

تعیین مناسب‌ترین بسامد و مدت زمان نوسان شاخه‌تکان پنوماتیک زیتون

علی رضایی^۱ - محمد لغوی^۲ - سعادت کامگار^۳ - یاسر مهدی پور^{۴*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۷

چکیده

در حال حاضر برداشت محصول زیتون در ایران به صورت دستی انجام می‌شود. هزینه کارگری به‌عنوان بزرگ‌ترین مشکل در برداشت زیتون به حساب می‌آید. برای حل این مشکل و مکانیزه کردن عملیات برداشت، دستگاه شاخه‌تکان پنوماتیک قابل حمل و سبکی برای برداشت زیتون طراحی و ساخته شد. در این دستگاه برای ایجاد حرکت نوسانی از یک جک دوطرفه پنوماتیک، دو کلید مغناطیسی و یک مدار الکترونیکی استفاده شد. برای تعیین عملکرد شاخه‌تکان تست مزرعه‌ای روی درخت زیتون در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار و در ۳ سطح بسامد (۱۲، ۱۶ و ۲۰ هرتز) و ۳ زمان تکنیدن (۵، ۱۰ و ۱۵ ثانیه) و در یک دامنه ثابت ۵ سانتی‌متری انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که بسامد نوسانی و زمان تکنیدن اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ روی بازده شاخه‌تکان دارند، در حالی که اثر متقابل آنها معنی‌دار نبود. با ثابت بودن مدت زمان نوسان، اثر افزایش بسامد نوسان بر درصد ریزش میوه زیتون معنی‌دار بود. اما در بسامد ثابت، افزایش مدت زمان نوسان تأثیر معنی‌داری بر درصد برداشت زیتون نداشت. نیروی استاتیکی جداسازی میوه از شاخه اندازه‌گیری و با نیروی دینامیکی محاسبه شده مقایسه گردید. در نهایت بسامد ۲۰ هرتز در مدت زمان نوسان ۵ ثانیه به‌عنوان مناسب‌ترین محدوده برای این شاخه‌تکان در برداشت زیتون رقم روغنی انتخاب گردید.

واژه‌های کلیدی: بسامد نوسان، دامنه نوسان، زیتون، شاخه‌تکان

مقدمه

در امتداد شاخه انتقال می‌یابند، از محل اتصال خود جدا می‌گردد. برای طراحی ماشین‌های برداشت میوه، عموماً خواص فیزیکی و مکانیکی درختان و میوه‌ی آنها مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار می‌گیرد. برخی از این خواص شامل نیروهای مؤثر در برداشت میوه و مقاومت‌های کششی، پیچشی و خمشی درخت و میوه می‌باشد. ماشین‌های برداشت درختان میوه، معمولاً از نوع تک‌اندنه تنه یا شاخه می‌باشند. این ماشین‌ها تا جایی که درخت و میوه آن نیرو وارد می‌نمایند که برآیند نیروهای اعمال شده از نیروی چسبندگی بین میوه و دم آن بیشتر گردد. بنابراین لازم است که نیروهای چسبندگی میوه به دم تعیین شده تا یکی از داده‌های ضروری طراحی ماشین برداشت میوه تعیین گردد (Barnes, 1969).

متغیرهایی که در طراحی و عملکرد برداشت کننده نوسانی تأثیر می‌گذارند، عبارتند از: دامنه، بسامد نوسان اعمال شده و نقطه اعمال تحریک خارجی (نقطه اعمال نیرو). رشد متراکم شاخه‌های اصلی، بالا بودن میزان میراثی شاخ و برگ‌ها و مقاومت‌های ذاتی از نقطه نظر اینرسی باعث انتقال نامناسب نوسانات شده و جداسازی میوه از درخت را با مشکل مواجه می‌کند (O'Brien et al., 1983; Fridley and Adrian, 1960; Hoag et al., 1970).

روش‌های زیادی برای تولید نوسان وجود دارد؛ یکی از روش‌های

مکانیزاسیون تولید محصولات باغی امروزه یکی از مباحث مهم علم کشاورزی است. این امر در کاهش هزینه‌های کارگری، برداشت به موقع محصولات و بازاررسانی به موقع نقش به‌سزایی دارد. علاوه بر برداشت دستی که غیره مکانیزه است، برداشت میوه می‌تواند به دو صورت مکانیزه و نیمه مکانیزه صورت گیرد. برداشت مکانیزه، برداشتی است که در آن جداسازی میوه بدون تماس دست انجام می‌پذیرد. مکانیزم‌های مختلفی تاکنون برای انجام این کار طراحی و ساخته شده‌اند؛ یکی از این مکانیزم‌ها، مکانیزم نوسانی می‌باشد. در ماشین‌های تک‌اندنه، نیروهای نوسانی به تنه یا شاخه‌های اصلی به سیستم اتصال میوه منتقل می‌شوند و میوه توسط نیروهای نوسانی که

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲- استاد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۳- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۴- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده

کشاورزی، دانشگاه شیراز

*- نویسنده مسئول: (Email: mehdi.pour.yaser@gmail.com)

می‌باشد (Sessiz and Özcan, 2006).

پنوماتیک، استفاده از یک گاز به منظور انتقال توان از یک نقطه به نقطه دیگر است. تقریباً همیشه گاز استفاده شده در پنوماتیک به خاطر دسترسی آسان، هوا می‌باشد. در بعضی سیستم‌ها از نیتروژن خالص استفاده می‌شود (Shirkhorshidiyan and Rahrovan, 2011).

زیتون^۲ (با نام علمی: *Olea europaea*) شامل تقریباً ۲۰ گونه درختان کوچک از خانواده Oleaceae می‌باشد. باید این نکته را در نظر داشت که ایران با دارا بودن پتانسیل‌های بالا- به‌طوری‌که حدود ۲۳ استان آن قادر به تولید محصول زیتون می‌باشد- بازار جهانی اندکی را به خود اختصاص داده است؛ لذا مکانیزه کردن تولید زیتون و تشویق به توسعه تجارت زیتون از راهکارهای مؤثر بر این بازار می‌باشد (Mirmousavi and Akbari, 2010). براساس گزارش IOOC^۳ تولید روغن زیتون در سال ۲۰۰۹-۲۰۰۸ در ایران و جهان به ترتیب ۳ و ۲۸۶۶/۵ هزار تن بوده است (Yousefi et al., 2010). در حال حاضر برداشت محصول زیتون در ایران به‌وسیله دست انجام می‌شود. گرانی نیروی کار و تأمین کارگر، به‌عنوان بزرگ‌ترین مشکل در برداشت زیتون به حساب می‌آید (Yousefi et al., 2010). در هنگام برداشت درختان با ارتفاع بلند، کارگران از روش ضربه‌زنی با چوب استفاده می‌کنند، که باعث صدمه دیدن میوه‌ها و پایین آمدن کیفیت آن‌ها می‌شود. روش برداشت که تحت تأثیر آن کمیت و کیفیت محصول نهایی زیتون رقم می‌خورد و نیز هزینه‌های بالای برداشت دستی به‌عنوان دو عامل مهم در توسعه برداشت مکانیکی زیتون به شمار می‌آیند؛ بنابراین برای تولید با کیفیت روغن و کنسرو زیتون و کاهش هزینه‌های برداشت، برداشت مکانیزه زیتون باید مد نظر قرار گیرد (Ferguson, 2006).

با توجه به مطالعات انجام شده و کمبود منابع اطلاعاتی در داخل کشور، تحقیقی با اهداف مشخص طراحی و اجراء گردید. هدف این تحقیق مبتنی بر دو قسمت می‌باشد:

طراحی و ساخت دستگاه شاخه‌تکان پنوماتیکی قابل حمل
تعیین بهترین بسامد و مدت زمان نوسان برداشت زیتون
به‌وسیله‌ی دستگاه ساخته شده

مواد و روش‌ها

ساخت دستگاه

دستگاه مورد نظر از دو قسمت کلی تشکیل گردیده است: الف- مجموعه‌ی تجهیزات محرک دستگاه شاخه‌تکان ب- بازوی نوسانی

ایجاد نوسان در درختان استفاده از درخت‌تکان‌های اینرسیایی می‌باشد، که در دو طرح ساخته می‌شود: ۱- مکانیزم وزنه‌های خارج از مرکز که بیشتر برای نوسان تنه به‌کار می‌رود و ۲- مکانیزم لنگ و لغزنده که بیشتر برای نوسان شاخه به‌کار می‌روند (Thomson, 1988).

در پژوهشی یک شیکر اینرسیایی^۱ به منظور برداشت زیتون مورد استفاده قرار گرفت و نتایج نشان داد که برای جداسازی بهینه میوه، درخت باید در محدوده فرکانس ۲۰ تا ۲۸ هرتز و دامنه ۲۰ تا ۳۰ میلی‌متر برای مدت زمان ۱۰ ثانیه به نوسان در آید (Kececioglu, 1975).

گلپیرا (۱۹۹۸) دستگاه نوسان‌دهنده شاخه را در ایران طراحی کرده و به مرحله ساخت در آورد. سپس آزمایش‌هایی را به منظور تعیین بهترین دامنه و بسامد نوسان برای میوه زیتون انجام داد. نتیجه‌ی تجزیه واریانس آزمایش‌های او نشان داد، تأثیر سطوح مختلف دامنه و بسامد نوسان بر جداسازی میوه زیتون معنی‌دار بوده، در حالی‌که این دو عامل تأثیر متقابل بر هم نداشته‌اند (Golpira, 1998).

لغوی و ابونجمی (۲۰۰۱) دستگاه نوسان‌دهنده آزمایشگاهی را به منظور برداشت خرما طراحی کرده و به مرحله ساخت و آزمایش در آورد. آزمایش‌هایی با این دستگاه در باغ نمونه چهارم انجام شد؛ نتایج این آزمایش‌ها نشان داد که تأثیر سطوح مختلف دامنه و بسامد نوسان و همچنین اثر متقابل این دو فاکتور معنی‌دار بود. در این تحقیق مناسب‌ترین (به‌منظور بازده و کیفیت برداشت بالا) دامنه و بسامد نوسان به ترتیب ۶۰ میلی‌متر و ۵ هرتز گزارش شد (Loghvi and Abounajmi, 2001).

در تحقیقی دیگر لغوی و محسنی (۲۰۰۶) نوعی شاخه‌تکان به منظور تعیین بهترین دامنه و بسامد نوسان در برداشت لیمو، ساخته و مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق سه سطح بسامد (۵، ۷/۵ و ۱۰ هرتز) و سه سطح دامنه نوسان (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر) مورد مطالعه قرار گرفت. در نهایت تکایدن شاخه با دامنه ۸۰ میلی‌متر و بسامد ۱۰ هرتز با جدا سازی ۹۸/۵ درصد میوه و ریزش ناچیز برگ، مناسب‌ترین ترکیب شناخته شد (Loghavi and Mohseni, 2006).

در مکانیزمی یک سیستم پنوماتیک شامل پمپ باد و جک مورد استفاده قرار گرفت، که جک به انتهای تیرک نوسان‌دهنده متصل و عمل رفت و برگشت پیستون جک با کورس کم موجب نوسان می‌گردید (Coppoc, 1974). در پژوهشی دیگر یک دستگاه شاخه‌تکان پنوماتیکی پشت تراکتوری در آزمایشی جهت برداشت زیتون همراه با یک محلول تشدیدکننده استفاده شد، نتایج نشان داد که بیشترین مقدار برداشت در فرکانس ۲۴ هرتز و استفاده از ۶/۲۵ قسمت در میلیون از محلول تشدیدکننده لایه سواگر امکان‌پذیر

2- Olive

3- International olive oil council

1- Internal shaker

کشش ساقه یک نیروسنج فنری با دقت ۰/۱ نیوتن در فاصله ۶ میلی‌متری (تقریباً ۰/۲۵ اینچی) از محل اتصال ساقه به انتهای میوه بسته شد. نیروسنج در یک دست و میوه در دست دیگر قرار گرفت.



شکل ۱- مجموعه تجهیزات محرک دستگاه شاخه‌تکان شامل: مخزن هوا (۱)، کمپرسور (۲)، مجموعه موتور (۳) و شیر کنترل فشار (۴)

Fig.1. The set of branch shaker driving unit including: Air tank (1), Compressor (2), Engine set (3) and Pressure control valve (4)



شکل ۲- مجموعه سفت کن تسمه کمپرسور

Fig.2. The belt tensioner set of compressor

با کشیدن آرام نیروسنج، نیرو به تدریج افزایش می‌یابد تا در نهایت میوه از ساقه جدا شود. در این هنگام حداکثر نیروی اعمالی بر روی نیروسنج فنری خوانده و به‌عنوان نیروی جداسازی ثبت گردید. جهت آزمایش خمش، نیرو در زاویه ۴۵° نسبت به محور ساقه میوه و در فاصله ۱۲/۵ میلی‌متری (تقریباً ۰/۵۰ اینچی) نسبت به محل اتصال ساقه به میوه اعمال گردید. در این آزمایش نیز میوه با یک دست گرفته شده و با دست دیگر نیرو اعمال گردید. نیرو تا لحظه جداسازی میوه به ساقه اعمال گشته و مقدار ماکزیم نیروی اعمالی در لحظه جداسازی به عنوان نیروی جداسازی ثبت شد (Barnees, 1969). در آزمایش کشش و خمش انجام شده حداکثر نیروی ۴/۳۶۲ نیوتن ثبت و مبنای محاسبات قرار گرفت.

قابل حمل. در ساخت مجموعه مخزن باد (هوا) و مولد الکتریکی، از یک باتری الکتریکی ۱۲ ولت جهت تأمین انرژی الکتریکی و برای جلوگیری از دشارژ باتری یک دینام آلترناتوری^۱ با خروجی ۱۲ ولت و ۴۵ آمپر استفاده گردید که نیروی چرخشی خود را توسط تسمه و پولی از یک دستگاه موتور بنزینی تأمین می‌نماید. برای ذخیره‌سازی هوا از یک مخزن باد ۵۰ لیتری (۱ در شکل ۱) با ظرفیت تحمل فشار ۸ بار و برای اعمال فشار در مخزن از یک کمپرسور^۲ پیستونی تک سیلندر عمودی (۲ در شکل ۱) استفاده شد. لازم به ذکر است ماکزیمم هوای مورد نیاز در مدت زمان نوسان ۱۵ ثانیه با بسامد ۲۰ هرتز در حدود ۲۱ لیتر می‌باشد؛ بنابراین جهت اطمینان از در دسترس بودن هوای کافی ظرفیت کمپرسور ۱۶۲ لیتر بر دقیقه در نظر گرفته شد. طبق رابطه‌ی (۱) برای به حرکت در آوردن کمپرسور به توانی معادل ۱/۲۸ کیلووات نیاز می‌باشد. با توجه به اینکه موتور می‌بایستی به‌طور هم‌زمان کمپرسور و دینام آلترناتوری را به حرکت در آورد، یک موتور چهار زمانه تک سیلندر ساخت شرکت هوندا^۳ با توان نامی ۵/۵ اسب‌بخار مورد استفاده قرار گرفت. کمپرسور نیروی مورد نیاز خود را توسط تسمه و پولی از موتور تأمین می‌نماید (۳ در شکل ۱).

$$E = \frac{P_{in} \times Q}{17.14 \times \eta_e} \times \left[\left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)^{0.286} - 1 \right] \quad (1)$$

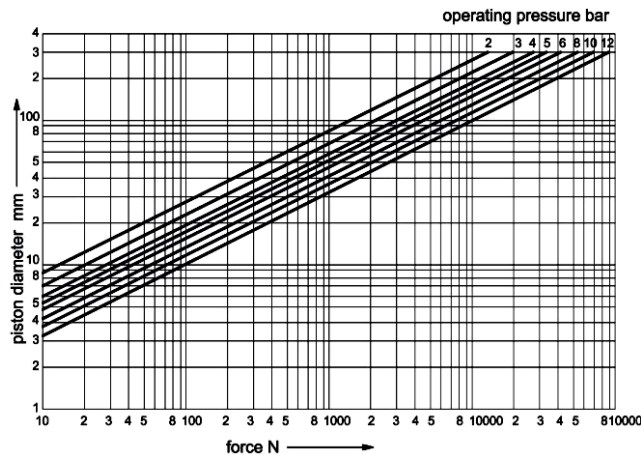
که در آن:

E انرژی ورودی (رانش) (kW)، Q نرخ جریان (دبی) کمپرسور ($m^3 \min^{-1}$)؛ P_{out} فشار هوای خروجی (kPa)؛ P_{in} فشار هوای ورودی (kPa)؛ η_o : بازده کمپرسور که ۷۰٪ در نظر گرفته شده است (Shirkhorshidiyan, 2010).

جهت تنظیم میزان کشش تسمه کمپرسور و نیز شل نمودن تسمه در زمان استارت موتور بنزینی به منظور کم کردن بار اعمالی بر روی موتور و در نتیجه سهولت روشن شدن موتور، مکانیزمی طراحی و ساخته شد (شکل ۲). فشار مخزن به‌وسیله‌ی یک شیر تایچ فشار مکانیکی کنترل می‌گردد (۴ در شکل ۱)؛ زمانی که فشار مخزن به ۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع برسد شیر فشارشکن باز شده و هوای اضافی را خالی می‌کند و دیگر هوایی به سوی مخزن پمپ نخواهد شد و زمانی که فشار مخزن افت نماید، شیر بسته شده و هوای تولیدی توسط کمپرسور به سمت مخزن ارسال خواهد شد به این ترتیب فشار مخزن در یک محدوده مشخص نگاه داشته می‌شود. مجموعه مذکور بر روی یک شاسی فرغونی سوار شده است (شکل ۱).

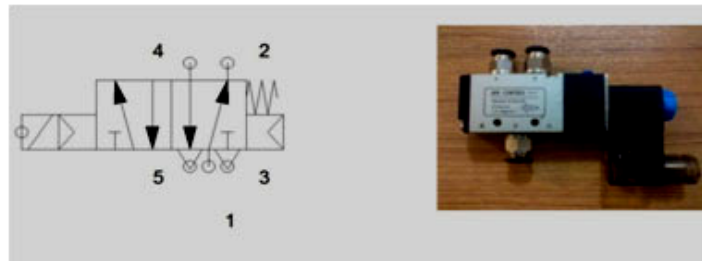
برای انتخاب چک پنوماتیک در مجموعه‌ی بازوی نوسانی، دو آزمایش کشش و خمش ساقه انجام گردید. برای انجام آزمایش

- 1- Alternator
- 2- Compressor
- 3- Honda



شکل ۳- تعیین قطر پیستون بر حسب فشار و نیرو (Shirkhorshidan, 2010)

Fig.3. Determination of the cylinder diameter in terms of the force and pressure (Shirkhorshidan, 2010)



شکل ۴- شیر کنترل جریان ۲-۵ و نماد پنوماتیک آن

Fig.4. Flow control valve 2-5 and its pneumatic symbol

آن به وجود آمد. تعویض جهت ورود هوا به درون جک توسط شیر کنترل جهت ۲-۵ انجام می‌گیرد (شکل ۴).

جهت قطع و وصل سولنوئید شیر کنترل جریان از دو کلید مغناطیسی استفاده گردید. بر روی جک دو شیر وجود دارد که کلیدها درون آن نصب شده‌اند (شکل ۵).

برای فرمان‌دهی به سولنوئید شیر کنترل جهت جریان یک مدار الکترونیکی طراحی و ساخته شد؛ در این مدار از سه رله استفاده گردید (شکل ۶). رله B و C؛ رله‌های اصلی و رله‌ی A جهت حفاظت از کلید مغناطیسی A استفاده شد. از آن جا که انتهای پیستون جک آهنی می‌باشد با قرار گرفتن آن در مقابل کلید مغناطیسی موجب بسته شدن آن می‌شد. به این ترتیب حرکت نوسانی دستگاه ایجاد و با تغییر فاصله کلیدهای مغناطیسی بسامد و دامنه نوسان قابل تغییر می‌گردد. از طرف دیگر با تنظیم پیچ خروج هوا بر روی شیر کنترل جهت جریان نیز بسامد نوسان تغییر داده شد. بنابراین در این تحقیق دو کلید مغناطیسی در فاصله ۱۰ سانتی‌متری از یکدیگر قرار داده شد و با تنظیم پیچ خروج هوا میزان بسامد در سه سطح ۱۲، ۱۶ و ۲۰ هرتز

با توجه به پیش‌بینی چند اتصال زانویی و یک لوله‌ی طولیل بین مجموعه‌ی نوسانی و مخزن، قطعاً فشار تولیدی کمپرسور به مجموعه‌ی نوسانی با افت همراه خواهد بود. همچنین به دلیل به‌کارگیری مجموعه‌ی پانتوگراف، نیروی تولیدی توسط مجموعه‌ی نوسانی در مسیر انتقال به شاخه با افت همراه می‌باشد. بنابراین با استفاده از نمودار شکل ۳، یک جک پنوماتیک دوطرفه با قطر سطح مقطع (قطر خارجی پیستون) ۳۲ میلی‌متر و قطر میله‌ی ۱۲ میلی‌متری با طول کورس ۲۰۰ میلی‌متر انتخاب گردید. با اعمال فشار ۸ کیلوگرم نیرو بر سانتی‌متر مربع، این جک در کورس برگشت نیرویی معادل ۵۵/۲۹ کیلوگرم (۵۴۱/۸۴ نیوتن) اعمال خواهد نمود (رابطه ۲).

$$F = [\pi \cdot (r_o^2 - r_i^2)]$$

$$F = 3 \frac{kgf}{cm^2} \times [\pi \left[\left(\frac{3.2}{2} cm \right)^2 - \left(\frac{1.2}{2} cm \right)^2 \right] \quad (2)$$

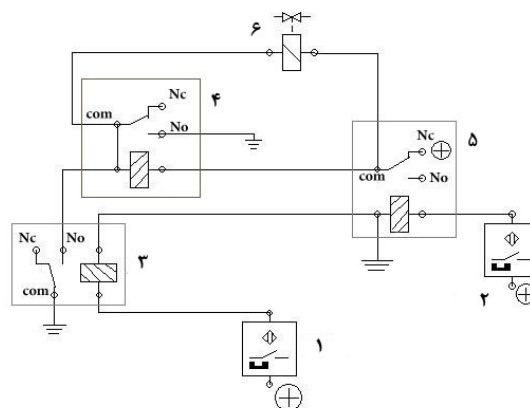
$$F = 55.29 kgf = 541.84$$

با تعویض جهت ورود هوا به درون جک حرکت رفت و برگشتی در



شکل ۵- کلید مغناطیسی و نحوه قرارگیری آن بر روی جک پنوماتیک

Fig.5. Magnetic key and its arrangement on pneumatic cylinder



شکل ۶- مدار الکترونیکی دستگاه شامل: کلید مغناطیسی A (۱)، کلید مغناطیسی B (۲)، رله A (۳)، رله B (۴)، رله C (۵)، سولنوئید شیر کنترل جریان (۶)

Fig.6. Electronic circuit of device including: Magnetic switch A (1), Magnetic switch B (2), Relay A (3), Relay B (4), Relay C (5), Flow control valve solenoid (6)

قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و در سه بسامد ۱۲، ۱۶ و ۲۰ هرتز و سه زمان نوسان ۵، ۱۰ و ۱۵ ثانیه در یک دامنه ۵ سانتی‌متر مورد بررسی قرار گرفت؛ سپس بهترین بسامد و زمان نوسان برای برداشت زیتون توسط این دستگاه انتخاب گردید (شکل ۸).

برداشت در اواسط آبان‌ماه که ۹۵٪ تا ۱۰۰٪ پوست زیتون‌ها سیاه شده بود، انجام گرفت. به منظور کاهش خطای حاصله، سعی شد تا گیره شاخه‌تکان در فاصله یکسانی از تنه اصلی درخت به شاخه‌ها با وضعیت و خصوصیات فیزیکی مشابه متصل گردد. پس از هر بار عمل تکانیدن شاخه‌ها، میوه‌های ریخته شده در اثر نوسان، جمع‌آوری و به دقت شمارش شد. میوه‌های باقیمانده روی شاخه درخت نیز به صورت دستی چیده، شمارش و با استفاده از رابطه (۳) بازده تکانیدن (درصد ریزش میوه‌ها توسط تکاننده) محاسبه گردید (Polat, 2007).

$$P = \frac{m_r}{m_r + m_{tu}} \times 100 \quad (3)$$

جهت اتصال دستگاه به شاخه درخت، بومی^۱ طراحی و ساخته شد (شکل ۷). این قطعه از یک تسمه با عرض ۳ سانتی‌متر و طول ۱۵ سانتی‌متر و دو قطعه مفتول گرد، هرکدام با قطر خارجی ۲ سانتی‌متر ساخته شده است. برای جلوگیری از صدمه رسیدن به شاخه درخت از چند لایه روکش حرارتی پلاستیکی استفاده گردید. در طول تسمه سوراخ‌هایی در نظر گرفته شد تا بتوان با توجه به قطر شاخه فاصله بین مفتول‌ها را تغییر داد. این قطعه توسط یک لوله توخالی به جک پنوماتیک اتصال یافته است. با توجه به لوله‌های موجود در بازار، لوله‌ای با قطر خارجی ۱۹ میلی‌متر و قطر داخلی ۱۶ میلی‌متر انتخاب گردید و تحلیل‌های تنش و تغییر فرم آن با استفاده از نرم‌افزار COSMOSXPRESS مورد بررسی قرار گرفته و مناسب تشخیص داده شد.

دستگاه پس از ساخت جهت ارزیابی، به یکی از باغ‌های زیتون واقع در کیلومتر ۵ جاده سروستان- فسا در استان فارس انتقال داده شد و درصد ریزش میوه زیتون به صورت آزمایش فاکتوریل ۳×۳ در



شکل ۷- بوم شاخه تکان

Fig.7. The boom of branch shaker



شکل ۸- ارزیابی دستگاه شاخه‌تکان

Fig.8. Evaluation of the branch shaker

یک گیره‌ی مخصوص برای اندازه‌گیری نیروی کششی ساخته شد. روش کار به این صورت است که گیره‌ی مخصوص نیروسنج در امتداد دم میوه به میزانی کشیده می‌شود که میوه از دم و یا محل اتصال دم و شاخه جدا گردد. نیرویی نشان داده شده به وسیله‌ی نیروسنج، تحت عنوان نیروی لازم جهت جداسازی میوه از درخت در حالت استاتیکی مشخص می‌گردد (شکل ۹).

که در آن، P : درصد جدا شدن میوه از درخت؛ m_f : تعداد یا جرم میوه‌های جدا شده؛ m_u : تعداد یا جرم میوه‌های جدا نشده از درخت، است.

برای اندازه‌گیری نیروی جداسازی استاتیکی میوه از یک دستگاه نیروسنج مدل FG-5100 ساخت شرکت لوترون با دقت $0/01$ نیوتن و حداکثر ظرفیت 980 نیوتن استفاده گردید. برای انجام این آزمایش



شکل ۹- نیروسنج و گیره مخصوص اندازه‌گیری نیروی کششی

Fig.9. The load cell and the special clamp for measuring the tensile force at work

گرم به صورت تک تک توزین شد؛ سپس نسبت FW^{-1} یا نسبت نیروی استاتیکی لازم برای جدا کردن میوه از شاخه به وزن میوه،

سپس این میوه‌ها شماره‌گذاری شده و در کیسه‌های نایلونی به آزمایشگاه منتقل در آنجا به وسیله یک ترازوی دیجیتال با دقت $0/01$

مدت زمان نوسان مشخص، افزایش بسامد نوسان در دامنه‌های نوسان ثابت سبب افزایش ریزش محصول می‌گردد. از مقایسه‌ی میانگین‌ها همچنین می‌توان دریافت که در سطح بسامدهای ثابت، افزایش مدت زمان نوسان تأثیر معنی‌داری بر درصد برداشت زیتون ندارد و افزایش مدت زمان نوسان از ۵ به ۱۰ و سپس ۱۵ ثانیه سبب افزایش مقدار ناچیزی در برداشت زیتون می‌گردد؛ که در برابر افزایش خسارت وارده به شاخه قابل چشم‌پوشی می‌باشد. به عبارتی در همان زمان‌های ابتدایی نوسان بخش زیادی از زیتون‌هایی که نیروی استاتیکی کمتری نسبت به نیروی دینامیکی نوسان دارند، ریزش می‌نماید. در آزمایشاتی که برای برداشت انجیر به‌وسیله‌ی شاخه‌تکان دستی با موتور تک سیلندر انجام گردید، بررسی شکل‌های تجمعی درصد برداشت بر روی کلیه تیمارهای مورد مطالعه، نتایج نشان داد که در طی ۴ ثانیه از آغاز برداشت تقریباً تمام محصول مورد نظر برداشت می‌گردد و بنابراین مدت ۵ ثانیه را به‌عنوان حداکثر زمان مورد نیاز برای برداشت توصیه نمود (Khorsandi, 2010). اما صفدری و همکاران (۲۰۱۰) پس از طراحی و ساخت یک دستگاه شاخه‌تکان دستی، در آزمایشی که بر روی ۳ رقم بادام با سه سطح بسامد ۱۰، ۱۳ و ۱۵ هرتز در دو مدت زمان تک‌اندن ۵ و ۱۰ ثانیه با دامنه‌ی ثابت نوسان ۵ سانتی‌متر انجام دادند؛ به این نتیجه رسیدند که با افزایش مدت زمان تک‌اندن از ۵ ثانیه به ۱۰ ثانیه عملکرد تک‌اندن افزایش می‌یابد. علت این اختلاف به خصوصیات فیزیکی شاخه، میوه و در نتیجه نیروی استاتیکی جداسازی و همچنین نوع شاخه‌تکان، طریقه‌ی اتصال شاخه‌تکان به درخت و سایر پارامترهای برداشت که میزان نیروی دینامیکی وارد بر میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، مربوط می‌باشد.

آن‌ها تعیین گردید.

نیروی دینامیکی ناشی از نوسان طبق رابطه (۴) به‌دست آمد و با نیروی جداسازی استاتیکی مقایسه گردید (Murphy, 1950).

$$F = \frac{5}{2} m \omega^2 \quad (4)$$

در این رابطه: F : نیروی دینامیکی بر حسب نیوتن، m : جرم میوه بر حسب کیلوگرم؛ ω : دامنه نوسان بر حسب متر؛ ω : بسامد نوسان بر حسب رادیان بر ثانیه می‌باشد.

نتایج و بحث

اثر بسامد و مدت زمان نوسان بر جداسازی میوه

تجزیه واریانس اثر مدت زمان و بسامد نوسان براساس آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت (جدول ۱). نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که متغیرهای بسامد نوسان و مدت زمان تک‌اندن اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر بازده تک‌اندن داشتند، در حالی که اثرات متقابل دوگانه غیرمعنی‌دار بود که بر استقلال متغیرهای مورد بحث دلالت دارد (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۱٪ برای صفات بسامد و مدت زمان تک‌اندن نشان داد (شکل ۱۰): با ثابت بودن مدت زمان نوسان، اثر افزایش بسامد نوسان بر درصد ریزش میوه زیتون معنی‌دار بوده و با افزایش بسامد نوسان در مدت زمان ثابت نوسان بازده برداشت زیتون توسط این شاخه‌تکان افزایش می‌یابد. این افزایش به دلیل افزایش نیروی دینامیکی ناشی از افزایش بسامد نوسان می‌باشد. محققین دیگر نیز در برداشت مکانیکی زردآلو (Erdoğan et al., 2003)، برداشت سیب (Khiriéh, 2006) و برداشت پسته (Polat et al., 2007) به این نتیجه رسیدند که در یک

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر زمان و بسامد نوسان بر درصد ریزش زیتون

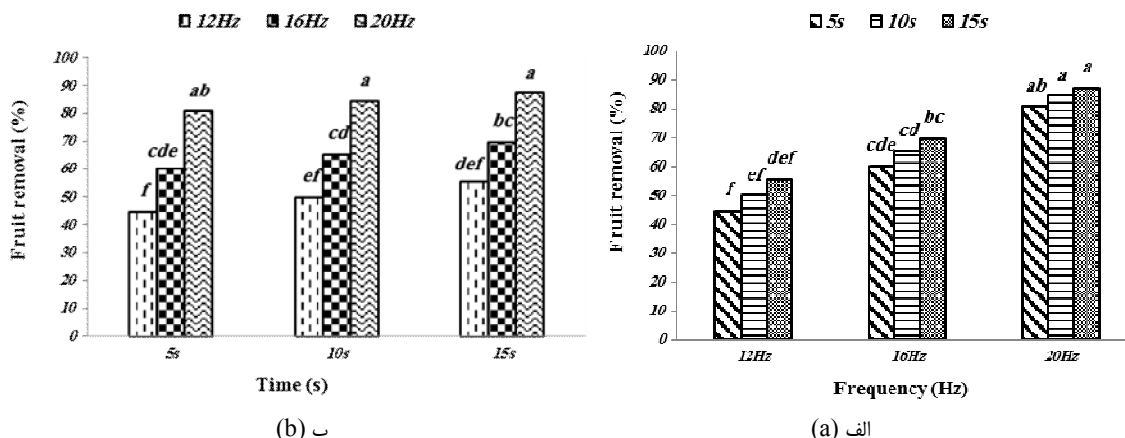
Table 1- Analysis of variance of the effect of investigated traits on fruit removal

منابع تغییر Source of Variations	درجه آزادی Degree of Freedom	میانگین مربعات (MS)	مقدار F	مقدار P-value
زمان Time	2	238.86	8.26 **	0.00
بسامد Frequency	2	3500.36	121.05**	0.00
زمان×بسامد Time × Frequency	4	4.94	0.17 ^{ns}	0.95
اشتباه Error	27	28.92		
کل Total	35	0	0	

** : وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۱٪ و ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار ; Significant at 1 level of probability and ns: Non- significant

روغنی انتخاب گردید.

بنابراین بسامد ۲۰ هرتز در مدت زمان نوسان ۵ ثانیه به‌عنوان مناسب‌ترین محدوده برای این شاخه‌تکان در برداشت زیتون رقم



(b) ب

(a) الف

شکل ۱۰- تأثیر الف. بسامد نوسان و ب. زمان نوسان بر درصد ریزش میوه زیتون (با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان یک درصد، میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری نیستند)

Fig.10. Effect of (a) frequency and (b) time of vibration on fruit removal percentage (Means followed by similar letter(s) are not significantly different at the 1% probability level using Duncant's Test)

برای جداسازی میوه، در جدول ۲ و نیروی دینامیکی ناشی از نوسان که از رابطه (۴) به‌دست آمده در جدول ۳ مشاهده می‌شود.

نیروی استاتیکی و دینامیکی جداسازی میوه

سه ویژگی فیزیکی زیتون مورد بررسی و نیروی استاتیکی لازم

جدول ۲- سه ویژگی فیزیکی زیتون مورد بررسی و نیروی استاتیکی لازم برای جداسازی میوه

Table 2- The physical properties of the olive fruit and the fruit detachment static force

قطر متوسط هندسی میوه (mm)	وزن (N)	نیروی جدا شدن میوه (N)	نسبت $F W^{-1}$
Geometric mean diameter of fruit	Weight	Fruit detachment force	($N N^{-1}$)
17.146	0.026	0.590	22.692

جدول ۳- میانگین نیروی دینامیکی محاسبه شده در بسامدهای مختلف

Table 3- Mean calculated dynamic forces at different frequencies

فرکانس نوسان	فرکانس نوسان	میانگین جرم میوه	دامنه	نیروی دینامیکی جداسازی میوه
Vibration frequency (s^{-1})	Vibration frequency ($rad s^{-1}$)	Main fruit mass (g)	Amplitude (m)	Dynamic force of fruit detachment (N)
12	75.398	2.700	0.050	0.383
16	100.530	2.700	0.050	0.682
20	125.660	2.700	0.050	1.060

همان‌گونه که در جدول ۲ و ۳ مشاهده می‌شود در بسامد ۱۶ و ۲۰ هرتز نیروی دینامیکی محاسبه شده بزرگ‌تر از نیروی استاتیکی لازم برای جداسازی میوه می‌باشد، بنابراین انتظار می‌رود که ۱۰۰ درصد محصول از شاخه جدا شود؛ اما بایستی به این موضوع توجه داشت که این نیرو با این فرض محاسبه شده که تمامی شاخه متصل

به دستگاه شاخه‌تکان با بسامد و دامنه نوسان هوک نوسان داشته باشند. در حالی که می‌دانیم بسته به فرم نوسانی که شاخه به خود می‌گیرد و با توجه به خاصیت میرایی شاخه، نقاط مختلف شاخه ممکن است دامنه نوسانی کوچک‌تر، مساوی و یا بزرگ‌تر از محل اتصال گیره به شاخه داشته باشند و در نتیجه نیروی دینامیکی در هر

برداشت زیتون نداشت. در نهایت بسامد ۲۰ هرتز در مدت زمان نوسان ۵ ثانیه به‌عنوان مناسب‌ترین محدوده برای این شاخه‌تکان در برداشت زیتون رقم روغنی انتخاب گردید. آزمایش‌ها نشان داد که دستگاه در لحظه‌ی شروع نوسان دارای شوک ناگهانی می‌باشد. اما با متعادل شدن پیستون در میانه‌ی سیکل نوسان، در عمل نوسان یکنواختی مشاهده گردید که می‌توان به‌صورت علمی آن را بررسی نمود. از طرف دیگر آزمایش‌هایی که بر روی درختان با قطر بیشتر از ۳۲ میلی‌متر انجام گرفت، نشان داد که به دلیل نیروی اینرسی شاخه، بخش بزرگی از نیروی تولیدی شاخه‌تکان به‌دست اپراتور منتقل می‌گردد. بنابراین لازم است تکیه‌گاهی برای دستگاه ساخته شود.

نقطه از شاخه نیز متغیر خواهد بود، بنابراین در بسامد ۱۶ هرتز ۸۴/۵۰ درصد و در بسامد ۲۰ هرتز ۸۷/۲۵ درصد میوه از شاخه جدا می‌گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بسامد نوسانی و زمان تکانیدن هر دو اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ روی بازده شاخه‌تکان دارند؛ در حالی که اثر متقابل آنها معنی‌دار نبود که نشانگر مستقل بودن تأثیر آن‌هاست. با ثابت بودن مدت زمان نوسان، اثر افزایش بسامد نوسان بر درصد ریزش میوه زیتون معنی‌دار بوده است. در حالی که در سطح بسامدهای ثابت، افزایش مدت زمان نوسان تأثیر معنی‌داری بر درصد

References

1. Barnees, K. K. 1969. Detachment characteristics of lemons. Trans. of the ASAE 11: 41-45.
2. Coppock, G. E. 1974. Development of lime shaker for harvesting Florida citrus. Trans. of the ASAE 17 (2): 262-265.
3. Erdoğan, D., M. Güner, E. Dursun, and İ. Gezer. 2003. Mechanical harvesting of apricots. Biosystems Engineering 85 (1): 19-28.
4. Ferguson, L. 2006. Trends in olive fruit handling previous to its industrial transformation. Grasas Y Aceites 57 (1): 9-15.
5. Fridley, R. B., and P. A. Adrian. 1960. Some Aspects of vibratory fruit harvesting. Trans. of the ASAE 4 (1): 28-31.
6. Golpira, H. 1998. Design, development and evaluation of a tree shaker to determine the effects of shaking amplitude and frequency on olive fruit detachment. M.Sc thesis in Mechanics of Agricultural Machinery, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Farsi).
7. Hoag, D. L., J. R. Hutchinson, and R. B. Fridley. 1970. Effect of proportional and nonlinear damping on dynamics response of tree limbs. Trans. of the ASAE (3): 879-884.
8. Kececioglu, G. 1975. Research on olive harvesting possibilities with an inertia type shaker. Department of Agricultural Machinery, Agricultural Faculty, Ege University. Izmir, Turkey.
9. Khirieh, M. 2006. Design and manufacturing a tractor-mounted branch shaker equipped with a flexible arm. M.S.c thesis, Mechanics of Agricultural Machinery, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Farsi).
10. Khorsandi Kohanestani, F. 2010. Characteristics of vibratory harvesting of Estahban edible fig. M.Sc. thesis in Mechanics of Agricultural Machinery, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Farsi)
11. Loghavi, M., and M. Abounajmi. 2001. Effects of shaking mode, frequency and amplitude on "Shahani" date fruit detachment, II: field experiment. Iran Agricultural Research 21:1-14.
12. Loghavi, M., and Sh. Mohseni. 2006. The Effects of shaking frequency and amplitude on detachment of lime fruit. Iran Agricultural Research 24(2) and 25(1): 27-38.
13. Mirmusavi, S., H., and H. Akbari. 2010. Climate feasibility of olive cultivation in the province of Kermanshah. Journal of Geographical Perspective 10: 121-142. (In Farsi).
14. O'Brien, M. B., F. Cargill, and R. B. Fridley. 1983. Principles and Practices for Harvesting and Handling Fruit and Nuts. AVT Publishing Co., Inc, USA.
15. Polat, R. 2007. Mechanical harvesting of almond with an inertia type limb shaker. Asia Journal of Plant Sciences 6 (3): 528-532.
16. Safdari, A., H. R. Qasemzadeh, Sh. Abdollahpour, and H. Ghafari. 2010. Design, development and evaluation of branch shaker for almond harvesting. 6th National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. Tehran University, Karaj Campus. (In Farsi).
17. Sessiz, A., and M. T. Özcan. 2006. Olive removal with pneumatic branch shaker and abscission

- chemical. Journal of Food Engineering 76: 148-153.
18. Shirkorshidian, A. 2010. Principles, design and applications of pneumatic. Design Publishing. 289 p. (In Farsi).
 19. Shirkorshidian, A., and H. Rahrovan. 2011. Hydraulic and pneumatic preliminary step by step preparatory training and design. P 267. Design Publishing. Tehran. (In Farsi).
 20. Thomson, W. T. 1988. Theory of Vibration with Applications, 3rd Ed, New Jersey: Prentice Hall.
 21. Yousefi, A., M. Almassi, A. A. Zynanlo, R. Moghadasi, and A. Gholiyan. 2010. Study of comparative olive harvesting techniques and their effects on harvest efficiency. First National Conference on Agricultural Mechanization and New Technologies. Khuzestan Agricultural and Natural Resources University of Ramin. (In Farsi).

Determining the most suitable frequency and shaking time for olive harvesting by a pneumatic branch shaker

A. Rezaei¹- M. Loghavi²- S. Kamgar³- Y. Mehdipour^{4*}

Received: 10-03-2014

Accepted: 07-01-2015

Introduction

Olive (*Oleo europaea*) includes about 20 species of small trees from Oleaceae family. This point should be considered that Iran has allocated only a small universal market to its olive products in spite of having high production potentials; so that about 23 provinces of this country can produce olive products. Therefore mechanizing of olive production and encouraging to develop olive trade are among the effective methods for development of this market. On the basis of IOOC⁵ report, the production of olive oil in 2008-2009 in Iran and all over the world has been 3 and 2866.5 thousand tons, respectively. Currently, harvesting olive product is done by hand in Iran. The expensiveness of work force and providing the needed workers are considered as the biggest problem in olive harvesting. While harvesting the tall trees, the workers use beating method by wood sticks which causes the fruits to be damaged and their quality to be decreased. The harvesting method which the quality and quantity of the olive final products is under its effect and also high expenses of harvesting by hand are considered as the two important factors in developing the mechanical harvesting of olive. For this purpose, the mechanized harvesting of olive should be considered for producing olive conserve and olive oil and decreasing expenses of harvesting. Considering the conducted studies on one hand and shortage of informational resources in the country on the other hand, a research was designed and performed with the following purposes:

Designing and fabricating of a portable pneumatic branch shaking system.

Determining the best frequency and oscillation duration for harvesting olive by the constructed system.

Materials and Methods

The branch shaking system is made of two general parts:

- (a) The set of branch shaker driving unit.
- (b) The portable vibration arm.

For constructing the set of vibrating arm, two experiments “elasticity and inflection” of tree branches were conducted and the maximum force of 362.40 N was registered and it was considered as the base of computations. Then a double-action pneumatic jack with the internal diameter of 32 mm and the rod diameter of 12mm with the stroke length of 200 mm was selected. An electronic circuit was designed and developed for ordering the solenoid valve to control the flow. The system was transferred to one of the olive garden's located in kilometer 5 of Sarvestan – Fasa road in Fars province in order to be evaluated. The effects of three oscillation frequencies of 12, 16 and 20 Hz and three oscillation durations of 5, 10 and 15 seconds at constant amplitude of 5 cm on detachment percentage of olive fruit was investigated through a factorial 3×3 experiment based on completely randomized design with four replications. Then the most suitable frequency and vibration duration was selected for harvesting olive by this system.

For measuring the static detachment force of the fruits, a tensile force dynamometer system model FG-5100 made by Lutron Company was used with the accuracy of 0.1 N and a maximum capacity of 980 N.

1- Graduated Student of Biosystems Department, Shiraz University
2- Professor of Biosystems Department, Shiraz University
3- Assistant Professor of Biosystems Department, Shiraz University
4- Graduated Student of Biosystems Department, Shiraz University
(*- Corresponding Author Email: mehdipour.yaser@gmail.com)
5- International olive oil council

Results and Discussion

The variance analysis of the investigated features on the basis of the factorial experiment based on completely randomized designs was conducted through using SPSS software. The results showed that both frequency of vibration and oscillation duration had significant effect on the shaker performance; with no significant interaction effects which implies the independence of the debated variables. Comparing the means by using Duncan test at 1% significance level for features of oscillation frequency and duration of shaking showed that at any constant duration of oscillation, increasing of oscillation frequency significantly increases the percentage of the olive fruit detachment. This increase is due to the increase of dynamic force with the second power of oscillation frequency compared to the static separating force (Murphy, 1950).

It was observed that the calculated dynamic force is larger than the static force for separating the fruit in frequencies of 16 and 20 Hz, but since the dynamic force is variable at each point of the branch, 84.50 percent of fruits are separated from branches at frequency of 16 Hz and 87.25 percent of the fruits are separated from branches at frequency of 20 Hz.

Conclusions

At the end, the frequency of 20 Hz with 5 second duration of oscillation was selected as the most suitable treatment for this branch– shaker in harvesting oil-type olives.

Keywords: Branch shaker, Olive, Shaking amplitude, Vibration frequency