نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۲، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۱، ص ۱۰۱-۹۶

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 2, No. 2, Fall - Winter 2012, p. 96-101

بررسی اثر بسامد و زمان ارتعاش بر عملکرد تکاننده ارتعاشی برای برداشت مکانیزه پرتقال تامسون

حمید قربانپور[۱] - محمدهادی خوش‌تقاضا[۲*] - محمدرضا مستوفی سرکاری[۳]

تاریخ دریافت: ۹۰/۷/۴
تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۸

چکیده

برداشت مرکبات به‌صورت دستی‌کاری سخت، پرهزینه و زمان‌بر است. در این تحقیق به‌منظور امکان‌سنجی برداشت مکانیزه پرتقال با تکاننده ارتعاشی، در یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، اثر بسامد (در سه سطح ۵، ۷/۵ و ۱۰ هرتز) و زمان ارتعاش (در سه سطح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ ثانیه) بر میزان برداشت و میوه‌های آسیب دیده پرتقال تامسون مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که اثر بسامد و زمان ارتعاش در سطح ۱٪ بر درصد برداشت و میوه‌های آسیب دیده معنی‌دار بوده؛ ولی اثر متقابل آن‌ها بر صفت‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود. با افزایش بسامد میزان برداشت بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد که بیشترین میزان آن ۶۲/۸ درصد در بسامد ۱۰ هرتز می‌باشد. اگرچه با افزایش زمان ارتعاش میزان برداشت افزایش یافت ولی اختلاف معنی‌داری بین زمان‌های ۱۵ و ۲۰ ثانیه در بسامد ۱۰ هرتز بر میزان برداشت وجود نداشت. همچنین با افزایش زمان ارتعاش میزان درصد میوه‌های آسیب دیده نیز بیشتر گردید. با توجه به‌دلایل مذکور، بسامد ۱۰ هرتز و زمان ارتعاش ۱۵ ثانیه به‌عنوان مناسب‌ترین حالت برای برداشت مکانیزه پرتقال تامسون انتخاب گردید. سرانجام یک مدل ریاضی خطی بر اساس بسامد و زمان ارتعاش برای درصد برداشت و میوه‌های آسیب دیده پرتقال تامسون تدوین گردید.

واژه‌های کلیدی: بسامد، تامسون، زمان ارتعاش، مدل ریاضی، برداشت، میوه‌های آسیب دیده

مقدمه

مرکبات از جمله محصولات باغی می‌باشد که از جایگاه بالایی در زمینه اشتغال و ارز آوری برخوردار است و علاوه بر مصارف تازه‌خوری در صنعت فرآوری و تولید آب‌میوه نیز استفاده می‌شود (Zare, 2006). در ایران برداشت مرکبات به‌صورت دستی یا سنتی انجام می‌پذیرد. کشور ایران با برداشت سالانه ۴ میلیون و ۵۰۷ هزار و ۷۰۰ تن مرکبات از ۲۱۵ هزار و ۱۰۵ هکتار باغ‌های بارور، هفتمین تولید کننده مرکبات در جهان و با تولید ۲ میلیون و ۴۰۰ هزار تن پرتقال رتبه هفتم را در جهان دارا می‌باشد (Anonymous, 2007). امروزه حدود ۳۵ تا ۴۵ درصد قیمت تمام شده در مرکبات، هزینه برداشت می‌باشد. با افزایش جمعیت جهان و در نتیجه نیاز به‌محصولات بیشتر، برداشت به‌روش دستی مقرون به‌صرفه نیست، لذا مکانیزه نمودن سامانه‌های برداشت محصول مرکبات برای افزایش سرعت برداشت و کاهش هزینه امری لازم و ضروری است (Sanders, 2005).

ماشین‌های برداشت میوه با سامانه‌های مختلف از اواسط قرن بیستم در کشورهای توسعه یافته مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از رایج‌ترین نوع ماشین‌های برداشت میوه سامانه‌های ارتعاشی می‌باشند؛ که با تولید نیروی ارتعاشی و اعمال آن به‌تنه یا شاخه درخت موجب ارتعاش اجزاء مختلف درخت و در نتیجه جداشدن میوه‌ها از درخت می‌گردند (Loghavi and Rahimi, 2007). دامنه، بسامد و مدت زمان ارتعاش اعمال شونده، از جمله متغیرهایی می‌باشند که در عملکرد برداشت‌کننده‌های ارتعاشی تأثیر می‌گذارند. نیروی دینامیکی وارده بر میوه، با دامنه و توان دوم بسامد ارتعاش متناسب است (Srivastava *et al.*, 1993). زمان معمول ارتعاش درخت بستگی به‌واریته و میزان رسیدگی میوه بین ۵ تا ۱۲ ثانیه می‌باشد. هرچه مقدار نیروی کشش بین میوه و شاخه بیشتر باشد، مدت زمان بیشتری برای تکاندن درخت لازم است (Futch and Roka, 2005).

۱و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: khoshtag@modares.ac.ir)
۳- استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کرج

میزان برداشت پرتقال والنسیا طی تحقیقی مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش از زمان ارتعاش بین ۵ تا ۲۰ ثانیه و طول دامنه بین یک تا دو اینچ استفاده شد. میزان برداشت بین ۶۷ تا ۸۹ درصد بود (Whitney, 1998). طی تحقیقی میزان برداشت پرتقال والنسیا با دو نوع تکاننده نوع سوار و تکاننده دستی مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش از سه سطح فرکانس ۹، ۱۵ و ۲۵ هرتز استفاده شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که میزان برداشت درحالت کلی ۶۵ درصد می‌باشد. تکاننده نوع سوار با ۷۲ درصد میزان برداشت نسبت به‌نوع دستی یا خود گردان با ۵۷ درصد میزان برداشت بازدهی بیشتری داشت. همچنین متوسط میزان نیروی جداسازی ۴۷-۴۴ نیوتن اندازه‌گیری شد. در این تحقیق بسامد ارتعاشی ۱۵ هرتز و زمان ۵-۴ ثانیه با دامنه ارتعاش ۲۸-۱۲ میلی‌متر برای جداسازی پرتقال والنسیا مناسب و پیشنهاد شده است (Torrogrossa *et al.*, 2009).

در پژوهشی، از شاخه تکان به‌منظور برداشت سیب در سه سطح بسامد ۴، ۹ و ۲۰ هرتز و سه دامنه ارتعاش ۲۰، ۳۲ و ۴۰ میلی‌متر بر درصد جداسازی میوه بررسی گردید. نتایج نشان از معنی‌داری تأثیر سطوح مختلف دامنه و بسامد بر جداسازی میوه سیب داشت. در حالیکه تأثیر متقابل این دو فاکتور اثر معنی داری بر جداسازی میوه نشان نداد. مناسب‌ترین دامنه و بسامد ارتعاش برای برداشت سیب بر اساس بیشترین درصد جدایش میوه، دامنه ۴۰ میلی‌متر و بسامد ۹ هرتز بود (Kherieh, 2002).

در یک تحقیق انجام شده در ایران، مناسب‌ترین دامنه و بسامد ارتعاش شاخه جهت برداشت مکانیکی برای میوه لیموی ترش، با استفاده از ارتعاش دهنده تراکتوری انتخاب گردید. در این آزمایش تأثیر سه سطح بسامد ۵، ۷/۵ و ۱۰ هرتز و سه سطح دامنه ارتعاش ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌متر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که اثر بسامد ارتعاش بر جداسازی میوه معنی‌دار بوده، ولی اثر دامنه و اثرهای متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود؛ با افزایش بسامد ارتعاش درصد میوه‌های جدا شده به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. ولی در مجموع ترکیب دامنه ارتعاش ۸۰ میلی‌متر با بسامد ارتعاش ۱۰ هرتز مناسب‌ترین حالت برای جداسازی میوه شناخته شد. زیرا در بسامدهای بالاتر منجر به‌ریزش برگ ها می‌گردید (Loghavi and Mohseni, 2005).

از آن‌جا که برداشت مرکبات در بیشتر کشورهای پیشرفته نظیر آمریکا و استرالیا به‌صورت مکانیزه می‌باشد، اهمیت و توسعه آن در ایران با توجه به‌تولید و سطح زیر کشت، حائز اهمیت و مهم می‌باشد. لذا در این تحقیق امکان‌سنجی برداشت مکانیزه پرتقال تامسون با تکاننده ارتعاشی مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در مؤسسه تحقیقات مرکبات کشور واقع در رامسر انجام گرفت (زمستان ۱۳۸۸). قطعه مورد آزمایش شامل درختانی از رقم تامسون با طول عمر متوسط ۱۵ تا ۳۰ سال و به‌قطر تنه ۳۰-۱۵ سانتی‌متر، که روی پایه پونیسیروس پیوند زده شده بود و دارای فواصل مناسب بین درختان (۴×۴ متر) که برای حرکت تکاننده مناسب بود، شامل می‌شد. در این تحقیق سعی شد درختان به‌طور کاملاً تصادفی انتخاب گردند و همچنین قطر درخت‌ها یا مکان اتصال گیره با درخت دارای قطرهای یکسان باشند. برای اجرای این پژوهش از یک دستگاه ارتعاش دهنده AUTO PICK MT مدل Arcusin ساخت کشور اسپانیا استفاده شد (شکل۱). دستگاه ارتعاش دهنده از نوع تنه تکان بوده و بر اتصال سه نقطه تراکتور سوار شده و مورد استفاده قرار گرفت. قسمت‌های مهم دستگاه در شکل قابل مشاهده است. توان کاری ماشین از طریق PTO تراکتور و سامانه واحد هیدرولیک تأمین گردید. محدوده طول دامنه ارتعاش به‌دلیل محدود بودن طول جک هیدرولیکی متصل به‌بازوی تکاننده، ثابت و حدود ۳۰ mm می‌باشد. همچنین ارتفاع محل اتصال تکاننده به درخت حدود ۸۰ cm انتخاب گردید.

در این تحقیق اثر بسامد و مدت زمان ارتعاش بر میزان برداشت و درصد میوه‌های آسیب دیده به‌منظور امکان سنجی برداشت مکانیزه پرتقال با تکاننده مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور از یک آزمایش فاکتوریل (۳×۳) در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه سطح بسامد ۵، ۷/۵ و۱۰ هرتز و سه سطح زمان ارتعاش ۱۰، ۱۵ و ۲۰ ثانیه با سه تکرار، استفاده گردید. چون درخت تامسون نسبت به‌سایر گونه های مرکبات حساس می باشد، لذا انتخاب سطوح بسامد بر اساس تحقیق انجام گرفته روی لیمو بوده، تا آسیبی به‌پوست و ریشه درخت نزند. پارامترهای مستقل در این تحقیق شامل بسامد و زمان ارتعاش و پارامتر قابل اندازه‌گیری میزان برداشت و میزان درصد میوه‌های آسیب دیده می‌باشد.

با اعمال ارتعاش در بسامد و زمان‌های مختلف، تعدادی از میوه‌ها ریزش کرده و از درخت جدا می‌شوند، میوه‌های جداشده بر روی کرباسی (چتر) که در زیر تاج درخت توسط تکاننده پهن می‌گردد، ریخته و جمع‌آوری می‌گردند و تعدادی هم روی شاخه باقی می‌مانند. با جدا کردن میوه‌های باقی مانده بر روی درخت و وزن کردن هر دو گروه میزان برداشت با استفاده از رابطه (۱) محاسبه‌گردید (Mobli, 1987).

$$P_r = \frac{X}{X+Y} \times 100 \qquad (۱)$$

P_r: میزان برداشت (٪)

X : مقدار میوه‌های ریخته شده در اثر ارتعاش (kg)

Y: مقدار میوه‌های مانده روی درخت (kg)

شکل ۱- دستگاه تکاننده Arcusin و قسمت‌های اصلی آن: ۱) گیره ۲) ارتعاش دهنده یا لرزاننده ۳) چتر

Fig. 1. Arcusin shaker machine and its main components: 1) Clamp 2) Vibrator 3) Umbrella

منظور از میوه‌های آسیب دیده در اینجا؛ میوه‌های ترکیده، سوراخ شده به‌وسیله چوب و درخت و میوه‌های لهیده شده است. درصد میوه‌های آسیب دیده (P_{damage})، نسبت میوه‌های آسیب دیده به‌مجموع میوه‌های درخت (میوه‌های برداشت شده در اثر ارتعاش و میوه‌های باقی مانده روی درخت که با دست برداشت شدند) است (رابطه۲).

$$P_{damage}=\frac{Z}{X+Y}\times 100 \qquad (۲)$$

Z: مقدار میوه آسیب دیده (kg)

داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزارهای SPSS و TableCurve3D مورد تجزیه و تحلیل آماری و مدل‌سازی قرار گرفته و با توجه به‌جدول تجزیه واریانس و آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها، ویژگی‌های مورد مطالعه، مقایسه و ارزیابی شدند.

نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس اثر متغیرهای مستقل شامل اثر بسامد و زمان ارتعاش و اثرهای متقابل آن‌ها بر متغیرهای وابسته تحقیق شامل میزان برداشت و درصد میوه‌های آسیب دیده را در میوه پرتقال رقم تامسون نشان می‌دهد. اثر بسامد و زمان ارتعاش در سطح ۱٪ بر میزان برداشت و درصد میوه‌های آسیب دیده معنی‌دار بوده ولی اثر متقابل بسامد و زمان ارتعاش بر صفت‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود. حال می‌بایست با مقایسه میانگین‌ها مناسب‌ترین سطح بسامد و زمان ارتعاش را برای بیشترین برداشت و کمترین میوه های آسیب دیده برگزید.

جدول ۲ نشان دهنده مقایسه میانگین‌های متغیرهای وابسته آزمایش، نسبت به‌سطوح مختلف بسامد ارتعاش است، که توسط آزمون دانکن در سطح ۱٪ انجام گرفته و حاکی از اختلاف معنی‌دار مقادیر میزان برداشت و درصد میوه‌های آسیب دیده در سطوح مختلف بسامد است. با افزایش بسامد ارتعاش از ۵ تا ۱۰ هرتز، میزان برداشت به‌طور معنی‌داری حدود ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. دلیل این امر را می‌توان این گونه توجیه نمود که با افزایش بسامد ارتعاش، نیروهای دینامیکی و تنش‌های نوسانی وارد بر نقطه اتصال دم میوه به‌شاخه افزایش یافته و تنش خمشی به‌همراه تنش‌های کششی در سطح ساقه و دم میوه، موجب قطع ساقه یا جدا شدن دم میوه می‌گردد که باعث ریزش بیشتر میوه می‌شود (Srivastava *et al.*, 1993). بیشترین میزان برداشت پرتقال تامسون ۶۲/۸ درصد در بسامد ۱۰ هرتز است. تاروگروسا و همکاران نیز نتایج مشابهی بر میزان برداشت پرتقال والنسیا با ۶۷ درصد در بسامد ارتعاشی ۱۵ هرتز دست یافته بودند (Torregrosa *et al.*, 2009). اگرچه بسامد ارتعاشی بکار گرفته شده در تحقیقات آن‌ها بیشتر بود ولی افزایش چندانی در میزان برداشت دیده نمی‌شود. همچنین در تحقیق جداگانه که بر روی لیمو ترش صورت گرفت بسامد ارتعاشی ۱۰ هرتز به‌عنوان مناسب‌ترین حالت برای جداسازی میوه لیمو ترش شناخته شد. زیرا بسامدهای بالاتر منجر به‌ریزش برگ ها می‌گردید (Loghavi and Mohseni, 2005).

درصد میوه‌های آسیب دیده با افزایش بسامد ارتعاش به‌طور معنی‌داری افزایش یافته، به‌طوری‌که با افزایش بسامد ارتعاش از ۵ تا ۱۰ هرتز میزان آن حدود ۴ درصد افزایش یافت با افزایش بسامد ارتعاش، برخورد میوه‌ها به‌هم یا به‌شاخه‌های درخت افزایش یافته و میوه‌ها با شدت بیشتری از درخت جدا شده و شدت برخورد و ضربه در سطح آن‌ها بیشتر می‌شود و در نتیجه درصد میوه‌های آسیب دیده افزایش می‌یابد.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌های میزان برداشت و درصد میوه‌های آسیب دیده نسبت به‌سطوح مختلف زمان ارتعاش (جدول ۳)

با افزایش زمان ارتعاش میزان برداشت میوه افزایش یافته که می‌تواند ناشی از افزایش تعداد سیکل‌های نوسانی میوه و تنش‌های نوسانی وارد بر نقطه اتصال دم میوه به‌شاخه به‌هنگام افزایش زمان اعمال ارتعاش باشد هرچند که تفاوت معنی‌داری بین زمان‌های ۱۵ و ۲۰ ثانیه در میزان برداشت مشاهده نشد. مقدار میانگین‌های میزان درصد میوه‌های آسیب دیده با افزایش زمان ارتعاش به‌دلیل افزایش مدت زمان برخورد میوه‌ها به‌هم یا به شاخه‌های درخت به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که بیشترین درصد میوه‌های آسیب دیده در سطح زمانی ارتعاش۲۰ ثانیه، ۸/۵۴ درصد است. با توجه به‌جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل پارامترهای بسامد و زمان ارتعاش بر میزان برداشت و درصد میوه‌های آسیب دیده معنی‌دار نیست. ولی در مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن (جدول ۴)، نتایج قابل تمایز بود. براساس جدول، با افزایش بسامد و زمان ارتعاش میزان برداشت افزایش می‌یابد و اختلاف معنی‌داری در بعضی سطوح وجود دارد. در بسامد پایین (۵ هرتز) اختلاف معنی‌داری در زمان‌های مختلف ارتعاش مشاهده نمی‌شود؛ ولی با افزایش بسامد (۷/۵ و ۱۰ هرتز) میزان برداشت اختلاف معنی‌داری در زمان ۱۰ ثانیه با زمان‌های ۱۵ و ۲۰ ثانیه دارد ولی بین زمان‌های ۱۵ و ۲۰ ثانیه اختلاف معنی‌داری دیده نشد.

جدول۱- تجزیه واریانس صفت‌های اندازه‌گیری شده

Table1. Analysis of variance of measured variables

منابع تغییر Source of variation S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom df	میانگین مربعات Mean Squares میزان برداشت (٪) Amount of harvesting	 میوه‌های آسیب دیده(٪) Damaged fruits
بسامد Frequency	2	1038.48**	38.37**
زمان Time	2	542.07**	45.85**
بسامد × زمان Time ×Frequency	4	38.95 ns	2.9 ns
اشتباه Error	18	22.71	1.44
ضریب تغییرات Coeficient of Variation		9.62	18.20

*) معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، **) معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns) در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نیست.

*) significant at α=5%, **) significant at α=1%, ns) not significant

جدول۲- مقایسه میانگین اثر بسامد بر میزان برداشت و میوه‌های آسیب دیده

Table 2. Mean comparison of the effect of frequency on the amount of harvesting and damaged fruits

بسامد (Hz) Frequency(Hz)	میزان برداشت (٪) Amount of harvesting	میزان میوه‌های آسیب دیده (٪) Damaged fruits
5	41.49 c*	4.9 A
7.5	54.06 b	7.03 B
10	62.86 a	8.84 C

*میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشند.

*means with the common letter are not significantly different in each column.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر زمان ارتعاش بر میزان برداشت و میوه‌های آسیب دیده

Table 3. Mean comparison of the effect of vibration time on the amount of harvesting and damaged fruits

زمان (s) Time(s)	میزان برداشت (٪) Amount of harvesting	میزان میوه‌های آسیب دیده (٪) Damaged fruits
10	44.05 b*	5.35 A
15	55.57 a	7.05 B
20	58.8 a	8.54 C

*میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشند.

*means with the common letter are not significantly different in each column.

میانگین درصد میوه‌های آسیب دیده با افزایش بسامد و زمان ارتعاش افزایش می‌یابد که دلیل آن افزایش برخوردها در بسامدهای بالاتر و مدت زمان‌های بیشتر می‌باشد (جدول ۵). در بسامد ۱۰ هرتز و زمان ارتعاش ۱۵ و ۲۰ ثانیه، از نظر میزان برداشت (جدول ۴) و میزان میوهای آسیب دیده (جدول ۵) اختلاف معنی داری وجود ندارد. لذا مناسب‌ترین بسامد و زمان ارتعاش به‌منظور بیشترین برداشت و احتمال کمتر آسیب رساندن به درخت، به‌ترتیب بسامد ۱۰ هرتز و زمان ارتعاش ۱۵ ثانیه برای برداشت مکانیزه پرتقال تامسون می توان انتخاب کرد.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل بسامد و زمان ارتعاش بر میزان برداشت (٪)

Table 4. Mean comparison of the interactive effect frequency and vibration time on the amount of harvesting fruits (%)

بسامد (Hz) Frequency(Hz)	زمان (s) Time(s)		
	10	15	20
5	37.2 d	43.6 d	43.8 d
7.5	42.7 d	57.3 bc	62.1 ab
10	52.1 c	65.9 a	70.4 a

* میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ردیف یا ستون از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشند.

*means with the common letter are not significantly different in each column or row.

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر متقابل بسامد و زمان ارتعاش بر میزان میوه‌های آسیب دیده (٪)

Table 5. Mean comparison of the interactive effect frequency and vibration time on damaged fruits (%)

بسامد (Hz) Frequency(Hz)	زمان (s) Time (s)		
	10	15	20
5	4.01 d	5.16 d	5.51 d
7.5	5.41 d	6.26 bc	8.42 ab
10	6.64 c	8.73 a	8.94 a

* میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ردیف یا ستون از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشند.

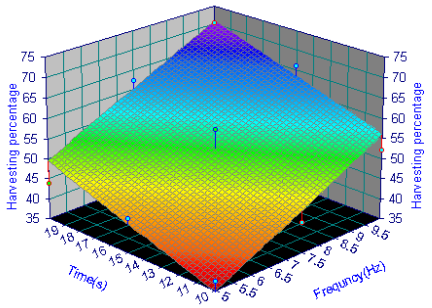
*means with the common letter are not significantly different in each column or row.

تدوین مدل ریاضی

مدل ریاضی خطی بر اساس بسامد و زمان ارتعاش برای میزان برداشت پرتقال تامسون از روش رگرسیون چند متغیره تدوین گردید (معادله ۳). برای تدوین این مدل از نرم افزار SPSS و TableCurve3D استفاده گردید. شکل ۲ نمودار سه بعدی پارامترهای مذکور را نشان می‌دهند. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، با افزایش بسامد و زمان ارتعاش میزان برداشت بیشتر می‌گردد.

$$P_{Removal} = 1.44 + 4.27f + 1.47t \qquad R^2 = 0.91 \qquad (۳)$$

در این رابطه، $P_{Removal}$ میزان برداشت (بر حسب درصد)، f بسامد ارتعاش (هرتز) و t زمان ارتعاش (ثانیه) است. ضریب همبستگی[1] بین بسامد و زمان ارتعاش با میزان برداشت به‌ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۵۴ که نشان دهنده همبستگی مثبت بسامد و زمان ارتعاش با میزان برداشت است. همچنین از بررسی ضرایب بسامد و زمان ارتعاش در مدل نیز مشاهده می‌گردد که بسامد ارتعاش تأثیر بیشتری نسبت به‌زمان ارتعاش بر میزان برداشت دارد که با نتایج بدست آمده از اثر متقابل بسامد و زمان ارتعاش بر میزان برداشت مطابقت دارد.



شکل ۲- تغییرات درصد برداشت بر حسب بسامد و زمان ارتعاش

Fig. 2. Variation of harvesting percentage with frequency and vibration time

همچنین یک مدل ریاضی خطی بر اساس بسامد و زمان ارتعاش از روش رگرسیون چند متغیره برای میزان میوه‌های آسیب دیده تدوین گردید (رابطه (۴)). همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش بسامد و زمان ارتعاش، درصد میوه‌های آسیب دیده نیز بیشتر می‌گردد.

1- Correlation coefficient

ضریب همبستگی بین بسامد و زمان ارتعاش با درصد میوه‌های آسیب دیده به‌ترتیب ۰/۸۲و ۰/۳۲ است که که نشان دهنده همبستگی مثبت بسامد و زمان ارتعاش با میزان میوه های آسیب دیده است. همچنین با توجه به‌مقدار مربوطه، نشان دهنده تأثیر بیشتر بسامد نسبت به زمان ارتعاش بر میزان میوه‌های آسیب دیده می‌باشد.

$$P_{Damage} = -4 + 0.82f + 0.319t \quad R^2 = 0.91 \qquad (۴)$$

در این رابطه، P_{Damage} میزان میوه‌های آسیب دیده (بر حسب درصد)، f بسامد ارتعاش (هرتز) و t زمان ارتعاش (ثانیه) است.

نتیجه‌گیری

اثر بسامد و زمان ارتعاش در سطح ۱٪ بر میزان برداشت و درصد میوه‌های آسیب دیده معنی‌دار بوده ولی اثر متقابل بسامد و زمان ارتعاش بر صفت‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار نیست.

با افزایش بسامد ارتعاش میزان برداشت به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که بیشترین میزان آن در بسامد ۱۰ هرتز ۶۲/۸ درصد می‌باشد.

درصد میوه‌های آسیب دیده با افزایش بسامد ارتعاش به‌طور معنی‌داری افزایش یافته که کمترین و بیشترین میزان میوه‌های آسیب دیده به‌ترتیب در سطح بسامد ۵ و۱۰ هرتز به‌مقدار ۴/۰۲ و ۸/۴۴ درصد است همچنین مقدار آن با افزایش زمان ارتعاش به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که بیشترین مقدار در سطح زمانی ۲۰ ثانیه به‌مقدار ۷/۸۳ درصد است.

با افزایش بسامد و زمان ارتعاش میزان برداشت افزایش می‌یابد هر چند بین زمان‌های ۱۵ و ۲۰ ثانیه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. با توجه به‌افزایش مقدار میوه‌های آسیب دیده و احتمال آسیب به‌درخت در زمان‌های ارتعاش زیاد، زمان ۱۵ ثانیه و بسامد ۱۰ هرتز به‌عنوان مناسب‌ترین حالت برای برداشت پرتقال تامسون در این تحقیق انتخاب گردید.

مدل ریاضی خطی بر اساس بسامد و زمان ارتعاش برای میزان برداشت و میوه‌های آسیب دیده تدوین گردید. ضریب همبستگی بین بسامد و زمان ارتعاش با میزان برداشت به‌ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۵۴ و با میوه‌های آسیب دیده به‌ترتیب ۰/۸۲ و ۰/۳۲ است. از بررسی ضرایب بسامد و زمان ارتعاش مشاهده گردید که بسامد ارتعاش تأثیر بیشتری نسبت به‌زمان ارتعاش بر میزان برداشت و میزان میوه‌های آسیب‌دیده دارد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه تربیت مدرس به واسطه تأمین بودجه و از مرکز تحقیقات و مرکبات کشور به واسطه همکاری در اجرای این طرح تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Anonymous. 2007. Ministry of Jahad-e- Agriculture. Available from: http://jkmaz.ir/portal/index.php. Accessed 25 May 2011.
2. Futch, S. H., and. F. M. Roka. 2005. Trunk shaker mechanical harvesting systems. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Available from: http://edis.ifas.ufl.edu. Accessed 12 Feb. 2011.
3. Kherieh, M. 2002. Design, construction and evaluation of a shake branches tractor equipped with float arms to apple harvest. M. Sc. thesis, Faculty of Agriculture, Shiraz University. (In Farsi).
4. Mobli, H. 1987. Determination of the biomechanical properties in mechanized harvesting of pistachio, Ph.D. dissertation, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University. (In Farsi).
5. Loghavi, M. and H. Rahimi. 2007. Effects of shaking amplitude and frequency on two varieties of pistachio nut and cluster detachment. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 11(40): 109-123. (In Farsi).
6. Loghavi, M. and Sh. Mohseni. 2005. The effects of shaking frequency and amplitude on detachment of lime fruit. Iran Agricultural Research, 24(2): 27-38.
7. Sanders, K. F. 2005. Orange harvesting systems review. Biosystems Engineering, 90 (2): 15-125.
8. Srivastava, A. K., C. E. Georing and R.P. Rohrbach. 1993. Engineering Principle of Agricultural Machines. Published by the American Society of Agricultural Engineers, 113: 88-92.
9. Torregrosa, A., E. Ortı, B. Martın, J. Gil, and C. Ortiz. 2009. Mechanical harvesting of oranges and mandarins in Spain. Biosystems Engineering, 104:18-24.
10. Whitney, J. D. 1998. Field test results with mechanical harvesting equipment in Florida oranges. ASAE. 110:89-92.
11. Zare, M. 2006. Role of Mazandaran in the economy. Available from: http://www.mazandnume.com/PNID=V5094. Accessed 10 April 2011.