نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

تعیین مناسب‌ترین دامنه و بسامد نوسان در برداشت مکانیکی بادام وحشی

علی رضایی[1*]، محمد لغوی[2]، سعادت کامگار[3]، یاسر مهدی‌پور[4]

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد، استاد، استادیار و فارغ التحصیل کارشناسی‌ارشد گروه بیوسیستم دانشگاه شیراز

ایمیل مکاتبه کننده: alirezaei59@yahoo.com

چکیده

بادام وحشی بومی ایران و منطقه‌ی خاورمیانه، در کوه‌های آهکی- سنگلاخی است. روش رایج برداشت این میوه به صورت دستی می‌باشد. به منظور تعیین اثر دامنه و فرکانس ارتعاش بر میزان جداسازی بادام وحشی شهرستان خرامه واقع در استان فارس از یک شاخه‌تکان پنوماتیک با امکان تنظیم دامنه و فرکانس استفاده شد. آزمایش‌ها در قالب یک طرح فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام گردید. تأثیر سه سطح دامنه‌ی نوسان (۲، ۵ و ۸ سانتی‌متر) و سه سطح بسامد نوسان (۸، ۱۲ و ۱۶ هرتز) در طی مدت زمان ۵ ثانیه بر درصد جداسازی میوه بررسی گردید. با بررسی نتایج حاصل بازده برداشت بر حسب درخت بر دقیقه را برای برداشت دستی و مکانیکی به ترتیب ۴/۹۱ و ۱۴/۷ حاصل گردید. همچنین نتایج نشان‌گر تأثیر معنی‌دار بسامد و دامنه نوسان بر درصد ریزش بادام وحشی بود، در حالی‌که اثر متقابل آنها معنی‌دار نبود. در نهایت دامنه ۵ سانتی‌متر و بسامد ۱۶ هرتز در طی مدت نوسان ۵ ثانیه با برداشت ۹۰ درصد به عنوان مناسب‌ترین دامنه و بسامد نوسان پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی: "شاخه‌تکان"، "بادام وحشی"، "بسامد نوسان"، "دامنه نوسان".

مقدمه

یکی از گونه‌های وحشی بادام آمیگدلس اسکپریا[1] می‌باشد، که به نام بادام وحشی، اَلوک یا مجک شناخته می‌شود (شکل ۱). بادام وحشی درختی خوش منظر، سبز رنگ، خاردار، بومی ایران، دارای شاخه‌های فراوان، ساقه‌های ایستا با قطر تاج پوشش ۲ تا ۲/۵ متر می‌باشد. ریشه‌ی گیاه دارای رشد عمقی سریع بوده گاهی تا ۶ متر در خاک نفوذ می‌نماید. برگ-های آن پیچ‌خورده، نیزه‌ای و یا قاشقی با حاشیه‌ای هلالی- اره‌ای به طول ۴۰ و عرض ۷ میلی‌متر است. این گیاه دارای شاخه‌ای صاف و براق با گلبرگ‌های سفید رنگ بوده که قبل از سبز شدن برگ بر روی شاخه ظاهر می‌شود. میوه‌ی آن سفت و تخم‌مرغی شکل به طول ۲۰ و عرض ۱۲ میلی‌متر دارای کرک کوتاه، هسته‌ی صاف دارای خطوط شیار کم عمق

1- Amygdalus sccopria

می‌باشد. این گیاه مقاوم به شرایط نامساعد و کم آب بوده و در کوه‌های آهکی، سنگلاخی و دامنه‌های با ارتفاعی بین ۸۰۰ تا ۲۷۰۰ متر از سطح دریا، در خطوط هم‌باران دارای بارندگی بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر انتشار دارد (توکلی و فرهوش، ۱۳۸۷).

شکل ۱– درخت بادام وحشی (الوک)

با توجه به اینکه درختان بادام وحشی در مالکیت شخصی قرار ندارد بنابراین اهالی بومی منطقه‌ی خرامه از توابع استان فارس اقدام به برداشت میوه آن می‌نمایند. به طور قطع هر فرد در طول دوره‌ی برداشت، میوه‌ی بیشتری برداشت نماید سود بیشتری خواهد برد. روش رایج برداشت این میوه به صورت ایجاد حرکت نوسانی در شاخه به کمک دست و یا ضربه زدن به میوه‌های سر شاخه توسط چوب دستی می‌باشد. بنابراین می‌توان الگوی برداشت دستی را به برداشت مکانیکی تغییر داد. البته منوط به اینکه دستگاه مکانیکی، قابلیت جابجایی و کار در مناطق رویش این درخت را دارا باشد.

تحقیقات نشان می‌دهد که چهار روش برای برداشت مکانیکی به کار می‌رود: درخت‌تکان بادی، تنه‌تکان‌ها، شاخه‌تکان‌ها و تاج‌تکان[1]. در نوع شیکر بادی، تاج درخت به وسیله هوا با سرعت بالا که به وسیله‌ی یک فن تولید می‌شود تکان داده می‌شود. در روش تنه‌تکان، شیکر در محلی بالاتر از زمین به تنه درخت محکم وصل می‌شود و تمام درخت را تکان می‌دهد. در تکنیک شاخه‌تکان، دستگاه به شاخه متصل می‌شود و هر شاخه جداگانه تکان داده می‌شود. در روش تکان دادن تاج، تعدادی بازو وارد تاج درخت می‌شوند و با تکان دادن بازوهایی که در ارتباط با شاخه‌ها هستند، تاج درخت به نوسان در می‌آید (Whitney, 1973).

بیشتر برداشت کننده‌های مکانیکی امروزی به منظور جداسازی کلیه محصول رسیده بر روی درخت در فصل برداشت جاری با اولین بار برداشت طراحی و ساخته می‌شوند. برداشت یکباره محصول این عیب را دارد که بخش عمده‌ای از محصول برداشت شده کیفیت لازم را ندارند. به این دلیل که میوه‌های نارس به کیفیت لازم نرسیده‌اند و میوه‌هایی که بیش از حد رسیده‌اند در معرض خراب شدن قرار دارند. بنابراین مقدار سود اقتصادی به کیفیت میوه در روزی که برداشت می‌شود بستگی دارد. نکته ضروری در این نوع برداشت این است که حداکثر مقدار محصول رسیده در طی اولین عملیات برداشت شوند، چون تراکم محصول باقیمانده کم می‌شود و برداشت این محصول پرهزینه و غیر اقتصادی خواهد بود (Sanders, 2005).

1- Canopy shaker

به طور تئوری محاسبه شد که برای ریزش عملی میوه بسامد نوسان داده شده به شاخه باید با بسامد نوسان طبیعی شاخه برابر باشد، در این وضعیت دامنه نوسان آنقدر افزایش می‌یابد تا میوه با کمترین مقدار پرتاب شدن از شاخه جدا شود (Stafford and Diener, 1971). برای تعیین بسامد نوسان برای جداسازی میوه از شاخه بدون وارد آمدن صدمه به میوه و شاخه، تعدادی شاخه از درختان گیلاس، سیب و هلو جدا شده و سریعاً به شرایط کنترل شده دمایی و رطوبتی اتاق آزمایش انتقال داده شدند. سپس هر یک از این شاخه‌ها را به گیره بسته و به نوسان درآوردند. آزمایش‌ها نشان دادند که در حالت کلی بسامد بالا و دامنه نوسان پایین نمی‌تواند میوه را از شاخه جدا کند. شاخه‌های دراز و نازک هنگام نوسان به آسانی همراه با میوه به نوسان در می‌آید. برای جدا کردن میوه‌های دم کوتاه از شاخه (مانند زردآلو و هلو) که تقریباً روی شاخه تکیه دارند بسامد نوسان بالا و دامنه نوسان پایین مناسب نمی‌باشد. همچنین کاربرد بسامد نوسان ثابت همراه با افزایش دامنه در کل شاخه ممکن است از تداخل امواج نوسانی جلوگیری کند اما این وضعیت نمی‌تواند همه میوه‌ها را از شاخه جدا کند. در حقیقت تداخل امواج برای جدا شدن کامل میوه کاملاً لازم است (Stafford and Diener, 1972).

بسامد، دامنه و نوع نوسان پارامترهای اصلی مربوط به عملکرد، شیکر هستند. این پارامترها در طی فرآیند طراحی ماشین ثابت می‌شوند و ترکیب آنها بستگی نوع محصولی که برای آن به کار می‌رود بستگی دارد (Fridley and Adrian, 1966).

آزمایش‌های زیادی که روی انواع درخت صورت پذیرفته بیانگر این مطلب است که چنانچه نوسانی با نوسان ۴۰-۲۰ هرتز که دارای دامنه نوسانی حدود ۲۵-۲۰ میلی‌متر باشد به درختانی که دارای شاخه‌های سخت و کم انعطاف هستند، اعمال شود عمل برداشت بازدهی بیشتری دارد. در حالی‌که بسامدهای نوسان ۱/۵ تا ۶ هرتز با دامنه نوسان ۱۲۵-۱۰۰ میلی-متر برای شاخه‌های نرم و بلند مناسب می‌باشد و تعداد میوه‌های برداشت شده از این درختان بیشتر است. همان طور که قبلاً ذکر شد در مورد مرکبات بهترین محدوده یاد شده ۶-۱/۵ هرتز برای بسامد نوسان و ۱۲۵-۱۰۰ میلی‌متر برای دامنه نوسان توصیه شده است. جدول ۴-۲ دامنه و بسامد نوسان مناسب برای برداشت چند نوع میوه را با استفاده از درخت‌تکان‌های شاخه و تنه نشان می‌دهد (O'Berien *et al.*, 1983).

ابونجمی (۱۳۷۸) دستگاه نوسان‌دهنده آزمایشگاهی را به منظور برداشت خرما طراحی کرده و به مرحله ساخت و آزمایش درآورد. آزمایش‌هایی که با این دستگاه در باغ نمونه جهرم انجام شد رضایت‌بخش بود. مطالعه در مورد خرمای شاهانی نشان داده شد که بیشترین درصد میوه رسیده و کمترین مقدار میوه نارس در دامنه ۶۰ میلی‌متر و بسامد ۵ هرتز به دست می‌آید و میوه رسیده بیشتری در نوسان عمودی نسبت به نوسان افقی برداشت می‌شود (Loghavi and Abounajmi, 2001).

یک شیکر اینرسیایی برای برداشت میوه انبه توسط پارامس‌واراکومار و گوپتا[1] (۱۹۹۱) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که به منظور برداشت بیشترین درصد میوه و کمترین میزان آسیب باید شیکر را در دامنه ۷۶ تا ۱۰۲ میلی‌متر و بسامد ۱۱ تا ۱۳ برای مدت زمان ۴ ثانیه به کار برد.

1- Parameswarakumar & Gupta

یکی از مواردی که می‌تواند تأثیر مهمی بر افزایش و یا کاهش درصد برداشت داشته باشد، انتخاب زمان مناسب برای برداشت است. گرچه زمان برداشت ماشینی، همان زمان برداشت مرسوم منطقه است، ولی محققین زمان مناسب برای برداشت را زمانی ذکر می‌کنند که تعداد میوه‌های بیش- رسیده[1] با تعداد میوه‌های نابالغ[2] برابر باشد (O`Brien *et al.* 1983).

یکی از مهمترین تصمیماتی که باغ‌داران هر ساله بایستی اتخاذ کنند، آغاز عمل برداشت است که معمولاً به وسیله خواصی از قبیل، نیروی جداسازی، وزن و رسیدگی تعیین می‌شود. اگر چه فاکتورهای مهم دیگر که عملیات برداشت به آن وابسته است به سختی تنظیم می‌شوند، که می‌توان به ساختار اصلی درخت، فضای خالی موجود برای هر درخت، تغییر در ماشین برداشت [در بازه‌های کوتاه زمان حتی غیر قابل تغییر هستند] اشاره کرد (Blanco-Roldan *et al.*, 2009).

خیریه (۱۳۸۵) نوعی شاخه‌تکان به منظور برداشت سیب و همچنین کاهش اثرات نوسانی تکاننده بر روی تراکتور طراحی، ساخته و مورد ارزیابی قرار داد. این ماشین طوری ساخته شد که قابلیت تغییر دامنه نوسان در سه سطح (۲۰،۳۲ و ۴۰) میلی‌متر و تغییرات بسامد در سطوح بین ۲۴۰ تا ۱۲۰۰ دور در دقیقه را دارا بود.

با توجه به مطالعات انجام شده و کمبود منابع اطلاعاتی، تحقیقی با هدف برداشت مکانیکی بادام وحشی به وسیله‌ی شاخه‌تکان پنوماتیک مجهز به سیستم کنترل کننده منطقی برنامه‌پذیر و تعیین مناسب‌ترین بسامد و زمان ارتعاش جهت برداشت بادام وحشی در منطقه خرامه انجام گردید.

مواد و روش‌ها

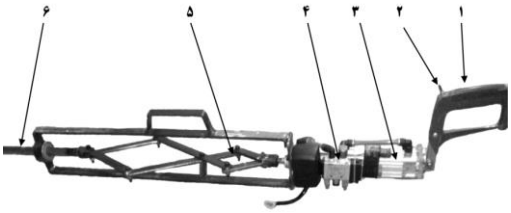
به دلیل آن که درخت‌های بادام وحشی در دامنه کوه قرار گرفته‌اند در نتیجه برداشت با استفاده از شیکرهای پشت تراکتوری امکان‌پذیر نمی‌باشد. بنابراین تصمیم گرفته شد از یک شاخه‌تکان پنوماتیک قابل حمل استفاده گردد. دستگاه شاخه‌تکان پنوماتیک مورد نظر پیش از این برای برداشت زیتون طراحی شده است. دستگاه از دو قسمت کلی تشکیل گردیده است: الف- مجموعه‌ی مخزن باد (هوا) و مولد الکتریکی ب- بازوی ارتعاشی قابل حمل. پس از انجام آزمایش بر روی زیتون، با جایگزینی یک جک پنوماتیک دارای دسته‌ی تقویت شده و شیر کنترل جهت جریان از نوع تخلیه سریع، دستگاه بهینه‌سازی گردید.

مجموعه مخزن باد و موتور الکتریکی همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد، شامل اجزای ذیل می‌باشد: ۱- باطری ۱۲ ولت، ۲- دینام آلترناتوری، ۳- موتور بنزینی ۵/۵ اسب بخار، ۴- مکانیزم تنظیم کشش تسمه‌ی کمپرسور که در هنگام استارت‌زدن با فشردن فنر بالای آن بار اعمالی از طرف کمپرسور بر روی موتور را کاهش می‌دهد و به روشن شدن موتور کمک می‌کند، ۵- کمپرسور پیستونی، ۶- شیر تابع فشار مکانیکی، ۷- مخزن ۱۰۰ لیتری، ۸- شاسی.

1- Over mature
2- Under mature

شکل ۲– مجموعه مخزن باد (هوا) و مولد الکتریکی ساخته شده

مجموعه‌ی ارتعاشی مورد نظر شامل اجزای ذیل می‌باشد؛ ۱– دستگیره، ۲– کلید قطع و وصل، ۳– جک پنوماتیک، ۴– شیر کنترل جهت جریان، ۵– مجموعه‌ی پانتوگراف[1] جهت تغییر دامنه‌ی نوسان، ۶– بوم اتصال به شاخه (شکل ۳).



شکل ۳– مجموعه‌ی ارتعاشی ساخته شده

مهمترین مزیت این دستگاه استفاده از یک کنترل‌کننده منطقی برنامه‌پذیر[2] از نوع مینی پی ال سی[3] ساخت شرکت زیمنس[4] آلمان با نام اختصاری لوگو[5] و مدل *12/24RC*، می‌باشد. با تغییر برنامه‌ی نوشته شده برای آن می‌توان به راحتی بسامد نوسان را تغییر داد. دو شیر بر روی شیر کنترل جهت پنوماتیک قرار دارد، که با تنظیم این دو شیر می‌توان سرعت خروج هوا از درون جک و در نتیجه دامنه نوسان را حداکثر تا ۵۰ میلی‌متر تنظیم نمود. لذا جهت تغییر دامنه نوسان از یک طرح پانتوگراف که توسط خورسندی و همکاران (۱۳۸۹) ارائه شده استفاده گردید. در یک پانتوگراف اگر L_1 طول بازوی ورودی (نزدیک به شیکر)، L_2: طول بازوی خروجی (نزدیک به بوم وقلاب)، S_1: طول جابه جایی خروجی شیکر و S_2:جابه جایی بوم و قلاب باشد، آنگاه رابطه ذیل برقرار است: $S_2 = \frac{l_2}{l_1}(s_1)$.

برای بررسی درصد ریزش میوه بادام وحشی تحت تأثیر سه بسامد ۸، ۱۲ و ۱۶ هرتزی و سه دامنه ۲۰، ۵۰ و ۸۰ میلی-متری در مدت زمان ارتعاش ۵ ثانیه، آزمونی به صورت فاکتوریل ۳×۳ در قالب یک طرح کاملاً تصادفی اواخر بهار ۱۳۹۳

1- Pantographs
2- Programmable Logic Controller
3- Mini PLC
4- Siemens
5- LOGO

در کوه‌های اطراف شهرستان خرامه، واقع در ۸۰ کیلومتری شرق شیراز اجرا گردید. منطقه‌ی انتخاب شده دارای شیب کمی بوده و دستگاه به راحتی در آنجا مستقر گردید. با توجه به آن که دستگاه مجهز به شیلنگ رابطی بین مجموعه ارتعاشی و مجموعه‌ی مخزن باد به طول ۳۰ متر می‌باشد، نیاز به جابجایی مکرّر مجموعه‌ی مخزن باد و موتور الکتریکی وجود نداشت. در نهایت با مطالعه اطلاعات به دست آمده بهترین دامنه و بسامد نوسان برای برداشت بادام وحشی توسط این دستگاه در شهرستان خرامه انتخاب گردید.

به منظور جمع‌آوری میوه‌های ریخته شده، پیش از شروع آزمون، سفره‌ای پارچه‌ای زیر شاخه‌های بادام وحشی پهن گردید. پس از هر بار عمل تکانیدن شاخه‌ها، میوه‌های ریخته شده در اثر نوسان، جمع‌آوری و به دقت شمرده شد. سپس میوه‌های باقیمانده روی شاخه درخت نیز به صورت دستی چیده و شمرده شد و با استفاده از معادله (۱) بازده تکانیدن (درصد ریزش میوه‌ها توسط شاخه‌تکان) محاسبه گردید (Polat *et al*., 2007):

$$P = \frac{m_r}{m_r + m_u} \qquad (۱)$$

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

برای مقایسه‌ی ظرفیت برداشت دستی و مکانیکی، آزمایشی با سه تکرار طراحی و اجرا گردید. در هر تکرار تعداد ۱۰ درخت شناسایی و به دو گروه تقسیم شدند. گروه اول توسط نیروی دست و گروه دوم به وسیله‌ی شاخه‌تکان برداشت گردید. سپس نتایج با یکدیگر مقایسه و بازده برداشت بر حسب درخت بر ساعت $\left(\frac{Tree}{hr}\right)$ استخراج گردید. همچنین با در اختیار داشتن مدت زمان نوسان و وزن‌کشی میوه جدا شده، مدت زمان برداشت یک کیلوگرم بادام وحشی بر حسب دقیقه یا (*min/kg*) محاسبه گردید.

نتایج و بحث

۳- ۱- دامنه و بسامد نوسان

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی بر اساس آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار *Spss* انجام گرفت. در جدول ۱ تأثیر بسامد ارتعاشی و زمان تکانیدن، بر بازده تکاننده نمایش داده شده است. نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که متغیرهائی مانند بسامد ارتعاشی و زمان تکانیدن اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر بازده شاخه‌تکان داشتند، در حالی‌که اثرات متقابل دوگانه غیرمعنی‌دار بود که بر استقلال متغیرهای مورد بحث دلالت دارد. گل‌پیرا (۱۳۷۸) 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 حالی که این دو عامل تأثیر متقابل بر هم نداشته‌اند. اردوغان و همکاران[1] (۲۰۰۳) و همچنین صفدری و همکاران (۱۳۸۹) اعلام نمودند درصد ریزش میوه بادام در مدت نوسان ۱۰ ثانیه با افزایش فرکانس و دامنه افزایش یافته است. خیریه (۱۳۸۵)

1- Erdoğan *et al*.

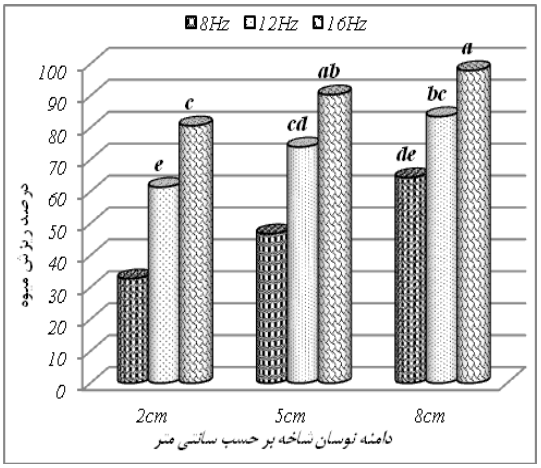
در برداشت سیب؛ پلات و همکاران[1] (۲۰۰۷) در برداشت پسته و نیز خورسندی (۱۳۸۹) در برداشت انجیر به نتایج مشابهی رسیدند. دلیل افزایش درصد ریزش را می‌توان ناشی از افزایش نیروهای دینامیکی و تنش‌های نوسانی وارد بر نقطه‌ی اتصال دم میوه به شاخه دانست.

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد برای صفات بسامد و دامنه نوسان نشان داد (شکل ۴ و ۵): در تمامی دامنه‌ها با افزایش بسامد نوسان درصد ریزش میوه افزایش می‌یابد. همچنین مشخص گردید در بسامد نوسان ۸ هرتز افزایش دامنه‌ی نوسان با افزایش درصد ریزش میوه همراه می‌باشد، امّا در بسامدهای ثابت ۱۲ و ۱۶ هرتز درصد ریزش میوه با افزایش دامنه‌ی نوسان از ۲ به ۵ سانتی‌متر بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد. در حالی‌که افزایش دامنه‌ی نوسان از ۵ به ۸ سانتی‌متر تأثیر معنی‌داری بر درصد ریزش میوه نداشته است. بنابراین با وجود ریزش ۹۸ درصد میوه در بسامد ۱۶ هرتز و دامنه نوسان ۸ سانتی‌متر، انتخاب دامنه‌ی نوسان ۵ سانتی‌متر و بسامد ۱۶ هرتز که سبب ریزش ۹۰ درصد میوه می‌گردد، منطقی‌تر به نظر می‌رسد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر صفات مورد بررسی بر درصد ریزش بادام وحشی

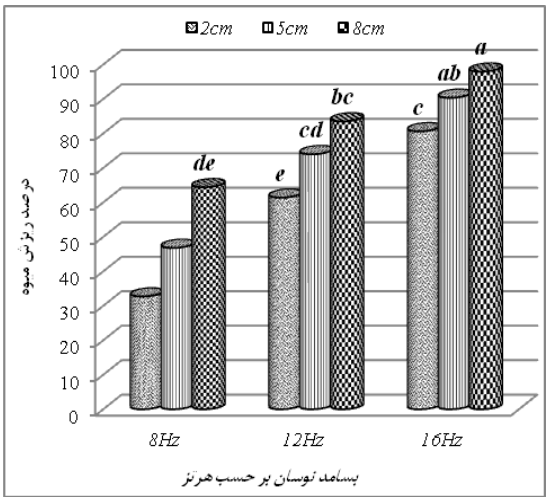
منابع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
بسامد	۱۰۵۵۵/۹۵	۲	۵۲۷۷/۹۷	۲۰۱/۴۵*
دامنه	۳۳۷۴/۳۶	۲	۱۶۸۷/۱۸	۶۴/۴۰*
بسامد × دامنه	۲۳۱/۶۱	۴	۵۷/۹۰	۲/۲۱ *n.s*
خطا	۷۰۷/۴۰	۲۷	۲۶/۲۰	

* وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۵٪؛ *n.s* عدم وجود اختلاف معنی‌دار



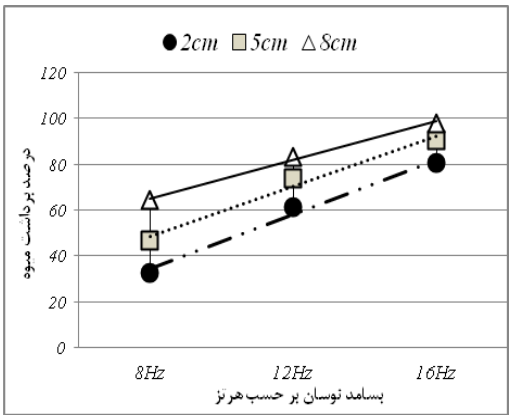
شکل ۴- تأثیر بسامد نوسان بر درصد ریزش میوه بادام وحشی
حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد

1- Polat *et al.*



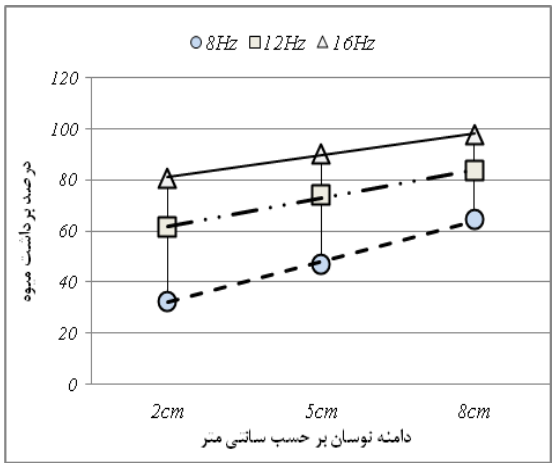
شکل ۵- تأثیر دامنه نوسان بر درصد ریزش میوه بادام وحشی
حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد

مطالعه‌ی شیب و فاصله‌ی بین نمودارهای خطوط برازش، نشان‌دهنده‌ی تأثیر بیشتر بسامد نوسان نسبت به دامنه‌ی نوسان بر ریزش میوه می‌باشد (شکل ۶ و ۷). با توجه به تناسب نیروی دینامیکی وارد بر محل اتصال میوه به دم و یا دم به شاخه، با توان دوم بسامد و توان اول دامنه نوسان قابل توجیه می‌باشد. امّا در برداشت زیتون به وسیله‌ی این شاخه‌تکان تفاوت چشمگیری بین خطوط برازش دامنه و بسامد نوسان مشاهده نگردید. به عبارتی افزایش دامنه و بسامد نوسان به یک میزان بر روی درصد ریزش محصول تأثیر داشته است. با توجه به میزان میرایی، مدل ارتعاشی شاخه‌های زیتون و بادام وحشی و نیز محل اتصال گیره‌ی شاخه‌تکان، وجود این اختلاف طبیعی می‌باشد. اوبرین و همکاران[1] (۱۹۹۸) نیز در بررسی‌های مختلف اعلام نمودند، که درخت‌های دارای شاخه‌های سخت و کم انعطاف در مقایسه با درخت‌های با شاخه‌های نرم و بلند، جهت برداشت مکانیکی محصول به بسامد نوسان بزرگ‌تر و دامنه‌ی نوسان کوچک‌تر احتیاج دارند.



شکل ۶- تأثیر بسامد در سه سطح مختلف دامنه نوسان

1- O'Berien *et al.*



شکل ۷- تأثیر دامنه نوسان در سه سطح مختلف بسامد

۳- ۲- مقایسه‌ی برداشت دستی و مکانیکی

نتایج مقایسه برداشت دستی و مکانیکی در جدول (۲) آورده شده است. همان‌گونه که مشخص است متوسط مدت زمان لازم برای برداشت میوه یک درخت به روش مکانیکی در حدود سه برابر برداشت دستی می‌باشد. در نتیجه بازده برداشت مکانیکی برحسب درخت بر ساعت در حدود سه برابر برداشت دستی میوه می‌باشد. پلات و همکاران[1] (۲۰۰۷) در مقایسه برداشت مکانیکی با برداشت دستی پسته، بازده برداشت بر حسب درخت بر دقیقه را برای برداشت دستی و مکانیکی به ترتیب ۴/۰۷ و ۱۲/۳ به دست آوردند. وینگت- هایل و براون[2] (۱۹۸۱) دریافتند که روش برداشت مکانیکی همیشه ارزان‌تر از روش برداشت دستی نیست. آنها در مقایسه قیمت برداشت دستی با شیکر هوایی و تنه‌تکان دریافتند که هزینه برداشت دستی برابر با کمترین مقدار دامنه هزینه برداشت مکانیکی با این دو روش می‌باشد. هزینه برداشت مکانیکی در هر تن از میوه برداشت شده به مقدار محصول، نوع ماشین برداشت بکار رفته، هزینه ماده شمیایی (بیشترین هزینه برداشت مکانیکی صرف به کار بردن محلول شمیایی تشدید کننده لایه سواگر می‌شود و میزان خسارت وارده به میوه‌ها در طی فرآیند برداشت بستگی دارد. امّا به دلیل عدم استفاده از محلول شمیایی تشدید کننده لایه سواگر در برداشت بادام وحشی به روش برداشت مکانیکی هر کارگر می‌تواند به طور روزانه محصول بیشتری را برداشت و سود بیشتری کسب نماید.

1- Polat *et al.*
2- Wingate- Hill and Brown

جدول ۲- مقایسه برداشت مکانیکی و دستی بادام وحشی مورد آزمایش

روش برداشت	متوسط مدت زمان لازم برای برداشت میوه یک درخت (*min/tree*)	مدت زمان برداشت یک کیلوگرم میوه (*min/kg*)	بازده برداشت بر حسب درخت بر ساعت (*trees/h*)
دستی	۱۲/۲	۰/۴۵	۴/۹۱
مکانیکی	۴/۱۵	۰/۱۵	۱۴/۷۰

۴- نتیجه‌گیری

بازده برداشت بادام وحشی توسط شاخه تکان پنوماتیک در حدود سه برابر برداشت به روش دستی می‌باشد؛ لذا استفاده از این دستگاه می‌تواند سود روزانه بیشتری برای برداشت کنندگان داشته باشد. دستگاه دارای وزن کم و شیلنگ انتقال هوای طویلی می‌باشد، لذا جهت برداشت بادام وحشی در مناطقی که شیب زیادی ندارند، می‌توان از آن استفاده نمود. امّا دستگاه در برداشت میوه درختانی که در ارتفاعات و مناطق دارای شیب تند رویش یافته‌اند قادر به کار نمی‌باشد. جهت برداشت بادام وحشی منطقه خرامه، حداقل هزینه و حداکثر برداشت در دامنه‌ی نوسان ۵ سانتی‌متر و بسامد نوسان ۱۶ هرتز حاصل می‌گردد.

۵- منابع و مآخذ

۱. ابونجمی، م. ۱۳۷۸. طراحی ساخت یک دستگاه ارتعاش دهنده به منظور بررسی اثرات فرم بسامد و دامنه ارتعاش بر روی جداسازی میوه خرما. پایان نامه کارشناسی‌ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران.

۲. توکلی، ج. و فرهوش، ر. ۱۳۸۷. بررسی ساختار شیمیایی روغن بادام وحشی در ایران. هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی. پارک علم و فنّآوری خراسان. مشهد مقدّس.

۳. خورسندی کوهانستانی، ف. ۱۳۸۹. بررسی امکان برداشت نوسانی انجیر سبز استهبان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران.

۴. خیریه، م. ۱۳۸۵. طراحی و ساخت یک شاخه‌تکان تراکتوری مجهز به بازوی قابل حمل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران.

۵. صفدری، ع.، قاسم‌زاده، ح. ر.، عبداله‌پور، ش. و غفاری، ح. ۱۳۸۹. طراحی، ساخت و ارزیابی یک شاخه‌تکان برای برداشت بادام. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشی‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۶. گل‌پیرا، ح. ۱۳۷۷. طراحی، ساخت و ارزیابی ماشین درخت تکان به منظور بررسی تأثیر دامنه و بسامد نوسان بر جدا سازی میوه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران.

7. Blanco-Roldan, G. L., Gil-Ribes, J. A., Kouraba, K., & Castro-Garcia, S. 2009. Effects of trunk shaker duration & repetitions on removal efficiency for harvesting oil olives. American Society of Agricultural & Biological Engineers,Vol. 25(3): 329-334.
8. Erdoğan, D., Güner, M., Dursun, E., & Gezer., I. 2003. Mechanical harvesting of apricots. Biosystems Engineering, 85(1): 19–28.
9. Fridley, R. B. & Adrian. P. A. 1966. Mechanical harvesting equipment for deciduous tree fruits. California Agr. Sta. Bull. 825 p.
10. 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.
11. O`Brien, M., Fridley, R. B., & Cargill, B.F. 1998. Principle and Practices for Harvesting and Handling Fruit and Nuts. AVI Pub. Co., INC. Westport, Connecticut. :157-188.
12. Parameswarakumar, M. and Gupta, C. P. 1991. Design parameters for vibratory mango harvesting system. Trans. of the ASAE, 34(1):14–20.
13. Polat, R., Gezer, I., Güner, M., Dursun, E., Erdoğan, D. & Bilim. H. C. 2007. Mechanical harvesting of pistachio nuts. Journal of Food Engineering, 79: 1131–1135.
14. Sanders, K. F. 2005. Citrus harvesting systems review. Biosystems Engineering, 90(2): 115–124.
15. Sanders, K. F. 2005. Selective picking head for citrus harvester. Biosystems Engineering, 90 (3): 279–28.
16. Stafford, J. R and R. G. Diener. 1971. Instability and non linear response of a fruit stem with regard to fruit detachment. ASAE Paper No. 71645, ASAE, St. Joseph, Mich. USA.
17. Stafford, J. R. & Diener. R. G. 1972. Design criteria for minimizing predetachment fruit damage during mechanical shaking. Trans. of the ASAE. 16(5): 840-843.
18. Whitney, J. D. 1973. Citrus harvest results with the air shaker concept. pp 250–254. Proceedings of the 85^{th} Annual Meeting of the Florida State Horticultural Society.
19. Wingate-Hill, R., Le. T. K. & Brown, G. A. 1981. Economic evaluation of two mechanized systems for harvesting Valencia oranges. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science, 47(1): 3–10.

Determining the most suitable amplitude and frequency for Wild Almond (*Amygdalus sccopria*) harvesting

Abstract:
Amygdalus sccopria is native in Iran and in the middle east region; in calcic and rocky mountains. The common method of harvesting this fruit is by hand. In research to determine the effect of the vibration's amplitude and frequency on the separating rate of Amygdalus sccopria of Kherameh small province located in Fars province, a pneumatic branch shaker was used with the possibility of adjusting amplitude and frequency. The tests were done through 4 repetitions in factorial design farm test based on a completely random design. The effect of the three surfaces of the oscillation's amplitude 2, 5 and 8 cm and three surfaces of the oscillation's frequency 8, 12 and 16 Hz was investigated during 5 seconds. By investigating the obtained results, harvesting efficiency was obtained based on ''tree on minute'' for mechanical and hand harvesting respectively 4/91and 14/70. Also, the results showed the meaningful effect of frequency and amplitude of oscillation on the percentage of Amygdalus sccopria's downfall; while their mutual effect was not meaningful. Also, 5 cm amplitude and the 16 Hz frequency during 5 second oscillation duration with 90 percent harvesting was suggested as the most suitable amplitude and frequency of oscillation.

Keywords: "branch shaker", "amplitude of oscillation", "frequency of oscillation", "Amygdalus sccopria".