طراحی، ساخت و ارزیابی گردہافشان الکتریکی نخل خرما

احمد مستعان*

^۱استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خرما و میوههای گرمسیری کشور *نویسنده مسئول: اهواز، کیلومتر ۱۰ جاده ساحلی اهواز-خرمشهر، موسسه تحقیقات خرما و میوههای گرمسیری کشور، صندوق پستی ۶۱/۵۵/۱۶ پست الکترونیکی: ahmadmostaan@yahoo.com دورنگار: ۰۶۱۱۵۷۱۰۵۴۱ تلفن همراه: ۰۹۱۶۳۰۳۷۶۵۲ تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۵

چکیدہ

در این تحقیق با توجه به محدودیتهای گردهافشانهای مکانیکی مرسوم، همچون لزوم حمل مخزن بزرگ ابزار توسط کارگر، پمپ کردن مکرر باد در مخزن و کنترل پیوسته میزان و یکنواختی پاشش، یک دستگاه گردهافشان الکتریکی از نوع تیرکی توانی^{۲۱} مشتمل بر اجزای تیرک، مخزن گرده، واحد دمش، واحد کنترل پاشش و لوله دهش طراحی و ساخته شد. مکانیزم پاشش گرده در گردهافشان جدید از نوع پاشش دیوارهای بخشی، کاملاً متفاوت از مدلهای قبلی بوده، افزون بر رفع معایب گردهافشانهای قبلی، امکان مصرف بهینه توان و پایداری در تامین نسبت اختلاط ثابت گرده و ماده همراه را فراهم می سازد. کارایی گردهافشانی دستگاه الکتریکی، گردهافشان مکانیکی و روش سنتی با سه نسبت اختلاط ۲۰، ۲۰ و منطقه اهواز مورد ارزیابی قرار گرفت. با وجود آنکه گردهافشان اکتریکی و روش سنتی با سه نسبت اختلاط ۲۰، ۲۰ و بالاتر از گردهافشانی مکانیکی با متوسط میوهنشینی ۶۲/۰۴ درصد و گردهافشانی سنتی با متوسط میوه نشینی ۶۶/۹۴ درصد داشت، این اختلاف از نظر آماری در سطح ۵ درصد و گردهافشان الکتریکی با متوسط میوه نشینی ۲۸/۹۶ درصد، عملکردی داشت، این اختلاف از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی دار نشد. بر اساس نتایج حاصل و با در نظر گرفتن مزایای ابزار جدید همچون سبکی و سهولت کاربرد و قیمت پایین ابزار، صرفه جویی در میزان گرده مصرفی و نبود مشکلات ساختاری همچون انسداد لولههای گردهافشان و عدم یکنواختی پاشش، به عنوان گزینه مناسب برای کاربرد در گردهافشانی نخیلات کشور قابل استفاده می باشد.

واژههای کلیدی: مکانیزاسیون، Phoenix dactylifera L، گرده، تلقیح، میوهنشینی

²¹Pole-type powered

۱– مقدمه

نخل خرما گیاهی تک لپه دو پایه و از خانواده نخلهاست. از این رو جهت تلقیح گلهای ماده و در نتیجه تولید میوه، انتقال موثر دانه گرده به گلهای ماده ضروری است. روش دستی گردهافشانی نخل خرما نیازمند نیروی کار ماهر و صرف هزینههای زیادی است. در همین حال مشقت کار بالا بوده و بحران زمان عملیات گردهافشانی نمود بیشتری دارد (البوزهر، ۱۳۸۵). گردهافشانی مکانیزه مستلزم برقراری سه ضلع مثلث گردهافشانی شامل گرده خشک، ابزار گردهافشان و دستورالعملهای اجرایی است (مستعان و احمدیزاده،

در زمینه تامین ابزار مناسب، نخستین طرح گردهافشان مکانیکی در سال ۱۹۵۲ در اداره ثبت اختراعات ایالات متحده به ثبت رسیده است. این دستگاه با استفاده از شیشه خالی کره بادام زمینی، میلهای آلومینیومی به طول ۲/۸۳ به عنوان تیرک و ستون دستگاه و چند لوله مسی و شیلنگ پلاستیکی ساخته شده است. در این گردهافشان مخزن گرده در پائین تیرک قرار دارد و مخلوط گرده و هوا پس از عبور از این لولههای مسی به طول تقریبی ۸۳، روی خوشههای باز شده پاشیده می شود (Alexander, 1952).

یک دستگاه گردهافشان نیز در سال ۱۹۵۷ ساخته شده است. در این طرح، مخزن گرده در بالای تیرک قرار دارد (Yost, 1957). به نظر میرسد کارایی این ابزار در مقایسه با طرح الکساندر به دلیل کاهش طول لوله انتقال گرده بالاتر باشد.

تحقیقات متعددی در زمینه گردهافشانی هوایی (با

استفاده از هواپیما و هلیکوپتر) در دو کشور ایالات متحده امریکا و عراق انجام شده است. بر اساس نتایج این تحقیقات، گردهافشانی هوایی به تنهایی روشی مطمئن برای تولید اقتصادی خرما به شمار نمیآید. علاوه بر این مصرف گرده در این روش زیاد بوده و با توجه به منابع محدود گرده، توجیهپذیر نمی باشد (اعطاء، ١٣٦۴؛ ١٣۶٧). از اينرو است كه امروزه تاكيد اکثر محققان بر گردهافشانی زمینی است و حجم بسیاری از تحقیقات گردهافشانی مکانیزه به آن اختصاص دارد.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 (اعطاء، ۱۳۶۷). در تحقیقی، یک دستگاه گردهافشان الکتریکی در ایران طراحی و ساخته شده است. در این دستگاه مخزن گرده در بالای تیرک قرار داشته و مخزن باد توسط کارگر حمل می شود. نتایج آزمون مزرعهای این گردهافشان در تلقیح خرمای رقم شاهانی نشان داد که تشکیل میوه با استفاده از آن مشابه و یا حتی بهتر از روش دستی است (Loghavi, 1993). در نمونه تجاری این گردهافشان، به دلیل سنگینی مخزن و عدم تعادل آن در کار با نخلهای بلند، مخزن گرده در پایین تیرک تعبيه شده است.

وجود انواع گردهافشانهای تراکتوری نیز گزارش شده است. کارایی پایین این دستگاهها به ویژه در گردهافشانی نخلهای بلند، سنگینی آنها و نیاز به حمل شدن توسط تراکتور از معایب آنها و از جمله دلایل عدم استقبال کشاورزان از آنها به شمار میآید (Obaidi, 2001; Zaid & De Wet, 1999).

امروزه اغلب گردهافشانها با توجه به ساختار

نخلستانها، به صورت تیرکی طراحی میشوند. همچنین با توجه به ابعاد، سازوکارهای کوچک و ساده به کار رفته، طراحی آنها اغلب جنبه ترکیببندی اجزاء داشته و کارائی آنها در ارتباط با این ترکیببندی ارزیابی میشود.

در تحقیقی مشخص شد که طول و قطر لوله انتقال گرده تاثیر بسیاری بر کارایی گردهافشانهایی که مخزن گرده آنها در پایین تیرک است، دارند به گونهای که با افزایش طول لوله انتقال گرده و کاهش قطر آن، از كارايي گردهافشان كاسته مي شود (Haffar, 1999a). بر اساس یافته فوق یک دستگاه گردهافشان سبک بدون در بر داشتن مسیر بلند انتقال گرده طراحی و ساخته شده است. این گردهافشان از سه بخش سیستم گردپاشی، منبع قدرت و کنترل و تیرک تشکیل یافته است. وزن بخش گردپاش که در بالای تیرک قرار می گیرد، ۴۲۲ گرم می باشد و حداکثر فاصله پرتاب گرده توسط این گردهافشان ۲/۳۹ متر میباشد. این دستگاه به صورت آزمایشگاهی و از ترکیببندی یک مخزن گردپاش و یک خشک کن هوای معمولی (سشوار) ساخته شده است (Haffar, 1999b). در تحقیقی، (Obaidi, 2001) یک نوع گردهافشان سبک که مخزن و تجهیزات کلی سیستم در بالای تیرک قرار دارد،ساخته است. کنترل موتورهای الکتریکی دستگاه از طریق دکمهای که در پایین تیرک و در اختیار کارگر است انجام می شود. یک کارگر با استفاده از این دستگاه قادر به گردهافشانی هر نخل در مدتی کمتر از ۵ دقیقه می باشد. گرده افشان سبک دیگری نیز در عراق ابداع و در ایالات متحده ثبت شده است. در این طرح موتور دمنده در پایین تیرک و مخزن گرده در بالای آن قرار

دارند و پاشش مخلوط گرده و ماده همراه در اثر شناورسازی تمامی مواد درون مخزن انجام میشود (Al-Rawi, 2001). به نظر میرسد کارایی این دستگاه به دلیل شناورسازی تمامی مخلوط گرده و ماده همراه آن پایین باشد. افزون بر این، وجود دمنده در پایین تیرک علاوه بر کاهش کارایی گردهافشان، به ویژه در ارتفاع زیاد، گازبندی لولههای گردهافشان را امری ضروری و در عین حال مشکل میسازد.

در مجموع به نظر میرسد مناسبترین طرح برای گردهافشان سبک، قرار دادن مخزن گرده به همراه واحد دمنده در بالای تیرک و استفاده از دمندههای الکتریکی با ولتاژ پایین میباشد. از اینرو تحقیق جاری با هدف ساخت گردهافشان الکتریکی سبک به منظور پاشش مخلوط گرده و ماده همراه روی خوشههای نخل خرما انجام گردید.

۲- مواد و روشها

این تحقیق در سه فاز طراحی، ساخت و ارزیابی به شرح زیر اجرا گردید.

الف طراحی: در این فاز با توجه به مطالعات اولیه طرح پایه دستگاه با اجزای کلی تیرک، مخزن، واحد دمش، واحد کنترل پاشش و لوله دهش انتخاب گردید. طراحی گردهافشان الکتریکی با توجه به اجزاء مهندسی شناخته شده آن، اصولاً از جنبه انتخاب ترکیببندی مناسب اجزای دستگاه قابل بررسی است.ترکیببندی اجزاء، انتخاب ابعاد و تعیین مواد مورد استفاده در ساخت بخشهای مختلف بر اساس فاکتورهای اولیه طراحی شامل موارد زیر انجام گرفت:

• متوسط مساحت نخلستانهای کشور: کمتر از ۱

هکتار (بینام، ۱۳۷۲).

- میزان مصرف گرده برای هر هکتار در هر نوبت
 یاشش: ۲۰۰ گرم (مستعان، ۱۳۸۹).
- میزان مصرف مخلوط گرده برای هر خوشه: ۲ گرم (اعطاء، ۱۳۶۷).
- جرم حجمی ویژه گرده: ۹۹ -۱۰ (Burkner &) ۰/۹gcm-1).
 Perkins, 1975).
- منبع توان عام در دسترس در نخلستان: نیروی
 انسانی (البوزهر، ۱۳۸۳).
- ارتفاع دسترسی گردهافشانی: ۱۰ تا ۱۲ متر (اعطاء، ۱۳۶۵).

در طراحی سهبعدی و ترکیببندی هندسی اجزاء مختلف دستگاه از نرمافزار [©] Mechanical Desktop استفاده شد.

ب- ساخت: در این فاز اجزاء مختلف دستگاه بر اساس مشخصات قطعات و فرآیندهای انتخابی در فاز طراحی، ساخته شده و سپس دستگاه بر اساس طرح پایه مونتاژ گردید. در پایان دستگاه گردهافشان ارزیابی شد. لازم به ذکر است دو فاز طراحی و ساخت در قالب مدل طراحی(Lewis & Samuel, 1989) با یکدیگر در ارتباط بوده و در برخی مراحل برگشت به فاز قبلی و اعمال اصلاحات الزامی میشد که در این راستا تکرار برخی مراحل کار اجتناب ناپذیر بوده و از سویی دیگر نقشی اساسی در اصلاح نتیجه نهایی این دو فاز داشت.

ج- ارزیابی: این فاز شامل دو مرحله است؛ مرحله اول برای شناخت کارایی واقعی ابزار و یافتن رابطه میان زمان کار دمنده و میزان پاشش مخلوط گرده و ماده

همراه۲۲با هدف كاليبراسيون آن براى انجام آزمايش بعدی،که در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. این ارزیابی با نسبت اختلاط ۲۰ درصد و تنظیم دستگاه در سه زمان پاشش ۵، ۱۰ و ۱۵ ثانیه،در وضعیت عمودی گردهافشان در ولتاژ نامی موتور و در ۸ تکرار انجام شد. برای هر آزمایش ابتدا مخلوط گرده به میزان لازم تهیه شده، سپس مقدار مناسبی از مخلوط تهیه شده توزین گشته و درون مخزن ریخته شد و با قرار دادن گردهافشان در وضعیت عمودی و تنظیم زمان پاشش، عمل گردهپاشی انجام گردید. پس از پایان این آزمایش، گردهی درون مخزن توزین شده و از طریق کسر آن از وزن اوليه مخلوط، وزن مخلوط پاشيده شده محاسبه شد. گردهی خشک مورد نیاز این آزمایش به روش مرسوم تهیه و تا زمان آزمایش در ظرف غیرقابل نفوذ و در دمای ۴ درجه سانتی گراد درون یخچال نگهداری شد.

در مرحله دوم کارایی پاشش دستگاه در شرایط نخلستان در قالب طرح بلوکهای متعادل گروهی (یزدی صمدی و همکاران، ۱۳۸۷) با ۳ گروه تیماری در ۳ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. گروههای تیماری شامل ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی گرده خالص در محلول پاششی به ترتیب برای گروههای تیماری A، B و C اعمال شدند. هر گروه تیماری شامل دو تیمار گردهافشانی با گردهافشان الکتریکی ساخته شده و گردهافشانی با گردهافشان الکتریکی ساخته شده و دستی به عنوان شاهد بود. هر گروه تیماری در هر تکرار دستی به عنوان شاهد بود. هر گروه تیماری در هر تکرار

^۳مادهای پودری، همچون اَرد، با خصوصیات مشابه گرده که با هدف کاهش مصرف گرده به آن افزوده می *ش*ود

خرمای رقم برحی، از عمده خرمای تجاری و رو به گسترش استان خوزستان، اعمال گردید. در این آزمایش هر دو خوشه متقابل روی یک نخل به عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شدند. هر خوشه در هر تیمار در روز دوم پس از باز شدن طبیعی اسپات بر اساس نقشه طرح با تیمار مربوطه گردهافشانی شد و دو روز پس از آن برای بار دوم عمل گردهافشانی تکرار گردید. در تمامی تیمارها از یک نوع گرده نر کاشانی موجود در استفاده شد. به منظور جلوگیری از گردهافشانی طبیعی، هر یک از اسپاتها پیش از باز شدن، با استفاده از پوشش ویژه که از یک سمت به منظور بازبینی دارای پوشش شفاف است پوشانده شد. این پوششها پس از

برای ارزیابی تیمارها در مرحله کیمری پس از جدا نمودن ۵ خوشک به صورت تصادفی از هرخوشه و در مجموع ۱۰ خوشک برای هر واحد آزمایشی، تعداد مکانهای گل، میوههای هستهدار و بیهسته شمارش و شاخص و درصد تشکیل میوه محاسبه شد. درصد میوهنشینی با تقسیم مجموع تعداد میوههای هستهدار خوشکها بر کل مکان میوهها در خوشکها (تعداد گل خوشکها بر کل مکان میوهها در خوشکها (تعداد گل اولیه) محاسبه شد. عملکرد میوه در هر درخت (۲۱) برای هر یک از تیمارها با احتساب ۸ خوشه، بر اساس وزن جفت خوشه تیمار در هر نخل (۳۸)، از رابطه (۱) بر حسب ۲۵محاسبه شد (مستعان، ۱۳۸۹).

 $Y_t = 4 imes W_t$ (۱) برای پردازش دادهها و تهیه نمودارها از نرمافزار MSExcel2007 و برای انجام محاسبات آماری از نرمافزارهای MSTATC و MSTATC استفاده شد.

۳-نتایج و بحث

۳-۱-طراحي

طرح پایه انتخابی دستگاه (شکل ۱) بر اساس ورودی های طراحی، به مانند طرح (2001) Al-Rawi از تیرک نگهدارنده چند تکه، گردپاش، لوله پاشش و نازل تشکیل یافته است، با این تفاوت که به منظور افزایش کارایی، مکانیزم پاشش تغییر یافته و دمنده به بالای تیرک و در پایین مخزن گرده منتقل شده است. این طرح با توجه به یافتههای قبلی پژوهشگران، باعث جلوگیری از کاهش قوه نامه گرده در ارتفاع کاری زیاد میشود (Haffar, 1999a). افزون بر این کارائی دمنده به دلیل حذف حجم هوای مقاوم موجود در لولههای انتقال افزایش یافته و سرعت پاسخ سیستم افزایش می یابد. این طرح همچنین باعث رفع نیاز به استفاده از تيرك بلند ابزار براى انتقال جريان هوا به بالاى تيرك، و مشکلات مربوط به آببندی آن، می گردد. در این صورت طراحی دستگاه از جنس و طرح تیرک مستقل گردد. از اینرو برای رساندن ابزار به نزدیکی خوشهها می توان از هر گونه ابزاری به عنوان تیرک استفاده نمود.



شکل ۱. طرح شماتیک گردهافشان انتخابی Fig. 1. The schematic of the selected pollinator

منبع توان دستگاه از نوع باتریهای قابل شارژ انتخاب شد تا نیاز طراحی دستگاه در نخلستانهای کشور که امکان استفاده از منابع توان بزرگ و متحرک در آنها میسر نیست، تامین شود. به منظور حذف نیاز به سیمهای رابط انتقال توان الکتریکی مورد نیاز دمنده مستقر در بالای تیرک و مشکلات ناشی از تلاقی این نیاز با ضرورت متغیر بودن طول تیرک، باتریهای مورد نیاز دستگاه نیز در بالای تیرک تعبیه شدند و از یک جفت کنترل گر بی سیم (شکل ۱) استفاده شد. طرح فوق این امکان را میدهد که به طور همزمان از نتایج Al-Rawi (2001) و Haffar (1999a) استفاده نمود. *الف. انتخاب مکانیسم پاشش:* پاشش گرده مهم ترین و اساسی ترین کار مورد انتظار از یک دستگاه گردهافشان است. از اینرو انتخاب مکانیزم مناسب و طراحی بهینه آن فعالیت اصلی طراحی به شمار میآید. از اینرو با مرور طرحهای سابق، طرحی ابداع شد که بتواند محدودیتهای زیر را مرتفع سازد:

- مقاومت توده گرده در برابر جریان هوای دمنده
 - غیریکنواختی پاشش در طول عملیات
 - تغییر نرخ پاشش در طول زمان عملیات
- مشکل تنظیم دستگاه برای پاشش مقادیر مختلف
 مخلوط گرده

مکانیسم پاشش انتخابی شامل یک بخش مرکزی، دمنده و درپوش بالایی میباشد. این مکانیسم در مقایسه با دو مکانیسم رایج در گردهافشانهای مکانیکی که طرح (Loghavi (1993) از آن جمله است، و طرح گردهافشان الکتریکی(2001) Al-Rawi به ترتیب در شکل۲ الف، ب، و ج نشان داده شده است. در این طرح در مقایسه با دو طرح قبلی مخزن به صورت دوجداره

طراحی شده است. و مخلوط گرده در جدار داخلی تعبیه میشود. جدار بیرونی که فضائی بین دو دیواره است نقش مجرای حرکت مخلوط معلق گرده و هوا را ایفا می کند. جداره داخلی به گونهای طراحی شده که فاصله آن از کف مخزن قابل تنظیم باشد. در زیر این بخش، صفحه موزع هوا قرار می گیرد که وظیفه تامین جریان هوای یکنواخت برای تعلیق و جریان یافتن مخلوط گرده را بر عهده دارد.

این دو تغییر اساسی در طرح مکانیسم پاشش باعث می شوند تا مسیر جریان اصلی هوا تنها از بخشی از گرده که از روی صفحه موزع به سمت جدار خارجی راه یافته عبور کند و از این رو مقاومت در مسیر جریان هوا در مقایسه با طرح شکل ۲-ج کاسته شود. قابلیت تنظيم فاصله مخزن و صفحه موزع هوا نيز امكان تنظيم دقیق سیستم مطابق با نیاز باغدار را فراهم میسازد. همچنین عدم لزوم انباشت مواد در مرکز مخزن در مقایسه با طرح ۲-ب از ایجاد اختلال در حرکت و انتقال مواد جلوگیری میکند. عدم تاثیر پذیری افت فشار هوا در اثر تغییر در زاویه استقرار مخزن از دیگر مزایای این طرح نسبت به طرحهای دیگر است که مزیت دیگر با عنوان پایداری نسبت اختلاط در طول زمان گردهافشانی را سبب می شود. تولید هوا در كمترين فاصله نسبت به صفحه موزع از ديگر ویژگیهای این طرح است که به دلایل پیش گفته، باعث کاهش افت فشار و کاهش توان مصرفی میشود.



Al-Rawi (2001) و با توجه به مواد ساخت در دسترس برابر با ۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد. به منظور تامین فضای میان دو جداره مخزن، این فاصله معادل ۱۰ برابر قطر سوراخهای صفحه موزع هوا در نظر گرفته شد. قطر این سوراخها در طرح Al-Rawi گرفته شد. قطر این سوراخها در طرح رفته شده بود. از (2001) برابر با ۵/۰ میلیمتر در نظر گرفته شده بود. از اینرو این فاصله برابر با ۵ میلیمتر انتخاب شد. قطر مخزن داخلی با احتساب ۲ میلیمتر ضخامت دیوارهها و سایر ابعاد با استفاده از رابطه (۲) به میزان ۳۶mm محاسبه شد.

گرده افشان الراوی (۲۰۰۱)

ب. طراحی ابعادی: قطر بیرونی مخزن با توجه به طرح

$$d = D - 2(t) - 2(10 \times d_h) = 50 - 2(2) - 2(10 \times 0.5) = 36mm$$
(7)

که در آن D، d، b به ترتیب قطر بیرونی گردهافشان، قطر مخزن داخلی، ضخامت دیوارههای مخزن و قطر سوراخهای صفحه موزع همگی بر حسب

mm مىباشند.

ارتفاع مخزن (h) نیز بر اساس حجم گرده مورد نیاز در هر نوبت پاشش نیز با استفاده از رابطه (۳) به میزان ۲۱/۸۳cm محاسبه شد.

$$M = \left(\frac{d^2\pi}{4}h\right)\gamma \Rightarrow h = \frac{4M}{\gamma d^2\pi} = \frac{4(200)}{0.9(3.6)^2\pi} = 21.83 cm \quad (\degree)$$

که در آن M و γ به ترتیب جرم گرده مورد نیاز جهت پاشش بر حسب g و جرم حجمی ویژه آن میباشند.

طول بدست آمده باعث افزایش شدید جرم گردهافشان و مشکلات ناشی از قرارگیری آن در ارتفاع بالا می شود. اگرچه این طول به صورت تقریبی در گردهافشان (2001) Al-Rawi رعایت شده است لیکن بهره گیری از مزایای انتقال دمنده به بالای تیرک می تواند در اثر این انتخاب بی اثر شود. لذا تصمیم گرفته شد تا با پذیرش یک نوبت بیشتر تعبیه مخزن که می تواند در زمانی بسیار اندک (در حدود ۱ یا حداکثر ۲

دقیقه انجام شود)، طول مخزن به نصف کاهش یابد. از اینرو طول موثر مخزن برابر با ۱۱ سانتیمتر انتخاب شد که با احتساب فضای اضافی برای اتصالات لازم، برابر با ۱۳cm انتخاب شد.

ج. طراحی صفحه موزع هوا: قطاع بیرونی موزع هوا از تفاضل فاصله میان دو جداره مخزن گرده حاصل می شود. این فاصله همان گونه که قبلا محاسبه شده بود ۵mm است. مساحت این ناحیه با استفاده از رابطه (۴) ۶۴۴mm² محاسبه شد.

$$A = 0.25(D^2 - d^2)\pi = 0.25(46^2 - 36^2)\pi = 644mm^2$$
(f)

قطر روزنههای (s) این صفحه همانند انتخاب(۲۰۰۱) Al-Rawi برابر با ۰/۵ میلیمتر در نظر گرفته شد. بر این اساس و با احتساب فاصله برابر میان روزنهها، تعداد n=۱۰۴۴ سوراخ ۰/۵ میلیمتری روی این قطاع تعبیه

$$\begin{split} A_s &= n \times 0.25 (s^2) \pi = 1044 \times 0.25 (0.5^2) \pi \approx 204 mm^2 \ \text{(a)} \\ R_a &= \left(\frac{A_s}{A}\right) = \frac{227}{644} = 0.318 \ \text{(F)} \end{split}$$

برای پیشگیری از تاثیر منفی بر قوه نامیه می شود (Osborne, 1977). نتیجه این فرآیند انتخاب موتور الکتریکی از نوع جریان مستقیم ۵ ولت با دور نامی ۹۰۰۰ دور در دقیقه و پروانه جریان شعاعی با ابعاد ۲×۱۰× ۳۵ می باشد.

شد. مجموع مساحت این سوراخها (A_s) و ضریب

تخلخل (R_a) با استفاده از روابط (Δ) و (P) به ترتيب

۲۰۴mm² و ۲۰۴mm² بدست آمد.

م. طراحی کنترلگر: با توجه به حداکثر فاصله ۱۵ متری لازم برای کنترل دستگاه، مجموعه رادیویی بی سیم برد کوتاه مدل B27M انتخاب شد. این مجموعه شامل یک گیرنده و فرستنده رادیویی آماده ۶۷ با فرکانس گیرنده و فرستنده رادیویی آماده ۲۷ با فرکانس تراشه ۵۵۵ نیز برای کنترل زمان پاشش استفاده شد (Tooley, 2006).

۳-۲-ساخت

به منظور تامین سبکی ابزار و کاهش هزینههای ساخت در مقیاس انبوه، برای ساخت تمامی قطعات بدنه گردهافشان از پلی اتیلین دانسیته بالا^{۳۳} استفاده شد.

²³HDPE

ضریب بدست آمده بیشتر از حد بحرانی آن (۰/۲۵) است و از اینرو این صفحه موزع، در زمره صفحات باز به شمار می آید که دارای حداقل مقاومت در برابر جریان هوا است (Brooker et al., 1997).

د. طراحی دمنده: با توجه به مقاومت صفحه موزع و سایر اجزای سیستم، دمنده سانتریفوژ شعاعی برای ایجاد جریان هوای مورد نیاز انتخاب شد. با توجه به نبود اطلاعات مهندسی در زمینه دمندههای بسیار کوچک، از روش سعی و خطا برای این منظور استفاده شد. شاخص انتخاب در این روش توانائی دهش جریان هوا تا فاصله حداقل ۱ متری است تا بتواند ضمن عبور از صفحه موزع هوا، در حداکثر فاصله قابل توصیه نازل از با اندازه گیری سرعت هوای دهشی طرح انتخابی بوسیله سرعتسنج هوای مدل EM-9000 ساخت ®Lutron و بریان ساکن هوا در آزمایشگاه کنترل شد. این انتخاب جریان ساکن هوا در آزمایشگاه کنترل شد. این انتخاب ابتدا بدنه اصلی از لولههای آماده به قطر ۵ سانتیمتر ساخته شد و بقیه قطعات نمونه آزمایشگاهی نیز از همان مواد و به روش برش و جوش پلاستیک ساخته شدند. نمونه نهایی دستگاه در شکل ۳ و کاربرد آن در زمان انجام آزمایشها در شکل ۴ مشاهده می شود.



شکل۳. نمای حقیقی گردهافشان الکتریکی Fig. 3. A schematic profile of the electric pollinator



شکل ۴ : گرده افشان الکتریکی در حین اجرای عملیات Fig. 4. The electric pollinator during the experimentation

٣-٣-نتايج آزمايشات كاليبراسيون

نتایج کالیبراسیون دستگاه گردهافشان الکتریکی در شکل ۵ آمده است. همانگونه که در این شکل مشاهده میشود، رفتار پاششی گردهافشان کاملاً خطی نیست. در حقیقت وجود تاخیر زمانی در اثر اینرسی مواد و

قطعات گردنده دمنده در زمان آغاز پاشش و احتمالاً کاهش جریان مواد با گذشت زمان از علل اصلی این رفتار به شمار میآیند.



Fig. 5. The calibration result of the pollinator

جهت بیان این رفتار دو مدل گذرنده از مبداء؛ یکی خطی (۲²=۰/۹۷) و دیگری چندجملهای درجه دوم (۲²=۰/۹۸) محاسبه، و با توجه به تفاوت اندک و سهولت کار، از رابطه خطی به منظور کالیبراسیون دستگاه استفاده شد. با توجه به متغیرهای قابل تنظیم بسیار در گردهافشان الکتریکی (همچون فاصله میان جدار داخلی مخزن و صفحه موزع هوا، تعداد سوراخها، ولتاژ دمنده و ...)، با مطالعه تاثیر هر یک بر رفتار پاششی میتوان به مقدار بهینه متغیرها دست یافت. مطالعه این متغیرها هدف این تحقیق نبوده و نیازمند آزمایش جداگانهای

۳-۴-نتایج آزمایشات مزرعه ای

الف. درصد ميوەنشينى:

جدول ۱ تجزیه واریانس مربوط به دادههای درصد میوهنشینی را نشان میدهد. بر اساس نتایج حاصله

تفاوت آماری معنی داری میان هیچ یک از گروههای تیماری و روشهای مورد مقایسه دیده نمی شود. لذا فرض برابر بودن کارایی روشهای مورد مقایسه و نسبتهای مختلف اختلاط گرده و ماده همراه در تامین درصد میوه نشینی یکسان رد نمی گردد.

شکل ۶ درصد میوهنشینی متوسط حاصل در هر سه روش مورد مقایسه را نشان میدهد. با وجود آنکه گردهافشان الکتریکی با متوسط میوهنشینی ۶۸/۱۲ درصد، عملکردی بالاتر از گردهافشان مکانیکی با متوسط میوهنشینی ۶۲/۰۴ درصد و گردهافشانی سنتی با متوسط میوهنشینی۶۴/۹۴ درصد داشت، آزمون تجزیه واریانسها در سطح آماری ۵ درصد اختلاف معنىدارى ميان متوسط ميوەنشينى روش ها نشان نداد. بر این اساس می توان گفت که روش گردهافشانی تاثیر معنىدارى بر درصد تشكيل ميوه نداشته و فرضيه تامین گرده کافی در زمان مناسب توسط گردهافشان جديد براى تشكيل موفقيت آميز ميوه خرما قابل پذيرش می باشد. متوسط میوه نشینی حداکثر در تیمارهای گردهافشان الکتریکی، مکانیکی و گردهافشانی سنتی به ترتیب ۸۴/۸۲، ۷۹/۷۲ و ۹۹/۷۸ درصد بدست آمد. مشابه این نتیجه در نتایج تحقیقات Loghavi (1993)، Al-Rawi (2001) وObaidi (2001) نيز مشاهده شده است. نمونهای از خوشههای گردهافشانی شده به روشهای مورد مطالعه در شکل ۷ قابل مشاهده مىباشد.

شکل ۸ روند تاثیر نسبت گرده در مخلوط پاششی را نشان میدهد. اگرچه در این شکل نسبت ۲۰٪ در دستیابی به میوهنشینی بیشتر نسبت شاخص به شمار میآید، همانگونه که تجزیه واریانسها نشان داد، این اثر

در سطح آماری ۵٪ معنی دار نیست. این نتیجه مطابق با نتایج کارهای اعطاء (۱۳۶۷)، اباذرپور (۱۳۷۷)، زرگری (الف۱۳۷۹) و زرگری (ب۱۳۷۹) می باشد.



شکل۶. درصد میوەنشینی حاصل در روشهای مورد مقایسه Fig. 6. The percentage of the fruit set in different methods



شکل۷. نمونه خوشههای گردهافشانی شده به روش های از

راست به چپ: الکتریکی، مکانیکی و سنتی Fig. 7. The pollinated samples of electrical, mechanical and conventional



شکل ۸. درصد میوەنشینی حاصل در نسبتهای مختلف اختلاط گردہ و مادہ همراہ Fig. 8. The percent of fruit set at different mixture ratios



شکل ۹ : عملکرد تیماری محاسبه شده در روش های مورد مقایسه Fig. 9. The comparison between the performances of the different methods



شکل ۱۰. عملکرد تیماری محاسبه شده در نسبتهای مختلف اختلاط گرده و ماده همراه Fig. 10. The comparison between the performances at different ratios

عملکرد: عملکرد از دیگر شاخصهای مورد مطالعه میباشد که از دیدگاه اقتصادی میتواند تاثیر زیادی بر انتخاب روش بهینه اجرای عملیات گردهافشانی داشته باشد.

نتیجه آزمون تجزیه واریانس های مربوط به عملکرد میوه در جدول ۲ نشان داده شده است. همچنین شکلهای ۹ و ۱۰ عملکرد میوه محاسبه شده حاصل را به ترتیب در روش های مختلف گردهافشانی و در نسبت های مختلف اختلاط گرده و ماده همراه نشان میدهند. مجدداً مشاهده میشود که اثر هیچ یک از متغیرها بر عملکرد تیماری معنی دار نشده است. نکته قابل تامل بالا بودن مقدار آماره F در گروه های تیماری جدول ۲ در مقایسه با مقدار آن در جدول ۱ است. این به معنای افزایش تاثیر مقدار آن در جدول ۱ است. این مخلوط پاششی بر عملکرد محصول تولیدی و افزایش تفاوت میان گروه های تیماری است. مفهوم دیگر این تعییر در آماره F احتمال معنی دار شدن اختلاف تعییر در آماره F احتمال معنی دار شدن اختلاف

جدول ۱ : تجزیه واریانس دادههای مربوط به درصد میوهنشینی Table 1. The analysis of variance concerning the Fruit set

F	میانگین مربعات	مجموع	درجه آزادی	منبع خطا
	۵۹۰/۲۰	1111/40	٢	تكرار
${\boldsymbol{\cdot}}/{\boldsymbol{\vee}}{\boldsymbol{\backslash}}{\boldsymbol{\eta}}^{ns}$	787/V7	222/66	٢	گروه تیماری
	360/19	1480/10	۴	خطای a
${\scriptstyle \bullet / \textrm{ITV}^{\textrm{ns}}}$	۱۰/۰۳	۲۰/۰۶	٢	تيمارهای داخل گروه A
۰/۶۵۴ ^{ns}	01/YY	1.4/44	۲	تيمارهاي داخل گروه B
•/ ۶۶ • ^{ns}	۵۲/۱۹	۲۰۴/۳۷	۲	تیمارهای داخل گروه C
	V 9/•9	941/29	١٢	خطای b
		4344/00	78	كل

ns : اختلاف موجود از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد ۲۱/۲۶ = CV_(a) درصد ۲۱/۲۶ = CV_(a)

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع خطا
	۳۵۹۲/۳۶	V147/V1	۲	تكرار
$\gamma/\gamma\gamma\rho^{ns}$	2226/•2	4841/11	۲	گروه تیماری
	۱ • ۶۸/ • ۳	4272/11	۴	خطای a
\cdot /)) γ^{ns}	۵۵/۷۵	111/0+	۲	تیمارهای د اخ ل گروه
•/۵۴۵ ^{ns}	209/00	۵۱۸/۰۰	۲	تیمارهای د اخ ل گروه
۰/۹۵۱ ^{ns}	401/10	۹ • ۳/۵ •	۲	تیمارهای د اخ ل گروه
	424/92	5899/FV	١٢	خطای b
		۲۳۳۳۷/۶۷	78	كل

جدول ۱: تجزیه واریانس دادههای مربوط به عملکرد تیماری Table 2. The analysis of variance concerning the treatment performance

ns درصد و ۱۳/۶۷ = CV_(b) درصد ۲۳/۳۹ درصد ns : اختلاف موجود از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی دار

۴- نتیجه گیری و پیشنهادها

بر اساس نتایج حاصل میتوان گفت که ابزار ساخته شده از نقطه نظر کارایی گردهافشانی با روش سنتی، که با در اختیار داشتن گرده دائم، همواره از بالاترین کارایی برخوردار بوده و مورد اطمینان نخلداران است، و همچنین با روش مکانیکی موجود برابری نموده، قادر به تامین عملیات عاملی اساسی "تامین میوهنشینی مناسب" بوده و از این جهت جایگزینی مناسب برای هر مناسب" بوده و از این جهت جایگزینی مناسب برای هر بدست آمد که سایر مزیتها و ویژگیهای دستگاه جدید همچون قابلیت مانور، سبکی، سهولت کاربرد، قیمت پایین ابزار، توان مورد استفاده و ... در این تحقیق مد نظر قرار نگرفتهاند.

نتایج این تحقیق همسو با نتایج سایر محققان امکان گردهافشانی با نسبتهای اختلاط پایین تر گرده و ماده همراه را به اثبات رساند. بر این اساس می توان

گفت که با توجه به محدودیت منابع گرده و

افزایش بهای آن در سالهای اخیر، استفاده از نسبت اختلاط گرده ۱۰ درصد ضمن تامین میوهنشینی قابل قبول، باعث صرفهجویی در هزینههای عملیات گردهافشانی و تولید خرما می گردد. تصمیم گیری نهایی در این خصوص مستلزم آزمون دقیق نسبتهای اختلاط گرده و ماده همراه در گستره وسیعتر و بویژه در نسبتهای پایینتر همراه با تعریف متغیرهای اقتصادی میباشد.

وجود مزیتهایی همچون قیمت پایین، سبکی، قابلیت مانوور مناسب، مصرف توان بهینه شده، الگوی پاشش و قابلیتهای کنترلی متعدد در ابزار جدید به دلیل استفاده از مکانیزم پاشش اختصاصی پاشش دیوارهای بخشی، امکان تنظیم دستگاه برای شرایط مختلف را فراهم می سازد. لذا برای استفاده از این مزایا، مطالعه رفتار پاششی گردهافشان اولین و اساسی ترین قدم به شمار می آید.

۵- فهرست منابع

- Abazarpor, M. 1998. Determination of optimum pollen dilution ratio for mechanical pollinating of dates CV. Mozafti. Date Palm and Tropical Fruits Research Institute. Ahwaz, Iran: 16p.
- Al-Rawi, O. M. A. 2001. A study on a new US patent date pollinator. Proc. 2nd Int. Date Palm Conf., AlAin, United Arab Emirates. 129 (Abst.)
- Albozahar, A. 2004. Principles of date palm production mechanization. Keshavarzi va Sanat 55: 21-24.
- 4. Albozahar, A. 2006. Principles of development in date palm pollination. Zeitun 170: 55-59.
- 5. Alexander, D. R. W. 1952. A method of pollinating dates. Date Grower's Institute Annual Report: 20: 29.
- 6. Anonymous. 1993. Results of date palm ownership survey. **Deputy of Plans and Programs, Information and Databases Office**. 72p.
- Brooker, D. B., Bakker-Arkema, F. W., and Hall, C. W. 1997. Drying and storage of grains and oilseeds. CBS. 450p.
- Burkner, P. F. and Perkins, R. M. 1975. Mechanical extraction of date pollen. Date Growers' Institute Annual Report 52: 3-7.
- Eeta, M. 1985. Date palm pollination research in Iraq. Plant & Seed Registration and Certification Institute.Karaj, Tehran: 26p.
- Eeta, M. 1986. Analysis of some points about date palm pollination. Plant & Seed Registration and Certification Institute. Karaj, Iran. 51p.
- Eeta, M. 1988. Determination of optimum Ghanami pollen dilution for pollinating date palm inflorescences CV. Estaumran. Plant & Seed Registration and Certification Institute. Karaj, Iran: 13p.
- Haffar, I. 1999a. Contribution of several duster parameters to performance in mechanical date palm pollen delivery. Applied Engineering in Agriculture 15: 7-10.
- 13. Haffar, I. 1999b. Design and performance testing of a micro-duster for date palm pollination. Applied Engineering in Agriculture 15: 267-271.
- Lewis, W. P. and Samuel A. E. 1989. Fundamentals of Engineering Design: Ideas, Methods and Applications. Prentice Hall of Australia Pty Ltd. 256p.
- Loghavi, M. 1993. Development of a mechanical date pollinator. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America 24: 27-32.
- Mostaan, A. 2010. Design and Development of an Electric Date Palm Pollinator. Ahwaz, Iran: Date Palm and Tropical Fruits Research Institute. Report no. 89-535.
- 17. Mostaan, A. and Ahmadizadeh, S. 2008. Sustainable management of date palm pollen production. **Keshavarzi va Sanat**,104: 33-37.

- Obaidi, R. A. 2001. Lightweight date palm pollinator powered by low voltage motors.
 Proc. 2nd Int. Date Palm Conf., AlAin, United Arab Emirates. 127 (Abst.)
- 19. Osborne, W. 1977. Fans. Pergamon Press, Oxford. ۲۱۰:
- 20. Tooley, M. 2006. Electronic circuits: fundamentals and applications. Routledge: 430p.
- Yazdi Samadi, B., Rezaei, A., and Valyzadeh, M. 2008. Statistical Designs in Agricultural Research. University of Tehran. Tehran., 753p.
- 22. Yost, L. J. 1957. Pollinator for fruit trees. US Patent Office: 2802302.
- 23. Zaid, A. and DeWet P. F. 1999. Pollination and Bunch Management. *In*: Zaid, A. and Arias-Jiménez E. J. (eds.). **Date Palm Cultivation**, FAO. Press, pp. 144-174 in.
- Zargari, H. 2000a. Determination of optimum pollen dilution ratio for pollinating date palm inflorescences CV. Kabkab. Date Palm and Tropical Fruits Research Institute. Ahwaz, Iran: 5p.
- Zargari, H. 2000b. Determination of optimum pollen dilution ratio for pollinating date palm inflorescences CV. Mozafati. Date Palm and Tropical Fruits Research Institute. Ahwaz, Iran: 5p.

Design and Developmentof an Electric Date Palm Pollinator

A. Mostaan^{1*}

¹Assistant Professor, Date Palm and Tropical Fruits Research Institute of Iran

Received: 2013-06-26 Accepted: 2013-11-06

Abstract

Due to some limitations of conventional mechanical pollinators such as the need to carry pollinator air tank by workers, frequent pumping of air into the tank, and necessity to continuous control of amount and uniformity of pollen dispersion, a powered pole-type electrical pollinator including a pole, pollen repository, blower, control unit and a delivery nozzle was designed in this research. The peripheral dispersion method is used and is completely different from the previous designs. This new method offers more power saving and uniformity and stability in maintaining pollen ratio along the operation in addition to overcoming disadvantages of previous pollination methods. Pollination efficiency of the electrical device, traditional method, and mechanical pollinator with three pollen dilution ratios of 10, 20 and 30 percents have evaluated in a group balanced block design with three replications for pollinating Barhee cultivar in Ahwaz. Results showed that though the electrical pollinator lead to more fruit set than the other methods, the difference was not significant $(\alpha = 5\%)$, and thus the tool succeeds in obtaining the functional goal. Mean fruit set attained by the developed tool, mechanical pollinator and traditional method was 68.12%, 62.04%, and 64.94% respectively. Based on the results, and regarding to advantage of new tools, such as lightness and ease of use, low cost, pollen saving, lack of structural problems including pollinator tube obstruction and dispersion uniformity, the device is recommended as the suitable option for use in the date palm orchards.

Keywords: Mechanization, Phoenix dactylifera L., Pollen, Pollination, Fruit set

طراحی، ساخت و ارزیابی گردهافشان الکتریکی نخل خرما