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

طراحی، ساخت و ارزیابی یک شاخه تکان برای برداشت بادام

علی صفدری[۱]، حمید رضا قاسم زاده[۲]، شمس‌اله عبداله پور[۳]، حسین غفاری[٤]
۱، ۲، ۳ و ٤ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد، دانشیار و دانشجوی دکتری گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

یکی از حساس ترین بخش‌های سیستم‌های زراعی، برداشت محصول می‌باشد که هزینه‌های آن در زمینه باغبانی حدود ۳۰ تا ٦۰ درصد از هزینه‌های تولید محصول را شامل می‌شوند. از عوامل اساسی برای کاهش این هزینه‌ها، مکانیزاسیون یا ماشینی‌کردن فعالیت‌های باغبانی است. برای نیل به این هدف دستگاه شاخه تکان سبکی برای برداشت میوه‌های آجیلی خصوصا بادام طراحی و ساخته شد که از نظر تکنولوژی، هزینه ساخت و شیوه عملکرد متناسب با شرایط باغهای بادام ایران است. توان مورد نیاز دستگاه از یک موتور دو زمانه بنزینی کوچک تامین شده و برای کاهش دور و تغییر جهت حرکت به یک جعبه دنده منتقل گردید. برای قطع و وصل توان موتور به جعبه دنده از کلاچ گریز از مرکز و برای ایجاد حرکت نوسانی و انتقال آن به بوم و گیره ، از مکانیسم لنگ– لغزنده بهره گرفته شد. برای تعیین عملکرد تکاننده، تست مزرعه ای بر روی ۳ رقم بادام (آذر، حریرو یک نوع بادام بومی) با ۳ سطح بسامد (۱۰، ۱۳ و ۱۵ هرتز) در ۲ مدت زمان تکانیدن (۵ و۱۰ ثانیه) و در یک دامنه ثابت ۵۰ میلیمتر، در قالب یک آزمایش فاکتوریل ۲×۳×۳ با طرح پایه کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. از طرفی به منظور تعیین روند تغییر نسبت نیروی استاتیکی لازم برای جدا شدن میوه‌ها به وزن آنها (F/W) در یک فصل و همچنین روند این تغییر برای میانگین هندسی قطر میوه ها نیز آزمون‌هائی انجام گرفت. نتایج نشان داد که بسامد ارتعاشی و زمان تکانیدن اثر معنی‌داری در سطح یک درصد روی بازده تکاننده دارند در حالیکه اثر رقم بادام و اثرات متقابل دو گانه و سه گانه معنی‌دار نبود که نشانگر مستقل بودن عمل آنهاست. با افزایش بسامد ارتعاشی درصد میوه‌های جدا شده افزایش یافت و بسامد ۱۵ هرتز بهترین عملکرد را یعنی ۹۷/۹۹ درصد داشت همچنین با افزایش مدت زمان تکانیدن از ۵ ثانیه به ۱۰ ثانیه عملکرد تکانیدن افزایش یافت. نسبت (F/W) میوه‌ها در طول یک فصل برای هر سه رقم بادام کاهش و میانگین هندسی قطر آنها افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: بادام، بسامد ارتعاشی، شاخه تکان، لنگ– لغزنده، مکانیزاسیون، نسبت (F/W)

مقدمه

یکی از حساس‌ترین بخش‌های سیستم‌های زراعی، عملیات برداشت محصول است که هزینه‌های آن احتمالا مهم‌ترین فاکتور در تشخیص یک فصل اقتصادی موفق برای تولید کنندگان محصولات زراعی محسوب می‌شود. بر اساس آمار بدست آمده در زمینه باغبانی، هزینه‌های برداشت حدود ۳۰ تا ٦۰ درصد از هزینه‌های تولید را شامل می‌شوند (غفاری، ۱۳۷٦). از عوامل اساسی برای کاهش این هزینه‌ها، مکانیزاسیون یا ماشینی کردن باغبانی است. بادام یکی از مهمترین محصولات آجیلی است که کشور ما از عمده‌ترین تولیدکنندگان آن در جهان محسوب می‌گردد، ایران با تولید حدود ۹۵/۰۰۰ تن بادام در سال بعد از ایالات متحده امریکا، اسپانیا، ایتالیا و چین مقام پنجم تولید آن را در جهان داراست (جلیلی، ۱۳۸۲). براساس تحقیقاتی که در زمینه تعیین مزیت نسبی (کیفیت محصول و قیمت مبادلات در عرصه تجارت جهانی) محصولات عمده باغبانی ایران انجام شده است بادام پس از پسته، خرما، سیب و پرتقال مقام پنجم را به خود اختصاص داده است (عزیزی، ۱۳۸۳).

استان آذربایجان‌شرقی یکی از قدیمی‌ترین استان‌های ایران می‌باشد که به علت اقلیم مناسب، کشت بادام از زمان‌های دور در آن انجام می‌گرفته است و اکنون نیز با تولید تقریبا ۲۰ درصد از بادام کل کشور به عنوان قطب نخست تولید این محصول در کشور شناخته می‌شود.

برداشت بادام در ایران مانند سایر میوه‌های آجیلی به صورت دستی انجام می‌گیرد که گذشته از پرهزینه بودن، عملی مشکل و طاقت فرساست. یکی از روش‌های مرسوم در برداشت میوه‌ها به ارتعاش درآوردن تنه یا شاخه درختان با استفاده از دستگاه درخت تکان است. با توجه به حداکثر ریزش میوه در نتایج حاصل از آزمایش دستگاه‌های تکاننده، مشخص گردیده که برداشت بادام با این روش امکان پذیر بوده و حتی برداشت بادام موقعی که از دستگاه تکاننده استفاده می‌شود، بهره وری بالائی دارد. بنابراین برای افزایش بهره وری در این زمینه بایستی روش مکانیزه جایگزین برداشت دستی گردد (زابلستانی، ۱۳۸۲). در مطالعاتی که تاکنون در زمینه برداشت مکانیکی میوه انجام گرفته معمولا دو روش همیشه مورد توجه بوده است. الف) برداشت فله‌ای میوه‌های یک درخت بصورت یکجا، ب) برداشت انتخابی میوه های یک درخت (پولات، ۲۰۰۷). مکانیزم‌های ارتعاشی امروزه بیشترین نوید را در برداشت فله‌ای میوه‌ها می‌دهند که از متداول‌ترین و پرکاربردترین آنها می‌توان به تکاننده‌های اینرسی اشاره نمود که با تولید نیروی اینرسی و اعمال آن به تنه یا شاخه درخت موجب ارتعاش اجزای مختلف درخت و در نتیجه جدا شدن میوه‌ها می‌گردند(تامسون، ۱۹۸۸). اصول اساسی این کار ایجاد یک شتاب در میوه بوده، بطوری که نیروی اینرسی ایجاد شده از نیروی پیوستگی بین میوه – بند میوه یا شاخه – بند میوه بیشتر باشد (کپنر، ۱۹۸۸). دو مکانیزم عمده‌ای که برای ایجاد نیروی اینرسی در این تکاننده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از: الف) لنگ– لغزنده، ب) جرمهای نامتعادلی که هم‌جهت یا مخالف هم می‌گردند. دستگاه‌های تنه تکان نسبت به شاخه تکان‌ها سریعتر بوده و کاربردشان نیز آسانتر است البته فرم درخت را بایستی برای برداشت با این گونه دستگاه‌ها آماده و سازگار نمود.(ماکزیمم ۳ تا ٤ شاخه اصلی در تنه درخت)(CIGR,1999)[1].

[1] - CIGR Hand book of Agricultural Engineering.

تکانیدن تنه درخت به منظور جدا شدن میوه از شاخه گاهی می‌تواند منجر به پارگی ریشه‌های کوچک موجود در خاک گردد که جبران آن برای درخت مستلزم گذشت زمان طولانی است.

در این تحقیق هدف طراحی، ساخت و ارزیابی یک دستگاه شاخه تکان برای برداشت میوه‌های آجیلی خصوصا بادام می‌باشد که از نظر تکنولوژی، هزینه ساخت و شیوه عملکرد متناسب با شرایط باغهای بادام ایران بوده و ویژگی‌های زیر را داشته باشد :

۱- سبک، قابل حمل و بکارگیری توسط یک شخص

۲- هزینه اولیه پائین

۳- مانورپذیری بالا خصوصا در باغ های کوچک

٤- سادگی طرح، سرویس و نگهداری

۵- تکنولوژی مناسب

مواد و روشها

طراحی و ساخت دستگاه شاخه تکان

معیارهای دینامیکی و طراحی تکاننده‌های اینرسی، برای اولین بار در سال ۱۹٦۵ ، توسط فرایدلی و آدریان مطرح شد که پس از آن برای طراحی تکاننده‌هائی با بسامد های نوسانی نسبتاً بالا و دامنه‌های پائین مورد استفاده قرار گرفت. تعریف ریاضی یک سیستم ارتعاشی شاخه، با بی نهایت درجه آزادی قدری دشوار است، اما در بسیاری از حالات می توان این سیستم های پیچیده را با دقت کافی به صورت سیستم هائی ساده با یک درجه آزادی حل نموده و یک ضابطه معتبر طراحی برای تکاننده‌های اینرسی پیشنهاد کرد، البته برای چنین تجزیه و تحلیلی فرض‌های زیر ضروری می‌باشد:

۱- سیستم یک درجه آزادی دارد.

۲- تغییرات نیروی محرک به صورت سینوسی در نظر گرفته می شود.

۳- نیروی برگشت دهنده متناسب با جابجائی شاخه خواهد بود.

٤- میرائی از نوع ویسکوز[1] بوده که در آن نیروی میرائی متناسب با سرعت است.

۵- حالت ارتعاش، پایدار است.

٦- انرژی توسط تکاننده نگهداری می‌شود.

با این فرض ها معادله دیفرانسیلی حرکت به شکل زیر بدست آمد:

$$F = m\,a \qquad [۱]$$

نیروی اینرسی = نیروی اعمال شده + نیروی میرائی + نیروی فنر

$$-k\,x - c\frac{dx}{dt} - m\frac{d^{۲}}{dt^{۲}}\left(x + r\cos\omega t\right) = \left(M - m\right)\left(\frac{d^{۲}x}{dt^{۲}}\right) \qquad [۲]$$

[1] - viscous

که در آن:

x = تغییر مکان لحظه ای جسم از حالت تعادل، (m)

k = سفتی ظاهری فنر، (N/m)

c= ضریب میرائی ویسکوز، (N.s/m)

m = جرم جسم نامتعادل، (kg)

t = زمان، (s)

M = جرم موثر کل سیستم، (kg)

r= شعاع خارج از مرکز جرم نامتعادل، (m)

ω = بسامد زاویه ای، (rad/s) می‌باشد.

که پس از ساده کردن، می‌توان نوشت:

$$-k\,x-c\frac{dx}{dt}-m\frac{d^{۲}r}{dt^{۲}}\cos\omega t=\left(M\frac{d^{۲}x}{dt^{۲}}\right) \quad [۳]$$

رابطه بدست آمده معادله دیفرانسیل همگنی است که از آن نیروی طراحی، توان متوسط و ماکزیمم همچنین گشتاور ماکزیمم مورد نیاز برای تکانیدن شاخه‌ای با ویژگیهای معین در دامنه و بسامد ثابت به وسیله تکاننده بدست آمد و با استفاده از آنها منبع توان و سایر قسمت‌های دستگاه انتخاب یا طراحی گردید. این دستگاه از هفت قسمت مختلف شامل واحد توان، سیستم انتقال توان، مکانیسم تکاننده، میله رابط، بوم، گیره تشکیل یافته است (شکل ۱).

شکل ۱. دستگاه تکاننده شاخه

واحد توان دستگاه تکاننده، یک موتور دو زمانه بنزینی میتسو بیشی ۱/۷ اسب بخار می‌باشد که سرعت چرخشی آن را می توان به وسیله گاز دستی از rpm ۷۰۰۰– ۱۲۰۰ به طور پیوسته تغییر داده و در بسامد نوسانی معینی تثبیت کرد. به منظور قطع و وصل توان از منبع توان به گیربکس تکاننده، از یک کلاچ گریز از مرکز استفاده شد. برای کاهش دور و افزایش گشتاور و همچنین تغییر جهت آن به اندازه ۹۰ درجه از یک جعبه دنده با یک جفت چرخدنده مخروطی مارپیچ و نسبت ۳:۱ استفاده گردید. برای ایجاد حرکت نوسانی در گیره تکاننده، از یک لنگ- لغزنده استفاده شده که مرسوم ترین روش برای ایجاد حرکت نوسانی در دستگاهای تکاننده خصوصا شاخه تکانهاست. لنگ تکاننده با خارج از مرکزیت ۲۵ میلیمتر، روی محور حامل چرخدنده جعبه دنده قرار گرفته و از

جنس فولاد AISI ۱۰٤٥ CD است (قاسم زاده، ۱۳۷۹). بنابرین این دستگاه تنها می‌تواند دامنه ثابت ۵۰ میلیمتر را بر شاخه‌ها اعمال کند. شاتون ارتباط میان لوله رابط و سیستم لنگ را به وسیله یک گژن پین برقرار می سازد. قطعه واسط یک لوله توخالی فولادی به طول ۱۰۹ میلیمتر است که به ترتیب دارای قطرخارجی و داخلی۱٦ و ١٤ میلی متر می باشد. به منظور جابجائی راحت و افزایش عملکرد دستگاه تکاننده در ارتفاعات مختلف درخت، بوم تکاننده از دو لوله توخالی یک متری مجزا که از وسط به همدیگر پیچ می گردند، تشکیل شده است. این بوم درون یک لوله محافظ خارجی حرکت رفت و برگشتی میله رابط را به گیره و از طریق آن به شاخه درخت انتقال می دهد. به منظور حفظ حرکت مستقیم الخط بوم درون لوله خارجی، بین آنها از ٤ بوش تفلونی استفاده شد. چون گیره‌های نوع C، بهترین نوع گیره برای گرفتن شاخه‌ها است. لذا در این تکاننده نیز از یک گیره C شکل استفاده شد و برای جلوگیری از آسیب دیده‌گی پوست شاخه‌ها، سطح آن به وسیله ماده ضربه‌گیر از جنس لاستیک فشرده به ضخامت یک سانتیمتر پوشانیده شد.

ارزیابی تکاننده

ارزیابی تکاننده در یکی از باغ‌های بزرگ استان آذربایجان شرقی نزدیک شهرستان شبستر (روستای کافی الملک) انجام گرفت (شکل ۲). برای تعیین تاثیرات بسامد و مدت زمان تکانیدن در بازده برداشت تکاننده، تحقیق بر روی ۳ رقم بادام (آذر، حریر و یک نوع بادام بومی)، در سه سطح بسامد (۱۰، ۱۳ و ۱۵ هرتز)، در دو سطح زمان تکانیدن (۵ و ۱۰ ثانیه) و در یک دامنه ثابت ۵۰ میلیمتر، با یک آزمایش فاکتوریل ۲×۳×۳ در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار به اجرا گذاشته شد، البته لازم است گفته شود بسامدهای بالاتر از ۱۵ هرتز به علت افزایش آسیب دیدگی پوست شاخه ها از طرح حذف شد. برداشت در آخرین روزهای مرداد ماه که ۹۵ تا ۱۰۰ درصد پوست سبز بادام ها شکافته شده بود، انجام گرفت. برای اندازه گیری بسامد ارتعاشی خروجی تکاننده از یک دور سنج عقربه ای (Auto craft AC-706) استفاده شد. به منظور کاهش خطای حاصله، سعی شد تا گیره تکاننده در فاصله یکسانی از تنه اصلی درخت به شاخه ها با وضعیت و خصوصیات فیزیکی مشابه متصل گردد. به منظور جمع آوری میوه های ریخته شده، پیش از شروع آزمون، پارچه هائی زیر درختان بادام پهن گردید. پس از هر بار عمل تکانیدن شاخه ها، میوه‌های ریخته شده در اثر نوسان، جمع آوری و به دقت شمرده شد. سپس میوه های باقیمانده روی شاخه درخت نیز به صورت دستی چیده شده و شمرده شد و با استفاده از رابطه [٤] بازده تکانیدن (درصد ریزش میوه‌ها توسط تکاننده) محاسبه گردید (پولات، ۲۰۰۷) :

$$P = \frac{m_r}{m_r + m_u} \times ۱۰۰ \qquad [٤]$$

که در آن:

m_r = تعداد یا جرم میوه های جدا شده،

m_u = تعداد یا جرم میوه های جدا نشده از درخت،

P = درصد جدا شدن میوه از درخت است.

برای اندازه‌گیری روند تغییر نسبت نیروی استاتیکی لازم برای جدا شدن میوه به وزن آنها در طول یک فصل و همچنین روند تغییر میانگین هندسی قطر میوه‌ها در سه نوع بادام، هر ماه یکبار در آخرین روزهای اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد نمونه‌برداری انجام گرفت و یک آزمایش فاکتوریل ٤×٣ در قالب طرح کاملا تصادفی با ده تکرار به اجرا گذاشته شد. برای اندازه‌گیری مقاومت کششی میوه‌ها، از یک نیروسنج نوع (FG - 5000 A) که قابلیت اندازه گیری حداکثر ۵۰۰۰ گرم نیرو (٤۹/۰۳ نیوتن) را با دقت یک گرم (۰/۰۱ نیوتن) را داشت، استفاده گردید. سپس این میوه ها بارکدبندی شده و در کیسه های نایلونی به آزمایشگاه منتقل شده و به وسیله یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم به صورت تک تک توزین شد و نسبت (F/W) آنها تعیین گردید. ابعاد سه گانه (طول، قطر بزرگ و قطر کوچک) بادام ها با استفاده از یک کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ میلیمتر اندازه گیری شد و میانگین هندسی قطر بادام از رابطه ۵ محاسبه گردید(محسنین،۱۹۷۰).

$$gmd = (LWT)^{1/3} \qquad [۵]$$

که در آن:

Gmd= میانگین هندسی قطر[1]، (mm)

L= بزرگترین بعد میوه ، (mm)

W= بزرگترین بعد میوه در صفحه‌ای که بر بعد L قائم است، (mm)

T= بزرگترین بعد میوه در صفحه‌ای که بر دو بعد L و W قائم است ، (mm)

شکل۲. طریقه برداشت بادام به وسیله دستگاه تکاننده

نتایج و بحث

۱- تاثیر بسامد ارتعاشی و زمان تکانیدن روی بازده شاخه تکان

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی بر اساس آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی و با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام گرفت. در جدول ۱ تاثیر پارامترهای مختلف روی بازده تکاننده نمایش داده شده است.

[1] -Geometrical mean diameter

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که متغیرهائی مانند بسامد ارتعاشی و زمان تکانیدن اثر معنی‌داری در سطح یک درصد روی بازده تکاننده داشتند در حالیکه اثر رقم بادام و اثرات متقابل دو گانه و سه‌گانه غیرمعنی‌دار بود که بر استقلال متغیرهای مورد بحث دلالت دارد.

جدول۱. تجزیه واریانس اثر صفات مورد بررسی بر درصد ریزش بادام

منابع تغییر	*درجه آزادی*	*میانگین مربعات*	*F*
نوع بادام	۲	۷/۸۷۰	۲/۰۷۷۳ n.s.
بسامد ارتعاش	۲	۳۰۷/۱۲۳	۸۱/۰٦٤۹ ××
نوع بادام × بسامد	٤	۰/٦۳۰	۰/۱٦٦۲ n.s.
زمان تکانیدن	۱	٦۳/۱٥۹	۱٦/٦۷۰٦ ××
نوع بادام × زمان	۲	۰/۳٦۸	۰/۰۹۷۱ n.s.
بسامد × زمان	۲	۱/۲۰٤	۰/۳۱۷۷ n.s.
نوع بادام×بسامد×زمان	٤	۳/٤۲۳	۰/۹۰۳٥ n.s.
اشتباه	۳٦	۳/۷۸۹	
ضریب تغییرات (٪)	۲/۰۷		

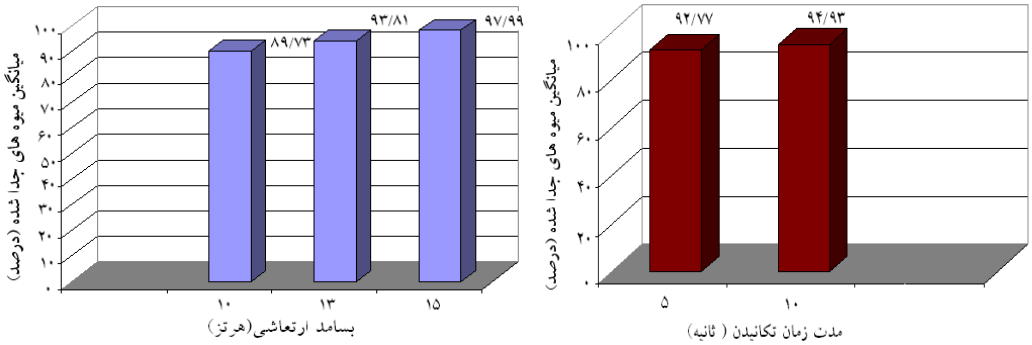
×× : وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪

n.s. : عدم وجود اختلاف معنی دار

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح یک درصد برای صفات بسامد و زمان تکانیدن نشان داد :

الف- بازده تکاننده (درصد میوه های جدا شده) با افزایش بسامد ارتعاشی افزایش یافت و بسامد ۱۵ هرتز بهترین عملکرد را برای جداسازی میوه بادام داشت (شکل ۳).

ب- افزایش زمان تکانیده از ۵ ثانیه به۱۰ ثانیه بازده تکانیدن را از افزایش داد (شکل۳).



شکل ۳. مقایسه اثر سطوح مختلف بسامد ارتعاش (چپ) و مدت زمان تکانیدن (راست) بر میانگین ریزش میوه

۲- *نسبت (F/W) و میانگین هندسی قطر بادام‌ها*

تجزیه واریانس متغیرهای مورد بحث بر این نسبت در جدول ۲ نمایش داده شده است همان‌گونه که از جدول برمی‌آید، تاریخ برداشت و نوع بادام اثر معنی داری در سطح یک درصد بر نسبت (F/W) داشته‌اند همچنین اثر متقابل این متغیرها نیز در سطح یک درصد معنی دار بود که نشان داد این متغیرها مستقل از هم عمل نکرده‌اند.

جدول۲. جدول تجزیه واریانس اثر صفات مورد بررسی بر نسبت (F/W)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
تاریخ برداشت	۳	۱۳/۷۰۷	۲۷٤/۷۹٤۹ **
اشتباه	۲۷	۰/۰۵۰	
نوع بادام	۲	۰/۸۰٤	۱٤/۹۸۰۷ **
تارخ برداشت × نوع بادام	٦	۱/٤۰۰	۲٦/۰۹۱٦ **
اشتباه	۷۲	۰/۰٥٤	
ضریب تغییرات (٪)	۱٤/۰٤		

** : وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪

n.s: عدم وجود اختلاف معنی دار

با استفاده از آزمون دانکن مقایسه میانگین‌ها برای تاریخ برداشت و نوع بادام انجام گرفت که در جدول ۳ آورده شده است.

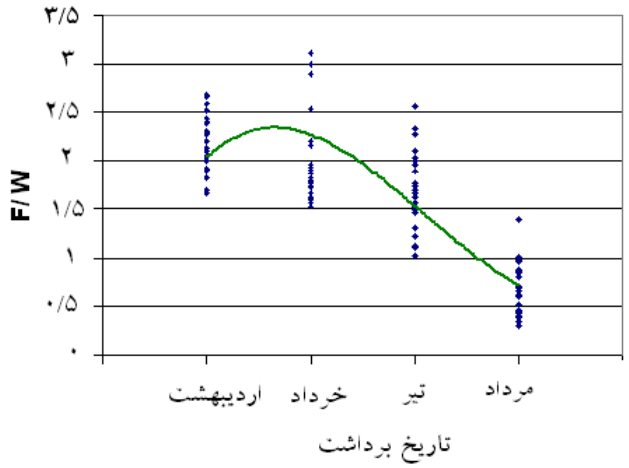
جدول۳. تغییرات نسبت (F/W) در طول یک فصل برای سه رقم بادام برحسب نیوتن بر گرم

نوع بادام	تاریخ برداشت			
	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد
آذر	۱/۹۷	۱/۸۲٥	۱/٥۳	۰/٤۱٤
حریر	۲/۲۹۳	۱/۸۲٦	۱/۳۹٦	۰/۹٤۲
بومی	۲/۲۸۹	۲/٦٤۸	۱/٥۸	۰/۷۰٦

آنچه از این جدول بر می‌آید آن است که با رسیدگی بادام نیروی لازم برای جدا کردن میوه کاهش و جرم آن افزایش یافته و در نتیجه نسبت (F/W) برای تمام ارقام بادام در طول یک فصل کاهش یافته است این نسبت همچنین امکان برداشت مکانیزه بادام را مشخص می کند. در این تحقیق مقدار این نسبت در فصل برداشت برای هر سه رقم بادام کوچکتر از یک بدست آمد.

بین نسبت (F/W) با تاریخ برداشت بادام‌ها رابطه رگرسیونی با ضریب همبستگی R^2 = ۰/۶۷۹۲ به صورت زیر حاصل شد (شکل ٤).

$$Y = ۰/۱٤٤۳ x^۳ - ۱/۳٤۱۱ x^۲ + ۳/۲۳٦۸ x \qquad [٦]$$



شکل ٤. مقایسه روند تغییر نسبت (F/ W) برای سه نوع بادام در طول یک فصل

نتیجه تجزیه واریانس متغیرهای مورد بررسی بر میانگین هندسی قطر میوه به صورت جدول ٤ آورده شده است. همانگونه که در این جدول مشاهده می‌گردد، تاریخ برداشت و نوع بادام همراه با اثر متقابل‌شان بر میانگین هندسی قطر میوه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود.

جدول٤. جدول تجزیه واریانس اثر صفات مورد بررسی بر میانگین هندسی قطر

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
تاریخ برداشت	۳	۷٦/۵۸۸	۳۱/۰۰٦۷ **
اشتباه	۲۷	۲/٤۷۰	
نوع بادام	۲	۱۰۸/۹۸٤	۷۷/۱٤۹۰ **
تارخ برداشت× نوع بادام	٦	٦/۲۸۹	٤/٤۵۱۹ **
اشتباه	۷۲	۱/٤۱۳	
ضریب تغییرات (٪)	٤/۳۲		

** : وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪

n.s. : عدم وجود اختلاف معنی دار

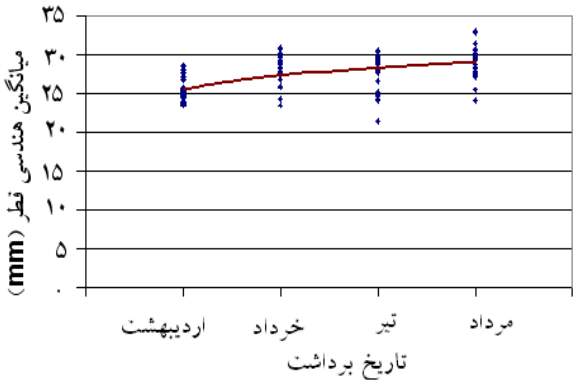
مقایسه میانگین‌ها برای تاریخ برداشت و نوع بادام که اثر معنی داری در جدول تجزیه واریانس نشان دادند، با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام گرفت که در جدول ۵ آورده شده است.

جدول۵. تغییرات میانگین هندسی قطر سه رقم بادام در طول یک فصل برای برحسب میلی‌متر

نوع بادام	تاریخ برداشت			
	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد
آذر	۲۵/۳۹٤	۲۹/٦٥۳	۲۹/۷۰۸	۳۰/۵
حریر	۲٦/۲۷۱	۲۸/۷۳۹	۲۸/۷۳٤	۲۹/۵۲۲
بومی	۲٤/۳۷۱	۲۵/۱۰۷	۲۵/۳۷	۲۷/۵۸۲

همانگونه که انتظار می‌رفت میانگین هندسی قطر میوه برای تمام ارقام بادام در طول یک فصل افزایش یافت (شکل ۵). رابطه رگراسیونی بین میانگین هندسی قطر بادام و تاریخ برداشت با ضریب همبستگی R^2 =۰/۳۰۷۱ به صورت معادله ۷ می‌باشد که نشان می‌دهد در طول یک فصل افزایش میانگین هندسی قطر به صورت یک تابع نمائی است.

$$Y = ۲/۵۰۵٦\,Ln(x) + ۲۵/۵۰۵ \qquad [۷]$$



شکل۵. روند تغییر میانگین هندسی قطر میوه برای بادام‌ها در طول یک فصل

البته قابل ذکر است که پائین بودن ضرایب همبستگی در این تحقیق می‌تواند به دلیل محدود بودن تعداد آزمایشات و ارقام بادام باشد که به نظر می‌آید با انتخاب ارقام بیشتر و افزایش تعداد آزمایشات ضرایب همبستگی اصلاح خواهند شد.

نتایج

نتایج این تحقیق عبارتند از:

۱- برداشت بادام با استفاده از درخت تکان دستی حاضر امکان پذیر است.

۲- بسامد و مدت زمان تکانیدن در بازده تکانیدن تاثیر زیادی داشت در حالی که تغییر رقم بادام در آن تاثیر معنی‌داری نداشت.

۳- بازده تکانیدن با افزایش بسامد و مدت زمان تکانیدن شاخه افزایش یافت.

٤- در بسامد ارتعاش ۱۵ هرتز بهترین بازده تکانیدن حاصل شد.

۵- افزایش بسامد تکانیدن به بیشتر از ۱۵ هرتز منجر به آسیب دیدگی پوست شاخه‌ها شد.

٦- تاریخ برداشت و نوع بادام و همچنین اثر متقابل آن دو تاثیر معنی داری در تغییرات نسبت (F/W) داشتند.

۵- نسبت (F/W) برای بادام آذر در طول یک فصل از ۱/۹۷ به ۰/٤۱٤ نیوتن بر گرم، برای بادام حریر از ۲/۲۹۳ به ۰/۹٤۲ نیوتن بر گرم و برای رقم بومی از ۲/۲۸۹ به ۰/۷۰٦ نیوتن بر گرم کاهش یافت.

۷- از میان سه رقم بادام رقم آذر به دلیل پائین‌تر بودن نسبت (F/W) آن برای برداشت مکانیزه مناسب‌تر است.

۸- میانگین هندسی قطر میوه برای هر سه رقم بادام در طول یک فصل افزایش یافت

منابع

جلیلی مرندی، رسول و ج. حکیمی رضائی. ۱۳۸۲. پرورش فندق. بادام. گردو. ترجمه. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد ارومیه

زابلستانی، مسعود. ۱۳۸۲. تعیین مقاومت به ارتعاش میوه بادام و شبیه سازی دینامیکی درخت آن. پایان نامه ی دکترای تخصصی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران

عزیزی، جعفر.۱۳۸۳. تعیین مزیت نسبی محصولات عمده باغبانی ایران، اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال دوازدهم، شماره٤٦

غفاری، حسین. ۱۳۷٦. طراحی سیستم تکاننده جهت برداشت مکانیکی مرکبات. پایان نامه ی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران

قاسم زاده، حمید رضا. ۱۳۷۹. طراحی مکانیکی اجزا ماشین. جلد اول. ترجمه. انتشارات دانشگاه تبریز.

Aderian,P.A.,R..Fridley,1965. Dynamics and Design Criteria of Inertia-Type Tree Shaker. Trans. of the ASAE , 8(1): 12-14 .

Anonymous , 1999. CIGR Hand book of Agricultural Engineering. Vol . III , Plant

Kepner, R. A. ,R. Bainer, E. L. Barger, 1978. Farm Machinery, CBS Publisher and Distributors, Daya Basti, Delhi.

Mohsenin,N.N.1970.Physical properties of plant and animal materials. New York; Gordon and Breachscience publishers.

O'brin,M., B.F.Cargil and R. B, Fridley.1983.Principels and Practices for Harvesting and Handling Fruits and Nuts. AVI Publishing company, INC. westport, connecticut. USA.

Polat, R. 2007. Mechanical Harvesting of Almond with an Inertia Type Limb Shaker. Asian Journal of Plant Sciences.

Shigley, J.E., C.R. Mischke and T.H. Brown 1995. Theory of Machines and Mechanisms. Mc Graw-Hill,Inc.Second edition,1221 Avenue of the Americans New York,NY 1002. 616-632.

Thomoson, W.T. 1988. Theory of Vibration with applications, 3th Edition, Prentice-Hall, Inc.

" Design, Construction and Evaluation of a portable Limb Shaker for Almond Tree"

Abstract

Fruit harvesting cost is probably the major factor in determining whether or not there will be an economically successful season for most farmers. Manual harvesting of fruit accounts for 30% - 60% of the total production costs. Mechanical harvesting is a principle way for input reduction. The aim of this study was to design and develop a limb shaker for vibratory nuts detachment especially almond that it be suitable for Iran gardens. The limb shaker was light- weight unit including a two cycles, petrol engine. In order to reduce the speed and change direction of it, a centrifugal clutch and a gearbox which driven by the engine's crankshaft. The input rotating motion was transmitted to a slider- crank mechanism, where it was converted to reciprocating motion. The resulted vibrating motion was transmitted to tree limb through a boom and C- shaped clamp. In order to evaluate performance of the machine, a 3×3×2 factorial experiment with completely randomized design in three replications were conducted. In these tests three levels of shaking frequency (10, 13 and 15 Hz), two level of shaking time (5 and 10 s) in constant amplitude were investigated with three almond cultivars (Azar, Harir and a kind of local almond). Moreover, variations of the fruit detachment force (FDF) to its weight (W) ratio and variations of the geometric mean diameter at different maturity stages were measured in mentioned cultivars. Analysis of variance and mean comparison by Duncan's multiple range test showed that the effects of shaking frequency and shaking time on fruit detachment were significant, while almond cultivars and their interactions were not significant in 1% of probability. The percent of detached fruits was increased by increasing the shaking frequency. Maximum fruit detachment (97.99%), was obtained by applying the shaking at 15 Hz frequency also the percent of detached fruits was increased by increasing the shaking time. FDF/W ratio decreased as maturity time increased, while the geometric mean diameter increased as maturity time increased.

Key words: almond, limb shaker, mechanical harvest, shaking frequency,Slider-crank.