biotechnol. 79(6): 1007-1013.
12. El-Sharabasy, S.F. and A.A. El-Banna. 2009. The effect of pollen sources on the fruit quality of the new introduced date palm Barhi cultivar in Egypt. Egypt. J. Hort. 36(2): 265-274.
13. Fukuoka, N., D. Masuda and Y. Kanamori. 2009. Effects of temperature around the fruit on sugar accumulation in watermelon (*Citrullus lanatas* (Thunb.) Matsum. & Nakai) during the latter half of fruit development period. J. Jap. Hort. Sci. 78(1): 97-102.
14. Giordani, E. and A. Ferri. 2014. Viability and in vitro germinability of pollen grains of olive cultivars grown in different environments. Proc. VIIth IS on Olive Growing. Acta Hort. 1057: 65-72.
15. Golzari, M., D. Hassani, M. Rahemi and K. Vahdati. 2016. Xenia and metaxenia in Persian walnut (*Juglans regia* L.). J. Nuts. 7(2): 101-108. (In Persian)
16. Hasegawa, S. and D.C. Smolensky. 1971. Cellulose in dates and its role in fruit softening. J. Food Sci. 36: 966-967.
17. Hazzouri, K.M., J.M. Flowers, H.J. Visser, H.S.M. Khierallah, U. Rosas, G.M. Pham, R.S. Meyer, C.K. Johansen, Z.A. Fresquez, K. Masmoudi, N. Haider, N.E. Kadri, Y. Idaghdour, J.A. Malek, D. Thirkhill, G.S. Markhand, R.R. Krueger, A. Zaid and M.D. Purugganan. 2015. Whole genome re-sequencing of date palms yields insights into diversification of a fruit tree crop. Nat. Commun. 6: 8824.
18. Irigoyen, J.J., D.W. Emerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiol. Plant. 84: 67-72.
19. Mesnoua, M., M. Roumani and A. Salem. 2018. The effect of pollen storage temperatures on pollen viability, fruit set and fruit quality of six date palm cultivars. Sci. Hort. 236: 279-283.
20. Mirani, A.A., M.A. Jatoti, L. Bux, C.H. Teo, A.I. Kabiita, J.A. Harikrishna, G.S. Markhand, T. Jatt, N. Solangi, S. Abro and G.S. Channa. 2021. Genetic stability analysis of tissue culture derived date palm cv. Dedhi plants using IRAP markers. Acta Ecol. Sin. 42: 76-81.
21. Mohammadi, N., S. Rastgoo, and M. Izadi. 2017. The strong effect of pollen source and pollination time on fruit set and the yield of tissue culture-derived date palm (*Phoenix dactylifera* L.) trees cv. Barhee. Sci. Hort. 224: 343-350.
22. Mortazavi, S.M.H., K. Arzani and M. Barzegar. 2010. Analysis of sugars and organic acids contents of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) 'Barhee' during fruit development. IV Int. Date Palm Conf. (In Persian)
23. Munir, M., M.R. Alhajhoj, A.A. Sallam, H.S. Ghazzawy and A.M. Al-Bahigan. 2020. Fruit yield and quality response of date palm cultivar Khalas to female inflorescence receptivity varied by pollination days. Plant. Arch. 20: 4007-4014.

24. Mustafa, E.A.M., S.A.A. Heiba, M.M.S. Saleh, N.E. Ashour, A. Mohamed and M.M.M. Abd El-Migeed. 2014. Effect of different pollinizer sources on yield, fruit characteristics and phylogenetic relationship Ahmat cv. date palm (*Phoenix dactylifera* L.) in Egypt using RAPD markers. Int. J. Agr. Res. 9(7): 331-343.
25. Rigamoto, R.R. and A.P. Tyagi. 2002. Pollen fertility status in coastal plant species of Rotuma Island. S. P. J. Nat. Appl. Sci. 20(1): 30-33.

Fruiting Rate and Some Fruit Characteristics of Off-Shoot and Tissue Culture Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Barhi in Response to Pollen Grain Type

S. Alavipour, E. Khaleghi*, N. Moallemi, Kh. Mehdikhanlo and A. Torahi¹

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of pollen type (Green ghanamy (G), Red ghanamy (R) and a mixture of Green ghanamy and Red ghanamy (GR) on fruiting and some fruit characteristics of off-shoot and tissue culture date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Barhi as a factorial experiment based on a randomized complete block design with 3 replications. In this study, thirty-six 10-year-old palm trees (18 off-shoot and 18 tissue culture Date Palm trees) were selected and examined for 180 days. Based on the results that GR_O treatment had the highest percentage of dry weight (54.46) and the lowest fruit moisture percentage (45.53). The lowest length (26.99 mm), diameter (18.77 mm) and fruit weight (6.97 g) were obtained in RT treatment at the Tamar stage. GR_O fruits had the highest pH (7.33), TSS (56.38%), TSS/TA (445.90) and carbohydrates (45.33%) but the GR_T fruit had the lowest pH (6.72), TSS (42.35%), TSS/TA (293.35) and carbohydrates (24.33%). Maximum fruiting rate (100%) and non-parthenocarpy fruit were reported in dates palm pollinated with all three types of pollen grain treatment; while using R pollen grains and GR was better than G in this type of date in terms of quantitative and qualitative characteristics of the fruit. Fruiting and parthenocarpy percentage were obtained 79.13% and 20.87% in tissue culture dates pollinated with R pollen grains in compered with other pollen grain treatments.

Keywords: Date palm, Fruiting, Parthenocarpy, Pollen grain, Pollination.

1. Ph.D. Student, Associate Professor and Professor, Department of Horticulture Science, Assistant Professor, Department of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, and Date palm and Assistant Professor, Tropical Fruits Research Institute, Ahvaz, Iran, respectively.

*Corresponding Author, Email: (khaleghi@scu.ac.ir).