بررسی تأثیر دامنه و بسامد ارتعاش بر جداسازی دانه و خوشه پسته

محمد لغوی[1]- حسین رحیمی[2]

چکیده

هدف از انجام این تحقیق تعیین مناسبترین دامنه و بسامد ارتعاش برای جداسازی دانه و با خوشهٔ پسته با درنظر گرفتن حد اقل خسارت وارد به شاخه بود . برای انجام این تحقیق از یک دستگاه ارتعاش دهندهٔ شاخه که دربخش مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شیراز طراحی و ساخته شد ، استفاده گردید. دستگاه ارتعاش دهنده توسط اتصال سه نقطه به تراکتور متصل و توان خود را از محور تواندهی تراکتور دریافت می داشت . این توان توسط سیستم رانش تسمه ای و یک کلاچ مکانیکی به چرخ طیار منتقل شده و توسط مکانیسم لنگ لغزنده به حرکت ارتعاشی تبدیل می گردید. حرکت منتجه توسط بازوی تلسکوپی و گیرهٔ مخصوص آن به شاخهٔ درخت منتقل می شد.

به منظور تعیین تاثیر دامنه وبسامد ارتعاش بر جداسازی دانه یا خوشهٔ پسته دردو رقم اوحدی وکله قوچی یک آزمایش فاکتوریل ۴ × ۴ درقالب یک طرح کاملا" تصادفی باسه تکرار برروی هر رقم به اجرا گذاشته شد. چهار سطح بسامد ارتعاش که در رقم اوحدی استفاده شد عبارت بودند از : ۵ ، ۷/۵ ، ۱۰ و ۱۲/۵ هرتز و چهار سطح بسامد ارتعاش ۷/۵، ۱۰ ، ۱۲/۵ و ۱۵ هرتز دررقم کله قوچی مورد آزمون قرارگرفت . همچنین چهار سطح دامنهٔ ارتعاش ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلیمتر دررقم اوحدی و چهارسطح دامنهٔ ۴۰، ۶۰ ، ۸۰ و ۱۰۰ میلیمتر در رقم کله قوچی به کار برده شد. آزمایشات در دو باغ مختلف و دردو سال پیاپی اجرا گردید که درسال اول رقم اوحدی درباغی درحومهٔ کرمان و درسال دوم رقم کله قوچی درباغی در حومهٔ سیرجان مورد آزمایش قرارگرفت .

تجزیه واریانس و مقایسهٔ میانگین ها با روش دانکن نشان داد که اثر بسامد و دامنهٔ ارتعاش برجداسازی دانه و خوشهٔ پسته درهردو رقم مذکور معنی دار است . دررقم اوحدی بسامد ۱۲/۵ هرتز و دامنهٔ ۶۰ میلیمتر ، بیشترین درصد برداشت دانه را توام با کمترین خسارت نتیجه داد. همچنین بسامد ۱۲/۵ هرتز و دامنهٔ ۸۰ میلیمتر ، بیشترین میزان خوشهٔ برداشت شده و حداقل خسارت را در برداشت . دررقم کله قوچی ترکیب دامنهٔ ۶۰ میلیمتر و بسامد ۱۵ هرتز مناسبترین ترکیب برای حصول بیشترین میزان دانهٔ برداشت شده همراه باکمترین مقدار خسارت بود و با بسامد ۱۵ هرتز و دامنهٔ ۸۰ میلیمتر می توان بیشترین درصد برداشت خوشه را انتظار داشت .

میانگین F/W (نسبت نیروی استاتیکی کششی مورد نیاز برای جدایش دانهٔ پسته به وزن آن) و میانگین V/W (نسبت نیروی استاتیکی عمودی مورد نیاز برای جدایش خوشهٔ پسته به وزن آن) برای رقم اوحدی

بترتیب برابر با ۱/۸ و ۱۹/۶ و کله قوچی برابر با ۲/۹۴ و ۲۲/۷ بدست آمد . در نهایت می توان از این تحقیق چنین نتیجه گرفت که برداشت ارتعاشی می تواند باموفقیت درباغهای پستهٔ ایران به کار برده شود.

۱- دانشیار بخش مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شیراز

۲- دانشجوی اسبق بخش مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شیراز

واژه های کلیدی : دامنه ارتعاش ، فرکانس ارتعاش ، برداشت پسته ، جداسازی دانه، جداسازی خوشه

مقدمه:

پسته ***(Pistacia vera L.)*** از خانوادهٔ آناکاردباسه، گیاهی است دو پایه و خزان دار که جزء گیاهان و میوه های مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری محسوب می شود. براساس آخرین اطلاعات موجود ، سطح زیرکشت پسته درایران درسال زراعی ۷۸-۷۷ برابر با ۲۶۳ هزارهکتار با تولیدی بالغ بر ۱۵۰ هزارتن پستهٔ خشک بوده است . در بین کشورهای جهان ، ایران با داشتن ۶۶ درصد ازکل اراضی زیر کشت پستهٔ جهان مقام اول رابه خود اختصاص می دهد. پستهٔ ایران همچنین از نظرمیزان تولید حائز رتبهٔ نخست می باشد . صادرات پستهٔ ایران نیز سالیانه حدود ۸۰ درصد میزان تولید و برابر با ۱۲۰ هزارتن است که از نظر اقتصادی ، منبع مهمی جهت درآمدهای ارزی محسوب میشود (۴) .

درسالهای اخیر سطح زیر کشت درختان پسته بطور گسترده ای افزایش یافته و در استانهای کرمان ، یزد ، سیستان و بلوچستان ، سمنان ، خراسان و فارس مناطق وسیعی به کشت این محصول اختصاص یافته است (۱) .

به موازات پیشرفت تکنولوژی و وسعت روز افزون سطح زیر کشت درختان پسته در ایران و کمبود نیروی انسانی همراه باگرانی دستمزد، ضرورت برداشت مکانیزه روز به روز بیشتر احساس می شود. البته برداشت مکانیزه نیازمند وجود دستگاه برداشتی است که از نظر ساخت ، شیوهٔ عملکرد و رقم محصول کاملا" منطبق باشرایط باغهای پستهٔ ایران باشد.

یکی از ساده ترین راههای برداشت مکانیکی محصولات باغی که از زمانهای پیش متداول بوده، لرزاندن تنه و یاشاخه های درخت می باشد. از گذشته های دور بنا به مقتضیات زمان و باتوجه به نیروی کار فراوان تنها روشی که برای ارتعاش درخت جهت برداشت میوه صورت گرفته است رامی توان ایجاد ارتعاش درتنهٔ اصلی و با شاخه های فرعی درختان با استفاده از نیروی دست ویا پا ویا ضربات چوبدستی دانست .این روش نه تنها بازدهی کمی دارد، بلکه به دلیل خستگی کارگر و کاهش مقدارمیوهٔ برداشت شده از نظر اقتصادی مقرون بصرفه نیست . علاوه براین ضربات باعث ایجاد جراحت و شکستگی درتنه و یا شاخهٔ درخت شده که خود محل مناسبی برای تجمع و فعالیت میکروبها ، باکتریها و قارچهای مضر می گردد.

با افزایش سطح زیرکشت محصولات باغی و توام باآن افزایش تقاضا برای محصول بدون عیب وبیماری وهمچنین گسترش میزان تولیدو یا بعبارت دیگر افزایش کمی محصولات باغی ، باغداران به فکر بالا

بردن کیفیت محصولات خود توام با افزایش میزان تولید افتادند. یعنی درحین برداشت سریع محصول با راندمان کاری بالا کیفیت آن را حفظ نمایند . بدین ترتیب روشهای برداشت ماشینی با راندمان و سرعت کاری بالا جای خود را در میان باغداران پیدا نمودند و استفاده از ادوات برداشتگر مکانیکی رواج یافت . آغاز این تحول را میتوان از نیمهٔ دوم قرن بیستم با اختراع درخت تکانهای ارتعاشی به حساب آورد

در ایالات متحده امریکا که از نظر سطح زیر کشت پسته و میزان تولید مقام دوم را پس از ایران و از نظر میزان عملکرد درهکتار مقام اول جهان را داراست پیشگام استفاده از درخت تکان ها دربرداشت محصول پسته می باشد. برای برداشت محصول پسته از درخت تکان های اینرسیایی مخصوص سایر میوه های هسته دار (آلو و گیلاس و غیره) که باسیستم جمع آوری محصول ترکیب شده اند استفاده می شود (فرگوسن و همکاران ۱۹۹۵). این درخت تکان ها از دو واحد مجزا تشکیل شده اند که واحد اول شامل ارتعاش دهنده است که به شاخه یاتنه درخت متصل می گردد. واحد دوم سطوح قابل حمل و نقلی هستندکه زیر تاج درخت گسترده می شوند . با تلفیق این دو واحد یک ماشین برداشت کننده خودرو تشکیل می گردد. مدت زمان اعمال ارتعاش به هردرخت در حدود ۱۰ ثانیه است و ظرفیت کاری آنها ۰/۴ هکتار درساعت و یا ۱۰۰ درخت درهر ساعت می باشد.

درایران که بزرگترین تولید کننده پسته درجهان می باشد هنوز برداشت پسته بصورت کاملا" دستی توسط کارگران مهاجر انجام می گیرد . نخستین اقدام جهت برداشت ماشینی پسته درایران ساخت یکدستگاه درخت تکان تراکتوری با استفاده از مکانیزم لنگ لغزنده توسط مبلی و همکاران (۱۳۷۷) گزارش گردیده است . دراین دستگاه که توسط محور توان دهی تراکتور بکار انداخته می شود برای تغییر طول ضربه (دامنه ارتعاش) از جابجایی چهار پیچ تنظیم محور لنگ و برای تنظیم فرکانس ارتعاش از تغییر دور محور توان دهی تراکتور استفاده شده است . با استفاده از درخت تکان فوق آزمون هایی در ایستگاه تحقیقاتی موسسهٔ تحقیقات پستهٔ رفسنجان برروی ارقام مختلف درختان پسته انجام شد (۳) . دراین تحقیق با تغییر طول ضربه و بسامد دستگاه ، درصد ریزش میوه (درصد وزنی) و درصد ریزش خوشه ها (درصد تعدادی) بررسی شد . دستگاه طوری ساخته شده بود که طول ضربهٔ آن بین صفر تا شش سانتیمتر قابل تنظیم بود . به منظور مقایسهٔ درصد ریزش ارقام مختلف پستهٔ، لازم بود عوامل دیگر مانند طول ضربه و بسامد هنگام آزمایش برای درختان مختلف ثابت باشد. لذا با آزمایشی مقدماتی به شرح زیر طول ضربه درحدود۲/۵ سانتیمتر و بسامد ۵۴۰ دور در دقیقه برای آزمایش انتخاب شد. بسامد ۵۴۰ دور در دقیقه درتحقیق انجام شده توسط مبلی و همکاران باتوجه به سرعت دوران استاندارد محور تواندهی تراکتور انتخاب گردیده است و نمی تواند لزوما" مناسب این بسامد ارتعاش برای جداسازی ارقام مختلف پسته باشد. لذا لزوم ادامه تحقیق دراین زمینه بمنظور بررسی تاثیر دامنه گسترده تری از بسامد ارتعاش برجدا سازی دانه یا خوشه ارقام مختلف پسته همچنان احساس می گردید . از طرف دیگر باتوجه به مستقر نبودن پیکره دستگاه ارتعاش برروی زمین بهنگام کار ، نیروهای اینرسیایی شاخ و برگ ومیوه موجب حرکات نسبتا" شدید دستگاه درخت تکان شده و دامنه نوسان وارد بر شاخه لزوما" برابر با میزان لنگی تنظیم شده برروی محور لنگ درخت تکان نبوده و شاخه با طول ضربه (دامنه ارتعاشی) متفاوت از تیمارهای مورد نظر ارتعاش خواهدنمود . ازاین رو دراجرای تحقیق حاضر از درخت تکانی استفاده گردیدکه دامنه نوسان آن دچار تغییر

نمی گردید ، لذا هدف اصلی از اجرای این تحقیق که بررسی تاثیر دامنه و بسامد ارتعاش و اثرمتقابل این دو بر جداسازی دانه یا خوشه پسته از شاخه و تعیین مناسبترین ترکیب دامنه و بسامد ارتعاش برای برداشت ارتعاشی این محصول می باشد قابل دستیابی خواهدبود.

مواد و روشها

محل و وضعیت عمومی باغهای آزمایشی

آزمایشات سال اول درباغ موسسه تحقیقات پستهٔ رفسنجان واقع درجاده کرمان – زرند و برروی رقم اوحدی انجام شد. سن درختهای مورد آزمایش ۱۵ الی ۲۰ سال بود . درسال دوم آزمایشات برروی رقم کله قوچی و در باغات سبزدشت و مافون متعلق به شرکت کشاورزی سیرجان بنیاد وابسته به بنیاد مستضعفان و جانبازان انقلاب اسلامی واقع در کیلومتر ۳۵ جادهٔ کرمان – سیرجان انجام گرفت . سن درختهای مورد آزمایش ۲۵ الی ۲۷سال بود. محصول هر دو باغ و بخصوص قطعات انتخاب شده برای آزمایش ، سالم و عاری ازهرگونه بیماری بود که به بالا بودن هرچه بیشتر دقت آزمایشات کمک شایانی می کرد.

طرح آماری آزمایش

به منظور یافتن ترکیبی بهینه از دامنه وبسامد ارتعاش برجداسازی میوهٔ پسته با بکارگیری ارتعاش دهنده تراکتوری ، از یک آزمایش فاکتوریل (۴ ×۴) درقالب یک طرح کاملا" تصادفی باسه تکرار درهرسال استفاده شد آزمایشات دردوسال پیاپی و در دومنطقهٔ متفاوت انجام شد و درهرسال با انجام ۴۸ آزمایش و درمجموع دوسال ۹۶ آزمایش ، اعداد و اطلاعات مورد نیاز جهت بررسی تاثیر فاکتورهای بسامد و دامنهٔ ارتعاش بدست آمد . سطوح دامنه در سال اول عبارت بودند از : ۲۰،۴۰،۶۰ و ۸۰ میلیمتر و درسال دوم باخذف پائین ترین سطح دامنه یعنی سطح ۲۰ میلیمتر و اضافه نمودن سطح جدید ۱۰۰ میلیمتر ، سطوح دامنه به ۴۰، ۶۰،۸۰ و ۱۰۰ میلیمتر تغییر یافت . این تغییرات به منظور بررسی اثر دامنه های بالاتر بر درصد جداسازی و همچنین سطوح بسامد ارتعاش درسال اول برابر با ۵ ، ۷،۱۰/۵ و ۱۲/۵ هرتز بود که درسال دوم با حذف سطح پائین بسامد ، یعنی ۵ هرتز و اضافه نمودن یک سطح به سطوح بالایی بسامد ، یعنی سطح ۱۵ هرتز ، سطوح بسامد به ۱۲/۷،۱۰،۵/۵ و ۱۵ هرتز تغییر یافت . دلیل این تغییرات مشابه دلایلی است که برای اعمال تغییرات درسطوح دامنه ذکر شد.

.

روش اندازه گیری درصد ریزش میوه

بعد از اعمال ارتعاش به شاخه دردامنه و بسامد مشخص ، تعدادی از میوه ها ریزش کرده و تعدادی هم روی شاخه باقی می ماند. با جدا کردن میوه های باقی مانده برروی شاخه توسط دست و جمع آوری آنها وسپس توزین هردو گروه (میوه های برداشت شده توسط ماشین و میوه های جدا شده از روی شاخه توسط دست) ، با استفاده از رابطهٔ زیر می توان درصد ریزش میوه ها رامحاسبه کرد:

$$\text{درصد ریزش میوه} = [X/(X+Y)]*100 \qquad (۱-۲)$$

که دراین رابطه :

X: تعداد میوه های برداشت شده توسط ماشین

Y: تعداد میوه های باقی مانده روی شاخه

روش اندازه گیری درصد ریزش خوشه :

از دیگر متغیرهایی که دراین طرح مورد بررسی قرارگرفت ، درصد ریزش خوشه بود. این متغیر از آن جهت حائز اهمیت است که کدام ترکیب دامنه و بسامد ارتعاش ، ریزش خوشهٔ بیشتر و کدام ترکیب ریزش دانهٔ بیشتر را نتیجه می دهد و در نهایت نحوه جداشدن میوه (خوشه ای و یا دانه ای) بررسی شود. بدین منظور قبل از اعمال ارتعاش ، تعداد خوشه های موجود برروی شاخه شمارش می گشت . بعد از اعمال ارتعاش و ریزش دانه ها به همراه خوشه ها ، تعداد خوشه های جدا شده از شاخه نیز مورد شمارش قرار گرفت . با استفاده از رابطه زیر می توان درصد ریزش خوشه را محاسبه کرد:

در صد ریزش خوشه $= (X/Y)*100$ (۲ – ۲)

X: تعداد خوشه های جدا شده توسط ماشین

Y: تعداد خوشه های روی هر شاخه قبل از اعمال ارتعاش

روش اندازه گیری بسامد ارتعاش :

از تاکومتر *SKF Digital Tachometer 729155* جهت اندازه گیری بسامد ارتعاش استفاده شد . این وسیله براساس انعکاس نورارسالی از بر چسب شبرنگ قرار داده شده بر روی محور دوار کار می کند. بازتاب نور به داخل وسیله اندازه گیری باعث تولید پالس های الکتریکی توسط موج یاب نوری می شود . سپس پالس های بوجود آمده به یک شمارنده ارسال می شود که برروی صفحه دیجیتالی دستگاه قابل خواندن می باشد. جهت انجام آزمایش ، شبرنگی را بر روی محور چسبانده و با استفاده از وسیله مذکور بسامد ارتعاش در هر حالت اندازه گیری گردید .

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس در دو رقم اوحدی و کله‌قوچی در جداول (۱) و (۳) ارائه شده است. جداول تجزیهٔ واریانس مربوط به ریزش دانه نشان می‌دهد که به احتمال ۹۹ درصد، سطوح مختلف دامنه و بسامد نوسان، بر درصد ریزش دانه تأثیر معنی‌داری می‌گذارد و تأثیرپذیری درصدهای فوق از اثر متقابل دو فاکتور دامنه و بسامد، به احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است. جداول (۳) و (۴) نیز نشانگر تجزیهٔ واریانس ریزش خوشه در ارقام اوحدی و کله‌قوچی است. جداول تجزیهٔ واریانس مربوط به ریزش خوشه نشان می‌دهد که به احتمال ۹۹ درصد، سطوح مختلف دامنه و بسامد نوسان، بر درصد ریزش خوشه در هر دو رقم اثر معنی‌داری می‌گذارد و تأثیرپذیری درصد جداسازی خوشه از تأثیر متقابل این دو فاکتور با احتمال ۹۵ درصد، در رقم اوحدی معنی‌دار است و در رقم کله‌قوچی معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول (۱). تجزیهٔ واریانس مربوط به ریزش دانه بر حسب درصد در رقم اوحدی

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	$F5\%$	$F1\%$

دامنه	۳	۲۰۰۰۴/۲۲	۶۶۶۸/۰۷۶	۲۷/۰۲۸**	۲/۹	۴/۴۶
بسامد	۳	۱۳۶۰۰/۶۵	۴۵۳۳/۵۵	۱۸/۳۷۶**	۲/۹	۴/۴۶
اثر متقابل	۹	۵۰۹۵/۱۰۱	۵۶۶/۱۲۲	۲/۲۹۴*	۲/۱۹	۳/۰۱
خطای آزمایش	۳۱	۷۸۹۴/۵۸	۲۴۶/۷۰۶			
کل	۴۷	۴۶۵۹۴/۵۵				

** وجود اختلاف معنی‌دار با احتمال ۹۹٪

* وجود اختلاف معنی‌دار با احتمال ۹۵٪

جدول (۲). تجزیهٔ واریانس مربوط به ریزش دانه بر حسب درصد در رقم کله‌قوچی.

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	F5%	F1%
دامنه	۳	۲۳۵۴۱/۷	۷۸۴۷/۲	۲۹/۱**	۲/۹	۴/۴۶
بسامد	۳	۱۹۰۰۲/۱۷	۶۳۳۴/۰۵	۱۹/۲۲**	۲/۹	۴/۴۶
اثر متقابل	۹	۵۲۰۱/۱۲	۵۷۷/۹	۲/۱۷*	۲/۱۹	۳/۰۱
خطای آزمایش	۳۱	۷۰۳۲/۵	۲۲۶/۸			
کل	۴۷	۵۴۷۷۷/۴۹				

** وجود اختلاف معنی‌دار با احتمال ۹۹٪

* وجود اختلاف معنی‌دار با احتمال ۹۵٪

جدول (۳). تجزیهٔ واریانس مربوط به ریزش خوشه بر حسب درصد در رقم اوحدی.

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	F5%	F1%
دامنه	۳	۱۴۴۹۷/۵۸	۴۸۳۲/۵۳	۱۵/۷۴**	۲/۹	۴/۴۶
بسامد	۳	۵۱۴۰/۱۹۲	۱۷۱۳/۳۹	۵/۵۸**	۲/۹	۴/۴۶
اثر متقابل	۹	۶۳۱۳/۱۱	۷۰۱/۴۵	۲/۲۸*	۲/۱۹	۳/۰۱
خطای آزمایش	۳۱	۹۸۲۰/۴۸	۳۰۶/۸۹			
کل	۴۷	۳۵۷۷۱/۳۷۵				

** وجود اختلاف معنی‌دار با احتمال ۹۹٪

* وجود اختلاف معنی‌دار با احتمال ۹۵٪

جدول (۴). تجزیهٔ واریانس مربوط به ریزش دانه بر حسب درصد در رقم اوحدی.

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	F5%	F1%
دامنه	۳	۲۳۷۴۹/۷۲۹	۷۹۱۶/۵۷۶	۲۲/۷۵**	۲/۹	۴/۴۶
بسامد	۳	۹۳۴۹/۷۲۹	۳۱۱۶/۵۷۶	۸/۹۵**	۲/۹	۴/۴۶
اثر متقابل	۹	۴۱۶۶/۱۸۸	۴۶۲/۹۱۰	۱/۳۳	۲/۱۹	۳/۰۱
خطای آزمایش	۳۱	۱۱۱۳۴/۶۶۷	۳۴۷/۹۵۸			

کل	۴۷	۴۸۴۰۰/۳۱۲	

** وجود اختلاف معنی‌دار با احتمال ۹۹٪

اثرات سطوح مختلف دامنه و بسامد نوسان بر درصد برداشت میوه در رقم اوحدی.

به منظور بررسی چگونگی تأثیر دامنه و بسامد نوسان بر درصد برداشت میوه در رقم اوحدی، میانگین تیمارها به روش آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفت.نتایج در جدول (۵) برای میانگین‌های ۳ تکرار درصد ریزش میوه(دانه) در دامنه و بسامدهای مختلف ارتعاش در سطح ۹۵ درصد مشخص است. با مقایسهٔ میانگینها نتیجه می‌گیریم که افزایش بسامد نوسان در سطوح مختلف دامنه باعث افزایش درصد ریزش میوه شده است. دلیل افزایش درصد ریزش میوه را می‌توان ناشی از نیروهای دینامیکی و تنشهای نوسانی وارد بر نقطهٔ اتصال دم میوه به شاخه دانست. همچنین جدول فوق نشان می‌دهد که افزایش بسامد نوسان در سطوح مختلف دامنه، تأثیر بیشتری نسبت به افزایش دامنهٔ نوسان در سطوح مختلف بسامد بر درصد ریزش میوه داشته است واین امر به خاطر متناسب بودن نیروی دینامیکی با توان دوم بسامد است. در بسامد ۱۲/۵ هرتز، به ترتیب با اعمال دامنهٔ ۶۰ و ۸۰ میلیمتر در حدود ۹۸ و ۹۹ درصد میوه‌ها جدا می‌شوند. همچنین در بسامد ۱۰ هرتز، با اعمال دامنهٔ ۸۰ میلیمتر، ۹۷ درصد و با اعمال دامنهٔ ۶۰ میلیمتر، ۹۵ درصد میوه‌ها ریزش می‌کنند. به این ترتیب چنین نتیجه گرفته می‌شود که برای حصول بیشترین درصد ریزش دانه، باید دامنهٔ ۸۰ میلیمتر توأم با بسامد ۱۲/۵ هرتز را بکار برد که ریزشی بالغ بر ۹۹ درصد را نتیجه می‌دهد. اما این ترکیب از دامنه و بسامد، علی‌رغم بازدهی خوب از لحاظ درصد ریزش، به جهت ریزش برگها و شکستن سرشاخه‌ها که ناشی از شتاب بیش از حد سرشاخه‌ها است چندان مطلوب نیست و می‌توان با اندکی تخفیف ترکیب دامنه ۶۰ میلیمتر و بسامد ۱۲/۵ هرتز که ۹۸ درصد ریزش و یا ترکیب دامنهٔ ۶۰ میلیمتر و بسامد ۱۰ هرتز که ۹۵ درصد ریزش را نتیجه می‌دهد را گزینش نمود.

جدول (۵). مقایسه میانگین‌های ریزش میوه در دامنه و بسامد مختلف ارتعاش شاخه بر حسب درصد برای رقم اوحدی (دانکن ۵٪)

دامنه(mm) ⇦ / بسامد(Hz) ⇩	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	میانگین
۵	۱۲/۸ *d*	۲۲/۸۳ *d*	۵۱/۸۷ *c*	۷۶/۰۰ *b*	۴۰/۸۷ *C*
۷/۵	۱۸/۱۷ *d*	۵۸/۳۷ *bc*	۹۳/۲ *a*	۹۵/۹ *a*	۶۶/۴ *B*
۱۰	۵۹/۹ *bc*	۹۳/۲ *a*	۹۵/۰۳ *a*	۹۷/۷۳ *a*	۸۶/۴۶ *A*
۱۲/۵	۶۱/۸۳ *bc*	۹۵/۴ *a*	۹۷/۹ *a*	۹۸/۸ *a*	۸۸/۴۸ *A*
میانگین	۳۸/۱۷ *C*	۶۷/۴۵ *B*	۸۴/۵ *A*	۹۲/۱۰ *A*	

- میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون با حروف کوچک مشترک مشخص شده‌اند از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.
- میانگین‌هایی که در سطر آخر و ستون آخر با حروف بزرگ مشترک مشخص شده‌اند از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.
-

اثرات سطوح مختلف دامنه و بسامد نوسان بر درصد برداشت میوه(دانه) در رقم کله‌قوچی.

در رقم کله‌قوچی نیز مشابه رقم اوحدی، میانگین تیمارها به روش آزمون دانکن در سطح ۹۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج در جدول (۶) برای میانگینهای سه تکرار درصد ریزش میوه آورده شده است. در این رقم نیز مشابه رقم اوحدی با افزایش بسامد نوسان در سطوح مختلف دامنهٔ ارتعاش، درصد ریزش میوه افزایش می‌یابد و نیز با افزایش دامنهٔ ارتعاش در سطوح مختلف بسامد نوسان، میوه‌ها بیشتر ریزش می‌کنند. در رقم کله‌قوچی مشاهده شد که در بسامد ارتعاش ۱۵ هرتز، به ترتیب با اعمال دامنه‌های ۸۰ و ۱۰۰ میلیمتر، ۹۷ و ۱۰۰ درصد میوه‌ها ریزش می‌کنند که البته خسارت وارده به شاخه شامل شکستن شاخه و ریزش بیش از حد برگها و شکستن سرشاخه‌های کوچک، در ترکیب دامنهٔ ۱۰۰ میلیمتر و بسامد ۱۵ هرتز، غیرقابل چشم‌پوشی است. همچنین با اعمال بسامد ۱۲٫۵ هرتز در دامنهٔ ۱۰۰ میلیمتر می‌توان ۹۹ درصد ریزش محصول را انتظار داشت.

با مقایسهٔ دو جدول (۵) و (۶) و خصوصاً درصد ریزش دو تیماری که از نظر مقدار عددی سطح دامنه و بسامد ارتعاش یکسان باشند، می‌توان پی برد که نیروی لازم برای جدایش میوهٔ پسته در رقم کله‌قوچی بیشتر از رقم اوحدی است. به عنوان مثال درصد ریزش میوه در رقم اوحدی در تیمار D_4F_2 یعنی دامنهٔ ۸۰ میلیمتر و بسامد ۷/۵ هرتز بیشتر از درصد ریزش میوه در رقم کله‌قوچی در تیمار هم تراز آن یعنی D_3F_1 است و این نشانگر بزرگتر بودن نیروی لازم برای جداسازی میوه در رقم کله‌قوچی است. مثال فوق را می‌توان برای تیمارهای D_3F_3 در رقم اوحدی و D_2F_2 در رقم کله‌قوچی نیز ذکر کرد. به هر حال برای نیل به درصد ریزش مطلوب میوهٔ پسته در رقم کله‌قوچی و در عین‌حال اجتناب از خسارات، می‌توان ترکیب دامنهٔ ۸۰ میلیمتر و بسامد ۱۵ هرتز را که ۹۸ درصد ریزش و یا ترکیب دامنهٔ ۶۰ میلیمتر و بسامد ۱۵ هرتز که ۹۷ درصد ریزش را نتیجه می‌دهد، انتخاب نمود. شایان ذکر است که هرچه دامنه و بسامد پایین‌تری به‌کار گرفته شود توان مکانیکی مورد نیاز کاهش خواهد یافت.

جدول (۶). مقایسه میانگین‌های ریزش میوه در دامنه و بسامد مختلف ارتعاش شاخه بر حسب درصد برای رقم

کله‌قوچی (دانکن ۵٪).

دامنه(mm) ⇦ / بسامد(Hz) ⇩	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	میانگین
۷/۵	۶۲ *bc*	۷۹/۳۳ *b*	۸۸/۳۷ *abc*	۹۱ *abc*	۷۸/۲۵ *B*
۱۰	۶۹/۶۷ *bc*	۷۵ *B*	۸۵/۶ *abc*	۸۸/۳۳ *abc*	۷۹/۶۶ *B*
۱۲/۵	۵۴/۳۳ *c*	۸۸/۳۳ *abc*	۸۹/۵۴ *abc*	۹۹/۳۳ *a*	۸۲/۹۱ *B*
۱۵	۸۳ *abc*	۹۷/۲ *ab*	۹۸/۰۹ *a*	۱۰۰ *a*	۹۳/۳ *A*
میانگین	۶۷/۲۵ *B*	۸۴/۹۶ *A*	۸۸/۴*A*	۹۴/۶۶ *A*	

- میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون با حروف کوچک مشترک مشخص شده‌اند از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.
- میانگین‌هایی که در سطر آخر و ستون آخر با حروف بزرگ مشترک مشخص شده‌اند از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

اثرات سطوح مختلف دامنه و بسامد نوسان بر درصد برداشت خوشه در رقم اوحدی

برای برای بررسی تأثیر دامنه و بسامد نوسان بر درصد برداشت خوشه در رقم اوحدی مشابه درصد برداشت دانه، میانگین تیمارها به‌روش آزمون دانکن در سطح ۹۵درصد مورد مقایسه قرارگرفت. نتایج آزمون در جدول (۷) مشخص است. با مقایسه میانگین‌ها نتیجه گرفته می‌شود که افزایش دامنه در سطوح مختلف نوسان و همچنین افزایش بسامد در سطوح مختلف دامنه موجب افزایش درصد ریزش خوشه می‌گردد. بیشترین درصد جداسازی خوشه در این رقم مربوط به ترکیب دامنه ۸۰ میلیمتر و بسامد ۱۲/۵ است که ۸۲ درصد جداسازی خوشه را نتیجه می‌دهد و یا به عبارت دیگر در بالاترین دامنه و بسامد آزمایش، اکثر پسته‌ها ، خوشه‌ای جدا شده‌اند و نیروی دینامیکی ایجاد شده در اثر ارتعاش شاخه به اندازه‌ای بوده است که بتواند اتصال خوشه-شاخه را قبل از جداشدن اکثریت میوه‌ها از خوشه جدا کند. همچنین در بسامد ۱۰ و ۱۲/۵ هرتز به ترتیب با اعمال دامنهٔ ۸۰ و ۶۰ میلیمتر، ۵۴ و ۶۹ درصد خوشه‌ها جدا می‌گردند. به این ترتیب برای حصول برداشت خوشه‌ای مناسب می‌توان دامنهٔ ۶۰ میلیمتر همراه با بسامد ۱۲/۵ را گزینش نمود که علاوه بر برداشت خوشه‌ای مناسب، خسارت چندانی را به درخت وارد نمی‌سازد.

جدول (۷). مقایسه میانگین‌های ریزش خوشه در دامنه و بسامد مختلف ارتعاش شاخه بر حسب درصد برای

رقم اوحدی(دانکن ۵٪).

دامنه(mm) ⇦ بسامد(Hz) ⇩	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	میانگین
۵	۰/۰ *f*	۸/۵۳ *ef*	۱۳/۶۷ *def*	۳/۰ *f*	۶/۳ *D*
۷/۵	۸/۳۳ *ef*	۱۳/۱۳ *def*	۱۹/۸۳ *cdef*	۲۴/۰ *cdef*	۱۶/۳۲ *C*
۱۰	۹/۶۳ *ef*	۳۳/۸۷ *cde*	۳۸/۰ *cd*	۵۳/۶۷ *b*	۳۰/۵۴ *B*
۱۲/۵	۱۴/۵۳ *def*	۴۵/۵ *bc*	۶۹/۰ *ab*	۸۲/۱۷ *a*	۵۲/۸ *A*
میانگین	۸/۱۲ *C*	۲۵/۲۵ *B*	۳۵/۱۲ *A*	۳۷/۴۶ *A*	

- میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون با حروف کوچک مشترک مشخص شده‌اند از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.
- میانگین‌هایی که در سطر آخر و ستون آخر با حروف بزرگ مشترک مشخص شده‌اند از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

اثرات سطوح مختلف دامنه و بسامد نوسان بر درصد برداشت خوشه در رقم کله‌قوچی

در این رقم نیز بعد از مقایسهٔ میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح ۹۵ درصد، مشاهده شد که افزایش بسامد نوسان در سطوح مختلف دامنه و برعکس، باعث افزایش درصد جداسازی خوشه می‌گردد. اعداد و ارقام مقایسهٔ میانگینها در جدول (۸) ارائه گردیده است. در این رقم بیشترین درصد جداسازی خوشه مربوط به ترکیب دامنهٔ ۱۰۰ میلیمتر و بسامد ۱۵ هرتز است که ۸۹ درصد ریزش خوشه را نتیجه می‌دهد ولی بدلیل

خسارات بیش از حد نمی‌توان این ترکیب را انتخاب کرد. همچنین با اعمال بسامد ۱۵ هرتز و به ترتیب با اعمال دامنهٔ ۸۰ و ۶۰ میلیمتر، می‌توان ۷۵ و ۶۶ درصد ریزش خوشه را انتظار داشت. همچنین اعمال بسامد ۱۲/۵ هرتز به همراه دامنه‌های ۱۰۰و ۸۰ میلیمتر به ترتیب ۷۴ و ۷۳ درصد ریزش خوشه را نتیجه می‌دهند.

در این رقم نیز می‌توان مشابه نتیجه‌ای که بعد از مقایسهٔ تیمارهای مشترک هر دو رقم از نظر مقدار عددی درصد برداشت میوه حاصل شد، نتیجه مشابهی را عنوان نمود. یعنی نیروی لازم برای جدا کردن خوشه در رقم اوحدی کمتر از رقم کله‌قوچی است و یا به عبارت دیگر درصد ریزش خوشه در رقم اوحدی با بکار بردن ترکیب یکسان دامنه و بسامد نسبت به رقم کله‌قوچی بیشتر است. به هر حال ترکیب دامنهٔ ۸۰ میلیمتر و بسامد ۱۲/۵ هرتز که ۷۳ درصد برداشت و یا ترکیب دامنهٔ ۸۰ میلیمتر و بسامد ۱۵ هرتز که ۷۵ درصد برداشت خوشه را نتیجه می‌دهد، برای رقم کله‌قوچی مناسب تشخیص داده می‌شود.

جدول (۸). مقایسه میانگین‌های ریزش خوشه در دامنه و بسامد مختلف ارتعاش شاخه بر حسب درصد برای

رقم کله‌قوچی(دانکن ۵٪)

دامنه(mm) ⇦ / بسامد(Hz) ⇩	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	میانگین
۷/۵	۰/۰ e	۵/۰e	۶/۳۳ e	۲۲/۰۰ de	۸/۳۳ C
۱۰	۲۵/۶۷ cde	۳۸/۰ bcde	۵۱/۶۷ abc	۷۳/۳۳ ab	۵۰/۶۶ B
۱۲/۵	۳۲/۰ cde	۴۸/۳abcd	۷۲/۶۸ ab	۷۴/۳۳ ab	۵۶/۸۳ B
۱۵	۳۷/۶ bcde	۶۶/۰ abc	۷۵/۳ ab	۸۸/۶۷ a	۶۶/۹۱ A
میانگین	۲۳/۸۳ D	۳۹/۳۳ C	۵۵/۰ B	۶۴/۵۸ A	

میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون با حروف کوچک مشترک مشخص شده‌اند از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

میانگین‌هایی که در سطر آخر و ستون آخر با حروف بزرگ مشترک مشخص شده‌اند از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

نتایج و پیشنهادات

۱- در هر دو رقم مورد آزمایش (اوحدی و کله‌قوچی) افزایش بسامد نوسان در سطوح مختلف دامنه و افزایش دامنه در سطوح مختلف بسامد باعث افزایش درصد ریزش میوه و خوشه می‌گردد و دلیل افزایش درصد ریزش را می‌توان ناشی از نیروهای دینامیکی و تنشهای نوسانی وارد بر نقطهٔ اتصال دم میوه به خوشه و اتصال ساقهٔ خوشه به شاخه دانست.

۲- هر چه بسامد و دامنهٔ ارتعاش بیشتر باشد، اکثر پسته‌ها بصورت خوشه‌ای جدا می‌شوند و یا به عبارت دیگر نیروی دینامیکی ایجاد شده به حدی است که می‌تواند اتصال خوشه-شاخه را قبل از جداشدن اکثریت میوه‌ها از خوشه، جدا کند.

۳- در رقم اوحدی به کار گیری دامنهٔ ۶۰ میلیمتر و بسامد ۱۰ هرتز، ۹۵ درصد برداشت دانهٔ پسته را توأم با کمترین خسارت، نتیجه می‌دهد

۴- در رقم کله‌قوچی برای نیل به درصد ریزش مطلوب و در عین حال اجتناب از خسارات، دامنهٔ ۶۰ میلیمتر و بسامد ۱۵ هرتز که ۹۷ درصد برداشت را نتیجه می‌دهد، توصیه می‌گردد.

۵- در رقم اوحدی ترکیب دامنهٔ ۸۰ میلیمتر و بسامد ۱۲/۵ هرتز، ۸۲ درصد جداسازی خوشه را نتیجه می‌دهد اما می‌توان دامنهٔ ۶۰ میلیمتر همراه با بسامد ۱۲/۵ هرتز را که علاوه بر ۶۹ درصد برداشت خسارت چندانی به درخت وارد نمی‌کند، انتخاب کرد.

۶- در رقم کله‌قوچی ترکیب دامنهٔ ۱۰۰ میلیمتر و بسامد ۱۵ هرتز، ۸۹ درصد ریزش خوشه را نتیجه می‌دهد اما خسارت وارد به درخت قابل توجه است و می‌توان به جای آن بسامد ۱۲/۵ هرتز به همراه دامنهٔ ۸۰ میلیمتر که ۷۳ درصد ریزش را نتیجه می‌دهد، انتخاب کرد.

۷- با مقایسهٔ درصد ریزش میوه در دو رقم اوحدی و کله‌قوچی در دو تیماری که از نظر مقدار عددی دامنه و بسامد ارتعاش یکسان باشند، می‌توان پی‌برد که درصد ریزش میوه در رقم اوحدی بیشتر است و بیانگر بزرگتر بودن نیروی لازم برای جداسازی میوه در رقم کله‌قوچی می‌باشد.

۸- نتیجهٔ مشابهی نیز می‌توان در مورد جداسازی خوشه‌ای رقم اوحدی و کله‌قوچی گرفت و چنین عنوان کرد که مقدار ریزش خوشه در رقم کله‌قوچی کمتر از اوحدی است.

۹- با وجود اینکه در این تحقیق زمان به عنوان فاکتور مستقلی در نظر گرفته نشده و مورد بررسی قرار نگرفته است اما با مشاهداتی که هنگام آزمایشات در هر دو رقم مذکور به عمل آمد می‌توان چنین نتیجه گرفت که زمان تقریبی ۱۰ ثانیه زمان مناسبی برای برداشت می‌باشد و حتی اکثر میوه‌ها در نصف این زمان ریزش می‌کردند. زمان بیشتر از ۱۰ ثانیه باعث ریزش برگ و شکستن سر شاخه‌های کوچک می‌گردد.

فهرست منابع

۱. شیبانی، ا. ، ح. فریور مهین و ع. وطن‌پور ازغندی. ۱۳۷۴. پسته و تولید آن در ایران، انشارات سازمان تحیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسهٔ تحقیقات پسته، ۶۱ صفحه.

۲. مبلی، ح. ، ت. توکلی هشتجین و ر. علیمردانی. ۱۳۷۷. طراحی و ساخت دستگاه تکانندهٔ درختان میوه. مجلهٔ علمی پژوهشی علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی. سال چهارم. شمارهٔ ۱۴-۱۳، صفحهٔ ۲۰-۱۱.

۳. مبلی، ح. ، ت. توکلی هشتجین و م. ع. رستمی. ۱۳۷۸. تعیین درصد ریزش میوه و خوشه از درخت در ده رقم پسه با یک تکانندهٔ مکانیکی. علوم کشاورزی ایران. جلد سی‌ام- شمارهٔ اول. صفحهٔ ۱۹-۲۳.

4. F. A. O. Internet web page. Http:/www.fao. org/pistac/

5. Ferguson, L., A. Koder, and J. Thompson. 1995. Pistachio production, Harvesting, Processing and Grading. Center for Fruit and Nut Crop Research and Info. Dept. of Pomology Univ. Calif. Davis, Ca. USA. P. 110-113.