ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران (کرج)
۲٤ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹

طراحی و ساخت دستگاه جداساز گلهای نر نخل خرما

احمد مستعان[۱] سعید مینایی[۲] تیمور توکلی هشجین[۳] محمدجواد شیخ‌داودی[٤]
[۱]دانشجو،[۲]دانشیار و[۳]استاد گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس و[٤]استادیار گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی دانشگاه شهیدچمران اهواز
ahmadmostaan@yahoo.com

چکیده

گرده به عنوان یکی از سه عامل اساسی در گرده‌افشانی مکانیزه نخل خرما مطرح می‌باشد. روش سنتی استخراج گرده نخل خرما نگرش حاکم بر تحقیق و طراحی و ساخت دستگاههای ویژه استخراج گرده نخل خرما را تشکیل می‌دهد. در این روشها استخراج گرده نیازمند ۷ الی ۱۰ روز زمان است و امکان بروز مشکلات اساسی مرتبط با کمیت و کیفیت گرده وجود دارد. در این راستا تحقیق فرآیند جدید استخراج گرده خرما بر پایه جداسازی، آماده‌سازی و استخراج گرده به عنوان مکانیزم بهینه‌سازی روش‌های موجود انتخاب گردید. از اینرو در راستای دستیابی به این فرآیند تحقیق جاری با هدف طراحی و ساخت دستگاه جداساز گلهای نر نخل خرما انجام گردید. دستگاه بر اساس جداسازی گلها در روز دو پوست‌برداری، با احتساب نیروی جداسازی ۱/۵ نیوتن به ازای هر گل به صورت ترکیبی از مکانیزم برسهای دوار و مکانیزم ضربه‌ای طراحی و ساخته شد. نتایج بدست آمده نشان داد که که دستگاه ساخته شده قادر به انجام عمل جداسازی گلهای نر نخل خرما در هر دو روش تهویه شده و تهویه نشده در مدت ۲ روز پس از جداسازی اسپات می‌باشد. در این مدت متوسط زمان جداسازی در حدود ۱۱/۷ ثانیه و شاخص جداسازی ۱۰۰ درصد می‌باشد. رطوبت گل و گرده استحصالی در روش تهویه شده ٦۲/۳٦ و ۱۱/۵۳ درصد بوده در حالی که این میزان برای روش تهویه نشده ۷۰/۹ و ٤۲/۲٦ درصد می‌باشد. لذا با وجود نتیجه یکسان در جداسازی گلها برای هر دو روش، روش تهویه گلها به دلیل احتمال تاخیر در اجرای عملیات و کاهش قوه نامیه در صورت عدم توجه به اسپاتهای باز نشده و زمان و انرژی و مخاطرات کمتر کاهش قوه نامیه برای خشک کردن گلها و گرده بر روش تهویه نشده برتری دارد. در پایان این بخش با توجه به رطوبت بالای گلها، خشک کردن آنها جهت فرآوری بعدی الزامی است. همچنین بر خلاف انتظار اولیه به طور متوسط ۲۷/۸ گرم گرده خشک زنده خالص از هر اسپات استخراج گردید که مقدار قابل توجهی بوده و با توجه به نتایج نزدیک به هم در هر دو روش تهویه گل‌آذین به نظر می‌رسد بخش قابل توجهی از کل گرده اسپات را شامل شود. در این راستا مطالعه رفتار خشک شدن گلها و گرده به منظور تکمیل فرآیند استخراج گرده خرما توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مکانیزاسیون تولید خرما، گرده‌افشانی، استخراج گرده، جداسازی گلها

مقدمه

صنعت خرمای کشور با سطح بارور معادل ۲٤۰۰۰۰ هکتار و تولید ۱۰۰۰۰۰۰ تن محصول در سال ۱۳۸۷ (FAOSTAT, 2009)، کشت و کار در ۱۳ استان کشور، حدود ۵۰۰ هزار نفر بهره‌بردار و نیز امکان تولید بیش از ۵۰ نوع فرآورده و محصول جانبی، صنعتی مهم در کشاورزی کشور به شمار می‌آید که از جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد، ارزآوری و اشتغال‌زایی برخوردار است.

مطالعه سیر تکامل مکانیزاسیون تولید خرما در کشورهای پیشرو حاکی از آن است که عملیات گرده‌افشانی از قابلیت بالایی در پذیرش مکانیزاسیون برخوردار می‌باشد. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که میان کمیت و کیفیت میوهٔ حاصل از گرده‌افشانی مکانیکی و سنتی اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشته و در برخی موارد عملکرد حاصل از گرده‌افشانی مکانیزه بیشتر است (Eeta, 1986; Haffar *et al.*, 1997; Mostaan, 2010 a)

گرده به عنوان یکی از سه عامل اساسی در گرده‌افشانی مکانیزه نخل خرما مطرح می‌باشد (Mostaan and Ahmadizadeh, 2008). منابع این گرده، گلهایی هستند که توسط نخلهای نر تولید می‌شوند. استفاده از گرده‌ی تولیدی پایه‌های نر در گرده‌افشانی مکانیکی مستلزم استخراج، خشک کردن و در صورت نیاز، نگهداری آن است. دانه‌ی گرده‌ی خرما در زمان رسیدگی و در حالت تازه دارای رطوبتی معادل ۲۵–۱۸ درصد پایه خشک و شکل کروی با قطر تقریبی ۲۰–۱۵ میکرون می‌باشد. نگهداری و استفاده از گرده خشک مستلزم کاهش رطوبت آن به حدود ٤–۲ درصد است. گرده خشک دارای شکل بیضوی با ایجاد تقریبی ۱۰–۲۰ میکرون و چگالی توده تقریبی ۰/۷ g/cm^3 بوده و چگالی ویژه دانه گرده برابر با ۰/۹ برآورد می‌شود. توده گرده نرم و سیلان پذیر است و به صدمات ناشی از سایش مکانیکی و رطوبت بالا بسیار حساس می‌باشد (Burkner and Perkins, 1975). گرده خرما نسبت به دما نیز حساس بوده و باید از هر گونه تماس گرمایی بالای آن به هر مدت زمان احتمالی جلوگیری نمود (Mostaan *et al.*, 2010). در دمای ۳۰°C قدرت جوانه‌زنی آن صفر و با افزایش دما از ۷ تا حدود ۲٦°C، قدرت جوانه‌زنی آن افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد. گرده خشک را به راحتی می‌توان در دمای ۱٤°C–۱۸ بدون کاهش معنی‌دار قوه نامیه آن، به طور ایمن نگهداری نمود (Furr and Ream, 1968; Furr and Enriquez, 1966).

در روش دستی استخراج گرده گلها با تکاندن گل‌آذینهای نر و وارد آوردن ضربه به دم خوشه و نیز گلهای آن در مدت ۷ الی ۱۰ روز انجام می‌شود. خشک کردن گرده‌های جمع‌آوری شده نیز از طریق پهن کردن آن روی کاغذ جاذب رطوبت و در فضای قابل کنترل و شرایط سایه روشن نور انجام می‌شود.

در روشی که تا اواسط دهه ۱۹۷۰ میلادی در ایالات متحده مرسوم بوده کارگر پس از برداشتن پوسته اسپات و در مدت ۷ الی ۱۰ روز، گل‌آذین را درون بشگه‌ای به شدت می‌تکاند و گرده استخراج شده با استفاده از یک جاروی برقی و محفظه‌ای ساده جمع‌آوری می‌گردید. در این روش، گردهٔ بسیار هدر می‌رود و افزون بر آن بدلیل خطر حساسیت‌زایی در کارگران بدلیل وجود گرده معلق در هوای تنفسی روش ایمنی به شمار نمی‌آید (Burkner and Perkins, 1975).

بورکنر و پرکینز (۱۹۷۵) با تکیه بر روشهای موجود، اولین دستگاه مکانیکی استخراج گرده خرما را ساختند. آنان در

تحقیق خود دو روش استفاده از برسهای دوار و استفاده از شیکر را جهت خارج کردن گرده از گل‌آذین‌ها مورد مقایسه قرار دادند. با وجود آنکه برسهای دوار از کارایی بالایی در گرده‌گیری از گل‌آذین‌های خشک شده برخوردار بودند، لیکن کارایی آنها در کار با گل‌آذین‌های تازه، که در بردارنده بخش قابل توجهی از گرده است به دلیل جدا شدن گلها، به شدت کاهش می‌یافت (Burkner and Perkins, 1975). گرده خارج شده سپس در اثر خلاء حاصل از پمپ مکش از الک استوانه‌ای دوار عبور نموده و پس از آن جهت جمع‌آوری وارد سیکلون می‌شود. طراحی سیکلون به گونه‌ای بود که قادر به جمع‌آوری گرده‌هایی با ابعاد حداقل ۸ میکرون با بازدهی ۸۵٪ باشد. مقایسه کارایی این دستگاه با کارایی روش دستی که برای ۱۰۰ عدد اسپات محاسبه شده است نشان داد که دستگاه ساخته شده قادر به استخراج ٤١٪ بیشتر گرده می‌باشد (Burkner and Perkins, 1975).

جهت اندازه‌گیری رطوبت گرده‌ها آنها را در آون با دمای ٤٥°C و به مدت ٦ ساعت خشک نمودند. تست قوه نامیه در این روش نیز بر اساس کارهای فر و انریکز انجام شد (Burkner and Perkins, 1975).

مرور مطالب فوق نشان می‌دهد که شبیه‌سازی گام به گام روش سنتی استخراج گرده نخل خرما نگرش حاکم بر تحقیق و طراحی و ساخت دستگاههای ویژه استخراج گرده نخل خرما را تشکیل می‌دهد. در این راستا مشکلات اساسی مرتبط با کمیت، کیفیت، زمان استخراج و استفاده از گرده تولیدی کماکان پابرجا می باشند. یک راهکار اساسی جهت کاهش زمان و افزایش کمیت و کیفیت گرده تولید، بازآفرینی فرآیند استخراج و پیاده‌سازی مبانی حاکم بر آن می‌باشد. بر این اساس با توجه به اینکه گلهای نر تنها اجزای محتوی دانه‌های گرده اسپات هستند، مبانی استخراج گرده نخل خرما را می‌توان در سه گام اصلی جداسازی، خشک‌کردن و غربال کردن گلها مطالعه نمود.

جداسازی گل‌های درختان میوه عموماً در خصوص گلهای ماده و با هدف تنک نمودن آنها و کنترل کمیت و کیفیت محصول انجام می‌شود. تنک دستی گلها نیازمند نیروی کار و هزینه فراوان و در مجموع غیر اقتصادی است. از اینرو استفاده از مواد شیمیایی رواج دارد. در تنک شیمیایی گلها، مواد شیمیایی تنک‌کننده روی گلها پاشیده می‌شوند تا از بارور شدن گلها جلوگیری نمایند. موادشیمیایی تنک‌کننده دارای مزیتی بیشتر در افزایش سفتی بافت میوه بوده، لیکن محتوای مواد جامد محلول را کاهش داده‌اند. بر این اساس امروزه تنک ماشینی به عنوان گزینه‌ای بهینه برای اجرای عملیات و کاهش تاثیر استفاده از مواد شیمیایی مورد توجه محققین قرار گرفته است. این روش که بواسطه مکانیزمهای مختلف باعث جداسازی گلها از درخت می‌شود، در مراحل آزمایشی تحقیقاتی است. بیشتر آزمایشهای به عمل آمده جهت تنک مکانیکی گلها روی سیب و هلو انجام شده‌اند. در یکی از این روشها طنابهای گره‌داری از روی درخت در زمان گل‌دهی کشیده می‌شوند و در روشی دیگر از آب با فشار بالا (بیش از ۳۰ بار) استفاده می‌شود. (Webster & Spencer, 2000).

یک دستگاه مکانیکی متشکل از چند محور دوار که روی آنها طنابهایی نصب شده‌اند برای تنک کردن گل درخت سیب ساخته شده است. با چرخش محورها این طنابها به گلها ضربه وارد نموده و آنها را جدا می‌سازند. مقایسه کارایی دستگاه نشان داده که این ابزار در مقایسه با روش دستی باعث کاهش زمان عملیات به میزان ۲۰ و ٤٥ درصد به ترتیب

برای تنک یک‌طرفه و تنک دوطرفه شده است (Damerow, et al., 2007). در این میان اشاره‌ای به ماهیت و مطالعات نیرویی لازم نشده است.

در تحقیقی اثر غلظتهای مختلف اسید کلرواتیل‌فسفیونیک[1] بر نیروی جداسازی گلبرگهای گل آلستر[2] مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان داد که کاهش نیروی جداسازی گلبرگها تنها در غلظتهای بالا حاصل می‌گردد. در این تحقیق غلظت ۵۰PPM باعث کاهش زمان جداسازی به مدت دو روز گشته و تیمارهای با غلظت پایین تاثیری بر نیرو نداشته‌اند (Wagstaff, et al., 2005). در این میان اشاره‌های به تاثیر مواد شیمیایی بر قوه نامیه گرده خرما نشده است.

مستعان و همکاران (۲۰۱۰) برخی خواص فیزیکی مهم اسپات و اجزای آن و نیروی جداسازی گلهای نر را برای رقم غنامی قرمز تعیین کرده‌اند. در این تحقیق متوسط طول، عرض و ضخامت اسپات به ترتیب ٤٨٨ ، ١٣٩ و ٦٨ سانتی‌متر بدست آمده است. همچنین نتایج کارهای آنان نشان داد که نیروی جداسازی گلها پس از دو روز تهویه در شرایط طبیعی به مقدار ١/١٤٢ نیوتن به ازای هر گل می‌رسد. این میزان با نیروی جداسازی آن در روز سوم و چهارم اختلاف معنی‌داری نداشت. متوسط انرژی جداسازی گلها در روز سوم نیز ۷ نیوتن میلی‌متر بدست آمده است.

در مجموع بدلیل عدم مطالعه تاثیر مواد تنک‌کننده بر قوه نامیه و خروج آن از حوزه این تحقیق، جداسازی گلهای نر نخل خرما به روش مکانیکی به عنوان راهکار اولیه انتخاب گردید. از این‌رو هدف این تحقیق طراحی و ساخت دستگاه جداساز گلهای نر نخل خرما به عنوان بخشی از فرآیند جدید استخراج گرده نخل خرما می‌باشد. فرضیه اساسی در این تحقیق عبارت است از اینکه با انتخاب مکانیزم مناسب و نگهداری اسپاتها در شرایط مناسب، جداسازی گلها با حداقل نیرو و کاهش قوه نامیه انجام شود.

مواد و روشها

فرآیند مورد استفاده در این تحقیق در قالب نمودار الگوریتم کلی فرآیند طراحی مشتمل بر گامهای شش‌گانه تعریف شاخصهای طراحی، تولید ایده‌های طراحی، پر کردن خلاء اطلاعات مورد نیاز، طراحی تفصیلی ابزار، ساخت نمونه واقعی ابزار و ارزیابی ابزار در شرایط واقعی اجرا گردید (Mostaan, 2010 b).

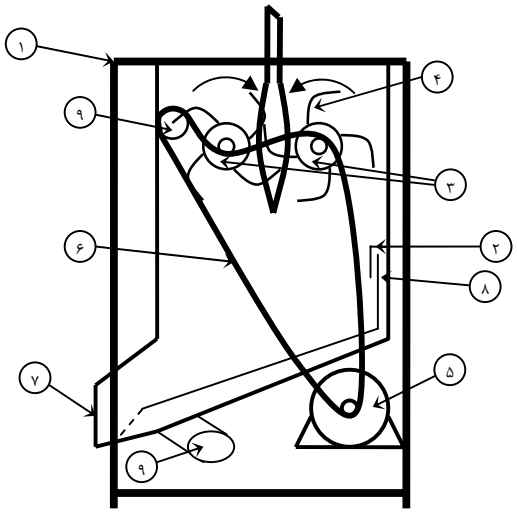
طرح این دستگاه با توجه هدف اصلی جداسازی گل‌ها با حداقل آسیب ممکن و نتایج مطلوب بورکنر و پرکینز (۱۹۷۵) در کاربرده برسهای دوار و گزارش دامیروف و همکاران (۲۰۰۷) به صورت ترکیبی از مکانیزم برسهای دوار و مکانیزم ضربه‌ای انتخاب گردید. این انتخاب بر این فرض استوار که با اعمال ضربه به محل اتصال گل بواسطه طراحی مناسب دستگاه، می‌توان گل‌ها و بخشی از گرده موجود در آنها را به سرعت جدا نمود.

طرح پایه انتخابی برای دستگاه به صورت شکل ۱ می‌باشد. در این دستگاه با چرخش متقابل غلطکها عملگرهای انعطاف‌پذیر متناسب با سرعت دوران دارای انرژی جنبشی شده و در برخورد با گل‌آذین، گل‌های متصل به آن را در اثر

[1] - chloroethylphosphonic acid

[2] - *Alstroemeria peruviana* cv. Rebecca

ضربه حاصل جدا می‌نماید. در اثر ضربه و عمل جداسازی مقدار قابل توجهی از گرده گل‌ها در هوا پراکنده شده و گل‌های منفرد نیز از مجرای گل خارج شده و قابل جمع‌آوری می‌باشند. گرده پراکنده شده در هوا از طریق کانال گرده و مجرای خروجی گرده توسط انواع واحدهای جمع‌کننده گرده جمع‌آوری می‌گردد.



۱- شاسی
۲- محفظه جداسازی
۳- غلطک‌های جداساز
۴- عملگرهای جداساز
۵- موتور الکتریکی
۶- سیستم انتقال توان
۷- مجرای گل
۸- کانال گرده
۹- مجرای خروج گرده

شکل ۱: طرح انتخابی جداساز گل‌های نر نخل خرما

طراحی این دستگاه بر اساس الگوریتم کلی فرآیند طراحی و با بهره‌گیری از جداول و استانداردهای طراحی و ماشین‌سازی (Valinejad, 2000) و مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار طراحی مهندسی Autodesk® Mechanical Desktop® انجام گرفت. محاسبات ابعادی و نیرویی مربوط به گل‌آذین و گلهای نر نخل خرما بر اساس نتایج کارهای مستعان و همکاران (۲۰۱۰) انجام گردید.

آزمون کارایی دستگاه در جداساز گل‌ها و تاثیر ممکن بر قوه نامیه گرده خرما به صورت آزمایش چند عاملی با دو عامل نحوه نگهداری گل‌آذین پیش از جداسازی (به صورت تهویه نشده درون در غلاف اسپات و به صورت باز و تهویه شده) و زمان نگهداری قبل از جداسازی (در ۳ سطح ۱، ۲ و ۳روز پس از جداسازی اسپات از نخل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید.

بلوک‌بندی طرح آزمایشی بر مبنای وزن اسپاتها انجام گرفت. بدین معنا که اسپاتها به سه گروه وزنی تقسیم شده، هر گروه به عنوان یک تکرار کامل مورد استفاده قرار گرفت. آزمون جداسازی بدین شکل انجام شد که پس از پوست‌برداری گل‌آذین‌های با تیمار تهویه شده، آنها را روی دار از قبل آماده شده قرار داده تا زمان تهویه مورد نیاز مطابق برنامه سپری شود. گل‌آذین‌های تهویه نشده نیز در اسپات نگه داشته شده و پوست‌برداری آنها مطابق برنامه زمانی آزمایش انجام شد. محیط مورد استفاده جهت نگهداری تمامی اسپاتها شامل اتاقی به حجم تقریبی ۷۰ متر مکعب بود که دمای آن در زمان انجام آزمایشات با استفاده از سیستم خنک کننده در حدود ۲۵ درجه سلسیوس کنترل گردید. برای جمع‌آوری گرده رها شده از دستگاه جداساز سیکلونی با دبی هوای ۰/۱٤۱٦ متر مکعب در ثانیه و با متوسط بازده ۹۵ درصد استفاده گردید (Mostaan, 2010 b). برای توزین گلها از ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم و برای توزین گرده از

ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. محتوای رطوبتی گلها و گرده با خشک کردن آنها در آون و به ترتیب در دمای ۷۰ و ٤٥ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد. آزمون قوه نامیه نیز به روش MBK انجام شد.

نتایج و بحث

الف: طراحی دستگاه جداساز گل

الف-۱ طراحی عملگرهای جداساز

بدلیل رفتار ارتجاعی پیچیده میله‌های انعطاف‌پذیر، مبانی طراحی عملگرها بر اساس انرژی جداسازی گلها و انرژی جنبشی میله جداساز استوار است. بر این اساس فرض می‌شود میله تمامی انرژی جنبشی را در فاصله ۱۸۰ درجه چرخش محور کسب می‌کند و در زمان تماس میله با محل اتصال گل تمامی انرژی جنبشی آن به کار مفید لازم برای جداسازی گل تبدیل می‌شود. در این صورت با توجه به روابط گشتاور و ممان اینرسی میله در اثر چرخش و نیروی مورد نیاز برای جداسازی گلها می‌توان طول (l) مناسب میله را محاسبه نمود. از این رو:

ممان اینرسی (I) میله صلب در حال دوران حول انتهای خود:

$$I = {}^{1}/_{3}\, ml^2 = \frac{1}{3}(\dot{m}l)l^2 = \frac{1}{3}\dot{m}l^3$$

از میان مواد موجود در بازار کابل روکش‌دار ۳ میلی‌متری قابل انعطاف با وزن تقریبی ۷/٤٦ گرم = $\dot{m}$ به ازای هر متر طول به عنوان عامل جداسازی انتخاب گردید. همچنین با توجه ارتباط نزدیک کاربر با عملگرها و ضرورت استفاده از دور پایین به منظور تامین شرایط ایمنی، نوع موتور در دسترس و امکان کاهش دور آن توسط کنترل‌گرهای الکترونیکی و کاهش سر و صدای تولیدی دستگاه دور محور با توجه به عوامل زیر ۱٤۰۰ دور در دقیقه انتخاب گردید. لذا سرعت زاویه‌ای محور عبارت است از:

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times 1400}{60} = 146.6\, rad/s$$

انرژی جنبشی (E_d) میله در حالت دوران آزاد به شرح زیر می‌باشد.

$$E_d = {}^{1}/_{2}\, I\omega^2$$

کار مورد نیاز برای جداسازی گلها در روز دوم پوست‌برداری برابر با ۷ نیوتن میلی‌متر بدست آمده است این مقدار به منظور طراحی برابر با ۰.۰۱ نیوتن متر برآورد می‌شود. از این رو

$$E_d = {}^{1}/_{2}\, I\omega^2 = \frac{(0.00764 \times l^3)}{6} \times (146.6)^2 = 0.01 \gg l = \sqrt[3]{\frac{6 \times 0.01}{0.00764 \times (146.6)^2}} \approx 8mm$$

با توجه به فرضهای محاسبات، طول طراحی عملگرها ۱۰ سانتی‌متر انتخاب گردید. از اینرو میزان انرژی اسمی هر عملگر عبارت است از:

$$E_d = {}^{1}/_{2}\, I\omega^2 = \frac{(0.00764 \times 0.1^3)}{6} \times (146.6)^2 = 0.027\, J$$

با توجه به تخلیه انرژی در هر دور چرخش محور توان مصرفی برای تولید این انرژی برای هر عملگر عبارت است

از:

$$P = \frac{E_d}{t} = \frac{0.027}{\frac{60}{1400}} = 0.63\ W$$

برای انتخاب موتور مناسب ابتدا ابعاد کلی غلتکها با توجه به ابعاد گل‌آذین برابر با ۲۵ سانتی‌متر انتخاب شد. با جایگذاری یک در میان عملگرها روی غلتک در ۸ ردیف تعداد ٤٨ عملگر روی هر غلتک و در مجموع ۹٦ غلتک قابل تعبیه بود. بنا بر این و با توجه به ضریب انتقال توان ۲ توان مورد نیاز برابر با ۱۲۱ وات بدست آمد. این توان برای موتورهای صنعتی اندک و حداقل موتور قابل انتخاب موتور نیم با توان نامی ۳۷۵ وات بود. از این رو این موتور برای راه‌اندای سیتم انتخاب گردید. در نتیجه تنها ۳۳ درصد از توان موتور انتخابی به کار گرفته می‌شود. با استفاده از این موتور و انتخاب تعداد غلطک مناسب می‌توان در مجموع ۲۹٦ عملگر روی غلتکها نصب نمود.

الف-۲ طراحی محفظه و شاسی دستگاه

ابعاد کلی محفظه با توجه به طول عملگرهای جداساز و در نظر گرفتن ابعاد کلی اسپاتهای نخل خرما انتخاب گردید. این ابعاد ۳۲×۳٦×۷۵ سانتی‌متر انتخاب شد. طراحی شاسی نیز با درنظر گرفتن طرح محفظه، تکیه‌گاه یاتاقانها و سایر جنبه‌ها از جمله جنبه ارگونومیک انجام گردید.

الف-۳ طراحی سیستم انتقال نیرو

با توجه به مقدار توان انتقالی و لزوم گردش مخالف غلطکها، استفاده از تسمه شش گوش AA الزامی گردید. بنابراین انتخاب به این نوع تسمه محدود شد. با توجه به ابعاد دستگاه و نحوه قرارگیری پولی‌ها تسمه AA67 انتخاب شد. این تسمه امکان قرارگیری موتور در فضای زیرین محفظه دستگاه را امکان‌پذیر ساخت. با توجه به نسبت دور مورد نیاز و فضای موجود، پولیهای برابر ۱۰ سانتی‌متر برای قرارگیری روی محورها انتخاب شدند.

ب: ساخت نمونه واقعی

دستگاه جداساز گلها با استفاد از فرآیندهای مرسوم ورق‌کاری، برش، جوشکاری و تراشکاری ساخته شد. نمونه حقیقی این دستگاه در شکل ۲ مشاهده می‌شود.

شکل ۲: نمای حقیقی واحد جداساز دستگاه جداساز گلهای نر نخل خرما

ج: ارزیابی نهایی کارایی ابزار

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های شاخصهای ارزیابی دستگاه جداساز، اثرات اصلی و متقابل نحوه تهویه گل‌آذین و زمان تهویه بر زمان جداسازی، شاخص جداسازی، رطوبت گلها و رطوبت گرده در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. این اثر در خصوص میزان گرده خشک، قوه نامیه گرده استحصالی و میزان گرده خشک زنده معنی‌دار نبود و تنها اثر اصلی نحوه تهویه گل‌آذین بر میزان گرده خام گردآوری شده در سیکلون در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود. نتیجه مقایسه میانگینهای مربوط به اثر متقابل دارای اختلاف معنی‌دار در جدول ۱ و مقایسه میانگینهای مربوط به اثر مستقل دارای اختلاف معنی‌دار در جدول ۲ مشاهده می‌شود. بحث مربوط به این شاخصها به شرح زیر است:

جدول ۱: مقایسه میانگینهای مربوط شاخصهای دارای اثر متقابل معنی‌دار (۰/۰۵=)

تیمار	زمان جداسازی (ثانیه)	شاخص جداسازی (بی‌بعد)	رطوبت گلها (درصد پایه تر)	رطوبت گرده (درصد پایه تر)
تهویه شده * روز اول	۵۰/۷۰b	۰/٦٧٨b	٦٦/٣٤c	۲۰/۷۹b
تهویه شده * روز دوم	۱۹/۲۲c	۰/۹۹۰a	٦٢/٣٦d	۱۱/۵۳c

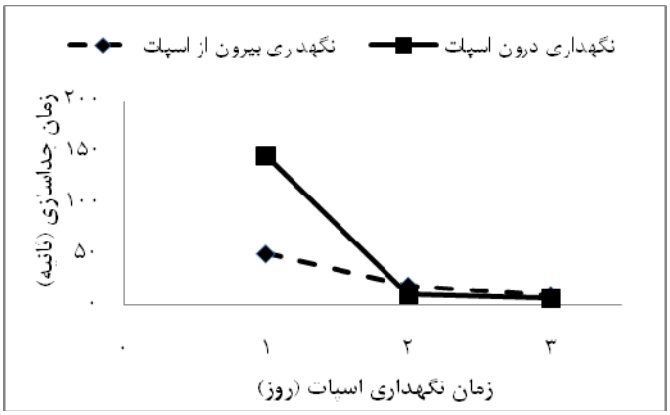
تهویه شده * روز سوم	۱۰/۰۲c	۱/۰۰۰a	۵۲/۵۳e	۱۱/۰٦c
تهویه نشده * روز اول	۱٤٦/۱a	۰/۲۵۵۲c	٦۸/۲۹bc	٤۳/٤۱a
تهویه نشده * روز دوم	۱۰/۷۱c	۱/۰۰۰a	۷۰/۹۰ab	٤۲/۲٦a
تهویه نشده * روز سوم	٦/۸۲۷c	۱/۰۰۰a	۷۲/۸٤a	٤۱/۱۷a

جدول ۲: مقایسه میانگین‌های اثر مستقیم نحوه تهویه اسپات بر میزان گرده جمع‌آوری شده در سیکلون (۰/۰۵=)

تیمار	گرده جمع‌آوری شده (گرم)
تهویه شده	۳٦/۲۲۷B
تهویه نشده	۵۳/۲۳۰A

ج-۱ زمان جداسازی گلها

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود سطح اول عامل زمان نگهداری گل‌آذین در هر دو سطح عامل تهویه گل‌آذین متفاوت از سایر سطوح است. شکل ۳ این اثر را به وضوح نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که با وجود تفاوت معنی‌دار زمان جداسازی در روز اول میان دو نحوه تیمار اولیه گل‌آذین، این اثر در روزهای بعد معنی‌دار نبود و از نقطه‌نظر آماری، هر دو روش منجر به نتیجه یکسان در زمان مورد نیاز جهت جداسازی تمام گلهای گل‌آذین نر نخل خرما می‌شود. این زمان برای گروه سوم آماری به طور متوسط ۱۱/۷ثانیه است که در مقایسه با زمان جداسازی روز اول برای تیمار تهویه شده و تهویه نشده به ترتیب باعث کاهشی به میزان ۷۷ و ۹۲ درصد در زمان جداسازی گلها گشته و از این رو زمان قابل قبولی به شمار می‌آید.

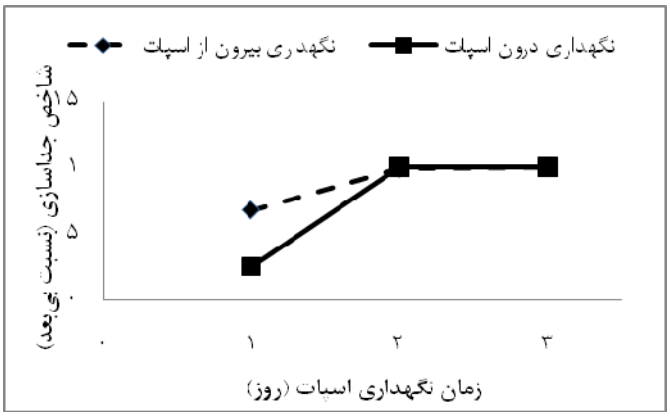


شکل ۳: زمان جداسازی گلها در تیمارهای مختلف

ج-۲ شاخص جداسازی گلها

این شاخص به معنی میزان موفقیت دستگاه در انجام عمل جداسازی به شمار می‌آید. بر اساس نتایج شکل ٤ میزان موفقیت دستگاه در جداسازی گلهای نر در روز اول برای هر دو روش کمتر از ۱ می‌باشد. با توجه به شکل ٤ مشاهده

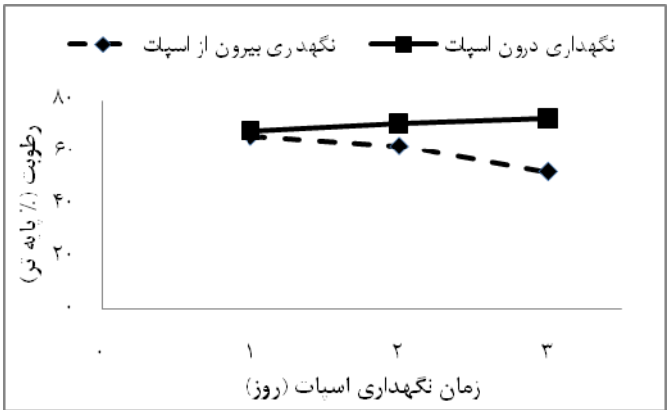
می‌شود که در روز اول، گلهای نگهداری شده در اسپات نسبت به گل‌آذین تهویه شده کمتر از گل‌آذین جدا می‌شوند. تفاوت آماری زمان جداسازی گلها (شکل ۳) در روز اول را می‌توان در ارتباط با مقاومت لایه اتصال بررسی نمود. در روز اول بدلیل بالاتر بودن مقاومت لایه اتصال گلها در گل‌آذین تهویه نشده در مقایسه با گل‌آذین تهویه شده، شاخص جداسازی کمتر و همچنین زمان جداسازی بیشتر. در روز دوم مشاهده می‌شود افزایش شاخص جداسازی نسبت به روز اول در گل‌آذین تهویه شده در مقایسه با گل‌آذین تهویه نشده کمتر است. در این روز تمامی گلهای گل‌آذین تهویه نشده با کمترین تماسی ریزش می‌یابند. این اثر را می‌توان با فعالیت هورمونی و عدم تهویه گل‌آذین در ارتباط دانست. نتیجه حاصل با یافته‌های (Wagstaff, et al., 2005) از هماهنگی خوبی برخوردار بوده و انجام مطالعات تکمیلی توصیه می‌شود.



شکل ٤: شاخص جداسازی گلها

ج-۳ رطوبت گلها

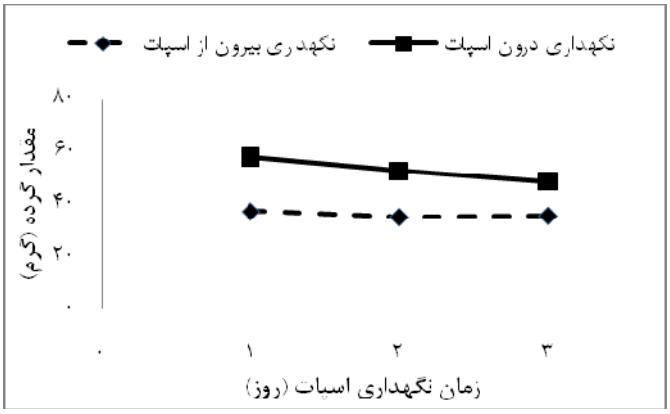
رطوبت گلها در دو روش تهویه با افزایش زمان روندی متفاوت دارد. در حالی که در گل‌آذین تهویه شده مطابق انتظار رطوبت کاهش می‌یابد، این روند در گل‌آذین تهویه نشده متفاوت است و به مقدار اندکی افزایش می‌یابد (شکل ۵). این امر می‌تواند با تنفس گلها و احتمالاً انتقال آب از رشته‌ها به گلها در ارتباط باشد. رطوبت گلهای جدا شده از گل‌آذین تهویه نشده در روز دوم ۷۰/۹ درصد است که در مقایسه با رطوبت ٦۲/۳٦ درصد گلهای حاصل از گل‌آذین تهویه شده، نیازمند زمان و انرژی بیشتری برای خشک کردن بوده و خطر تاثیر دمای خشک کردن بر قوه نامیه گرده نیز بیشتر است.



شکل ۵: تغییرات رطوبت گلهای نگهداری شده درون و خارج از اسپات

ج-٤ مقدار گرده خام

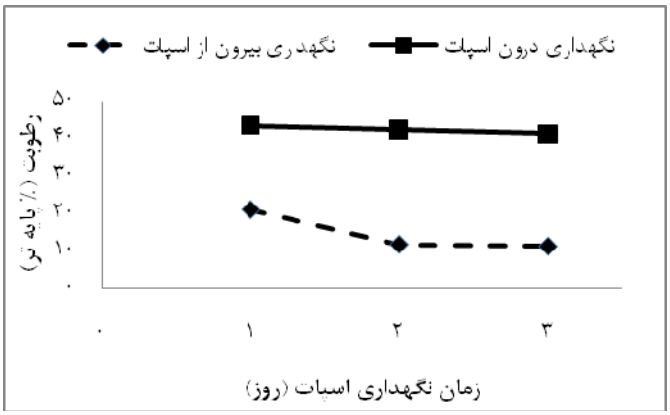
اثر نحوه تهویه گل‌آذین بر جرم گرده دریافتی از آن در فرآیند جداسازی گلها در شکل ٦ دیده می‌شود. اثر مشاهده شده در این شکل اثر اصلی عوامل است و همانگونه که مشاهده می‌شود، هر دو سطح عامل اول رفتاری مشابه در سطوح عامل دوم دارند. مقدار گرده استخراج شده از گلهای تهویه نشده به مراتب بیشتر از گرده گلهای تهویه شده است. باید توجه داشت که این اثر ظاهری بوده و در ادامه با توجه به رطوبت گرده استخراجی مورد تحلیل قرار گیرد.



شکل ٦: مقدار گرده استحصالی از گل‌آذین‌های تهویه شده و تهویه نشده

ج-۵ رطوبت گرده

رطوبت گرده استحصالی در هر دو روش نگهداری گل‌آذین در شکل ۷ مشاهده می‌شود. بر این اساس گرده استخراج شده در روز دوم از گلهای تهویه نشده با رطوبتی معادل ٤۲/۲٦ درصد، دارای رطوبتی به مراتب بیشتر از گرده گلهای تهویه شده با رطوبت ۱۱/۵۳ درصد است. این امر نشانگر قابلیت نگهداری بیشتر و نیاز به انرژی، زمان و ریسک کمتر خشک کردن گرده گلهای تهویه شده نسب گرده گلهای تهویه نشده را نشان می‌دهد.



شکل ۷: تغییرات رطوبت گرده درون و خارج از اسپات

ج-٦ گرده خشک

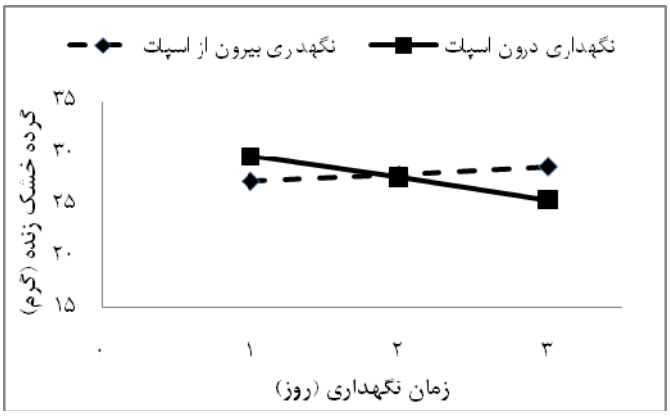
اثر هیچ یک از عوامل بر این ویژگی از نظر آماری معنی‌دار نبود. این امر با تلفیق نتایج دو نمودار شکل ٦ و شکل ٧ قابل بررسی است. با وجود اینکه گرده حاصل از گلهای تهویه نشده (نمودار شکل ٦) به شکل معنی‌داری بیشتر از مقدار گرده گلهای تهویه شده است لیکن وجود رطوبت زیاد در توده گرده گروه اول سبب اصلی این پدیده ظاهری می‌باشد (نمودار شکل ٧). برابر بودن آنها معنای دیگری نیز می‌تواند به معنای نزدیکی مقدار گرده استحصالی به میزان گرده موجود در کل گل‌آذین باشد.

ج-٧ قوه نامیه

عدم وجود اختلاف آماری میان قوه نامیه دو روش تهویه و عدم تهویه گل‌آذین بیانگر این واقعیت است که در هر دو روش نگهداری، تا مدت سه روز پس از بریده شدن اسپات تغییر معنی‌داری در قوه نامیه گرده حاصل از دو روش وجود ندارد. با این وجود انتظار می‌رود که در گلهای تهویه نشده بدلیل افزایش رطوبت و دما، با گذشت زمان کاهش قوه نامیه در اثر شرایط محیطی و نیز رشد قارچها و کپکها مشاهده گردد که خارج از حوزه این تحقیق بوده و نیازمند تحقیق جداگانه‌ای است.

ج-٨ گرده خشک زنده

عامل نهایی و برآیند شاخصهای ارزیابی کیفی عملکرد دستگاه ساخته شده در قالب نمودار شکل ٨ مشاهده می‌شود. لذا می‌توان گفت که هر دو روش منجر به مقدار برابر گرده خشک زنده شده‌اند. با این وجود بزرگی میزان آماره F و مشاهده روند تغییرات نمودار می‌تواند بیانگر این فرض باشد که در صورت افزایش زمان نگهداری، بدلیل اثرات محیطی و زیستی بر قوه نامیه گرده گل‌آذین‌های تهویه نشده و نیز ریزش سریع گلها، اختلاف معنی‌داری میان دو تیمار نگهداری گل‌آذین‌ها مشاهد گردد.



شکل ٨: مقدار گرده خشک زنده استحصالی در دو روش تهویه و عدم تهویه گل‌آذین

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مجموع می‌توان به این نتیجه دست یافت که دستگاه ساخته شده موفق به انجام عمل جداسازی گلهای نر نخل خرما

در هر دو روش تهویه شده و تهویه نشده پس از دو روز نگهداری گل‌آذین می‌باشد. در این میان با وجود نتیجه یکسان در جداسازی گلها در هر دو روش، روش تهویه گلها بدلیل خطر تاخیر در اجرای عملیات و کاهش قوه نامیه در صورت عدم توجه به اسپاتهای باز نشده و زمان و انرژی کمتر برای خشک کردن گلها و گرده و مخاطرات ناشی از آن بر روش تهویه نشده رجحان دارد.

در خاتمه با توجه به تنوع ارقام، گستره وسیع شرایط نگهداری و آماده‌سازی گل‌آذین، و عوامل متغیر دستگاه جداساز همچون تعداد عملگر جداساز، سرعت دوران، نسبت دوران غلطکها و ... انجام مطالعات تکمیلی برای یافتن شرایط عملکردی بهینه دستگاه برای ارقام و مناطق مختلف توصیه می‌گردد. در پایان این بخش، گلهای جدا شده دارای محتوای رطوبتی بالا بوده و باید برای فرآوری بعدی خشک شوند. همچنین بر خلاف انتظار اولیه مقدار قابل توجهی گرده از گلها جدا گردید که با توجه به نتایج نزدیک به هم در هر دو روش تهویه گل‌آذین به نظر می‌رسد بخش قابل توجهی از گرده اسپات را شامل شود. در این راستا مطالعه رفتار خشک شدن گلها و گرده به منظور تکمیل فرآیند استخراج گرده خرما توصیه می‌شود.

تشکر و سپاسگذاری

بدینوسیله از کلیه عزیزانی که در به ثمر رسیدن این تحقیق همکاری داشتند به ویژه مدیریت محترم موسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور و حاج محسن حاجیان، باغدار نمونه اروندکنار به دلیل همکاری در تهیه اسپات نر غنامی قرمز تشکر می‌نماییم.

منابع مورد استفاده

Burkner, P. F., and R. M. Perkins. 1975. Mechanical extraction of date pollen. Date Grower's Institute Annual Report No. 52: 3-7.

Damerow, L., Kunz, A., Blanke, M. 2007. Regulation of fruit set by mechanical flower thinning. Mechanische Fruchtbehangsregulierung, Erwerbs-Obstbau 49:1–9.

Eeta, M. 1986. Analysis of some points about date palm pollination (Study Report). Plant & Seed Registration and Certification Institute, Karaj, Iran. 51p. (in Farsi)

FAOSTAT. 2009. Date palm trade statistics. Online available on the web: http://www.fao.org.

Furr, J. R. and Enriquez, V. M. 1966. Germination of date pollen in culture media. Date Growers' Institute Rep. No.43, 24-27.

Furr, J. R. and Ream, C. L. 1968. The influence of temperature on germination of date pollen. Date Growers' Institute Rep No.45, 7-9.

Haffar, I. 1999. Design and testing of a microduster for date palm pollination (abstract). Available on the web: http:\\www.asae.org\.

Mostaan, A. 2010. Design and Development of an Electric Date Palm Pollinator (final report of AREO research project No: 2-018-190000-04-8301-83-002). Date Palm and Tropical Fruit Research Institute of Iran: 34pp. (in Farsi)

Mostaan, A. 2010. Study and Performance Evaluation of a New Process of Pollen Extraction from Date Palm Male Flowers. Unpublished Thesis

Mostaan, A., Minaee, S., Tavakoli Hashjin, T. and SheikhDavoodi, M. 2010. Physical Properties and Detachment Force of Date Palm Male Flowers. Unpublished Paper

Mostaan, A., Minaee, S., Tavakoli Hashjin, T. and Ahmadizadeh, A. 2009. Effects of Near Ambient Temperatures on Date Palm Pollen Viability. Scientific Journal of Agriculture. (in Farsi)

Mostaan, A. and Ahmadizadeh, S. 2008. Management of sustain production of pollen; the strategic input in date palm cultivation. Keshavarzi va Sanat. 104: 33-37. (in Farsi)

Valinejad, A. 2000. Design and Manufacturing Tables and Standards. Tarah Publication, Tehran, Iran: 334 pp. (in Farsi)

Webster, A. D., Spencer, J. E. 2000. Fruit thinning; plums and apricots. Plant Growth Regulation 31: 101-112.

Wagstaff, C., Chanasut, U., Harren, F. J. M., Laarhoven, L. J., Thomas, B., Rogers, H. J., and Stead, A. D. 2005. Ethylene and flower longevity in Alstroemeria: relationship between tepal senescence, abscission and ethylene biosynthesis. Journal of Experimental Botany, 56 (413): 1007–1016.