

تأثیر دامنه و بسامد ارتعاش بر جداسازی دانه و خوشه دو رقم پسته

محمد لغوی و حسین رحیمی^۱

چکیده

هدف از اجرای این تحقیق تعیین مناسب‌ترین دامنه و بسامد ارتعاش برای جداسازی دانه و یا خوشه پسته در دو رقم اوحدی و کله قوچی با در نظر گرفتن حداقل خسارت وارد بر شاخه بود. نتایج حاصل از تعیین برخی از خصوصیات فیزیکی و مکانیکی دانه و خوشه نشان داد که میانگین F/W (نسبت نیروی استاتیکی کششی مورد نیاز برای جدایش دانه پسته به وزن آن) و میانگین W/V (نسبت نیروی استاتیکی کششی مورد نیاز برای جدایش خوشه پسته به وزن آن) که به ترتیب شاخصی از سهولت جداسازی میوه و خوشه می‌باشند، برای رقم اوحدی به ترتیب برابر با $\frac{6}{2}$ و $\frac{37}{8}$ و برای کله قوچی برابر با $\frac{9}{7}$ است. به منظور تعیین تأثیر دامنه و بسامد ارتعاش بر جداسازی دانه یا خوشه پسته در دو رقم اوحدی و کله قوچی یک آزمایش فاکتوریل 4×4 در قالب یک طرح کاملاً تصادفی باسه تکرار ببروی هر رقم به اجرا گذاشته شد. سطوح بسامد و دامنه ارتعاش که در رقم اوحدی استفاده شد به ترتیب عبارت بودند از $5, 7\frac{1}{5}, 10, 12\frac{2}{5}$ هرتز و $20, 40, 60, 80$ میلی‌متر. در رقمهای $10, 12\frac{1}{5}, 15$ هرتز و $40, 60, 80, 100$ میلی‌متر مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر بسامد و دامنه ارتعاش بر جداسازی دانه و خوشه پسته در هر دو رقم مذکور معنی دار است. در رقم اوحدی اعمال ارتعاشی با بسامد $12\frac{1}{5}$ هرتز و دامنه 80 میلی‌متر، بیشترین درصد برداشت میوه ($98/8\%$) را به همراه داشت ولی با توجه به لزوم محدود سازی افت محصول و خسارت وارد بر شاخه به $5/5$ ٪ و کمینه نمودن توان مصرفی شاخه تکان، اعمال ارتعاشی با دامنه 60 میلی‌متر و بسامد 10 هرتز که 95% محصول را برداشت مینماید به عنوان مناسب‌ترین ترکیب دامنه و بسامد ارتعاش انتخاب گردید. هم‌چنین بسامد $12\frac{1}{5}$ هرتز و دامنه 80 میلی‌متر، بیشترین میزان خوشه برداشت شده ($82/0\%$) را در برداشت ولی با ملاحظه نمودن درصد خسارت به شاخه و توان مصرفی، اعمال ارتعاشی با بسامد $12\frac{1}{5}$ هرتز و دامنه 60 میلی‌متر با $69/0\%$ ریزش خوشه به عنوان مناسب‌ترین ترکیب شناخته شد. در رقم کله قوچی، اعمال ارتعاشی با دامنه 100 میلی‌متر و بسامد 15 هرتز منجر به ریزش $100/0\%$ محصول گردید ولی با توجه به لزوم محدود نمودن خسارت وارد بر شاخه و توان مصرفی، ترکیب دامنه ارتعاش 60 میلی‌متر و بسامد 15 هرتز با $97/2\%$ جداسازی میوه به عنوان مناسب ترین ترکیب انتخاب گردید. در مورد برداشت خوشه ای رقم کله قوچی ترکیبات ارتعاشی با بسامد 15 هرتز و دامنه‌های 60 و 40 میلی‌متر به ترتیب با درصد ریزش خوشه 75 و 69 درصد به عنوان مناسب ترین شناخته شدند. در نهایت می‌توان از این تحقیق چنین نتیجه گرفت که در صورت شناخت و رعایت ترکیب بسامد و دامنه ارتعاش مناسب با رقم مورد نظر، برداشت ارتعاشی می‌تواند با موفقیت در باغ‌های پسته ایران که به طور عموم به صورت ردیفی کشت شده و امکان حرکت تراکتور در بین ردیفها وجود دارد به کار بrede شود.

واژه‌های کلیدی: شاخه تکان، دامنه ارتعاش، بسامد ارتعاش، برداشت پسته، جداسازی دانه، جداسازی خوشه

۱. به ترتیب دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

مقدمه

خستگی کارگر و کاهش مقدار میوه برداشت شده از نظر اقتصادی مقرن به صرفه نیست. علاوه براین ضربات واردہ باعث ایجاد جراحت و شکستگی درتنه و با شاخه درخت شده که خود محل مناسبی برای تجمع و فعالیت میکروب‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌های مضر می‌گردد.

با افزایش سطح زیرکشت محصولات باگی و توام با آن افزایش تقاضا برای محصول بدون عیب و بیماری و هم‌چنین گسترش سطح تولید و یا به عبارت دیگر افزایش کمی محصولات باگی، با غذاران به فکر بالا بردن کیفیت محصولات خود توام با افزایش میزان تولید افتادند. یعنی در حین برداشت سریع محصول با بازده کاری بالا کیفیت آن را نیز حفظ نمایند. بدین ترتیب روش‌های برداشت ماشینی با بازده و سرعت کاری بالا جای خود را در میان باغداران پیدا نمود و استفاده از ماشین‌های برداشت مکانیکی رواج یافت. آغاز این تحول را می‌توان از نیمه دوم قرن بیستم با اختراع درخت تکان‌های ارتعاشی به حساب آورد.

در ایالات متحده امریکا که از نظر سطح زیر کشت پسته (۳۵ هزار هکتار) و میزان تولید (۹۳۸۰۰ تن در سال) مقام دوم را پس از ایران و از نظر میزان عملکرد در واحد سطح (۲۷۷ کیلوگرم در هکتار) مقام اول جهان را داراست، پیشگام استفاده از درخت تکان‌ها (از نوع تنه تکان) در برداشت محصول پسته می‌باشد. در حدود ۹۸ درصد پسته این کشور در ایالت کالیفرنیا تولید می‌گردد. ۹۹ درصد درختان پسته بارور این ایالت از رقم Kerrman می‌باشد که به واسطه واردات اولیه این رقم از استان Kerman گذاری شده است (۷). برای برداشت محصول پسته از درخت تکان‌های اینرسیایی مخصوص سایر میوه‌های هسته دار (آلو و گیلاس و غیره) که با سیستم جمع آوری محصول ترکیب شده اند استفاده می‌شود (۹). این درخت تکان‌ها از دو واحد مجزا تشکیل شده‌اند که واحد اول علاوه بر سطوح جمع آوری کننده محصول، مجهز به ارتعاش دهنده‌ای است که در ارتفاع حدود ۶۰ سانتی‌متری از زمین به تنه درخت متصل می‌گردد. واحد

پسته (*Pistacia vera* L.) از خانواده آنکارادیاسه، گیاهی است دو پایه و خزان دار که جزء گیاهان و میوه‌های مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری محسوب می‌شود. براساس جدیدترین آمار فائق، سطح زیرکشت پسته در ایران برابر با ۲۸۰ هزار هکتار بوده و میانگین تولید در سه سال اخیر بالغ بر ۲۸۸ هزار تن پسته خشک بوده است. در بین کشورهای جهان، ایران با داشتن ۶۶ درصد از کل اراضی زیر کشت پسته جهان مقام اول را به خود اختصاص می‌دهد. پسته ایران هم‌چنین از نظر میزان تولید حائز رتبه نخست می‌باشد. صادرات پسته ایران نیز سالیانه حدود ۸۰ درصد میزان تولید است که از نظر اقتصادی، منبع مهمی جهت کسب درآمدهای ارزی محسوب می‌شود (۸). در سال‌های اخیر سطح زیر کشت درختان پسته به طور گسترده‌ای افزایش یافته و در استان‌های کرمان، یزد، سیستان و بلوچستان، سمنان، خراسان و فارس مناطق وسیعی به کشت این محصول اختصاص یافته است (۲).

به موازات پیشرفت تکنولوژی و وسعت روز افزون سطح زیر کشت درختان پسته در ایران و کمبود نیروی انسانی همراه با گرانی دستمزد، ضرورت برداشت مکانیزه روز به روز بیشتر احساس می‌شود. البته برداشت مکانیزه نیازمند وجود دستگاه برداشتی است که از نظر تکنولوژی و هزینه ساخت و شیوه عملکرد با شرایط باغ‌های پسته ایران که امکان به کارگیری ماشین‌های برداشت پیشرفته بزرگ و پر هزینه در آنها از نظر فنی و اقتصادی مقدور نیست، مناسب و سازگاری داشته باشد. یکی از ساده ترین راه‌های برداشت مکانیکی محصولات باگی که از زمان‌های پیش متدائل بوده، لرزاندن تنه و یا شاخه‌های درخت می‌باشد. از گذشته‌های دور بنا به مقتضیات زمان و باتوجه به نیروی کار فراوان تنها روشی که برای ارتعاش درخت جهت برداشت میوه صورت گرفته است را می‌توان ایجاد ارتعاش درتنه اصلی و با شاخه‌های فرعی درختان با استفاده از نیروی دست و یا پا و یا ضربات چوبستی دانست. این روش نه تنها بازدهی کمی دارد، بلکه به دلیل

دیگر با توجه به مستقر نبودن پیکره دستگاه ارتعاش دهنده مورد استفاده در تحقیق مبلی و همکاران بر روی زمین به هنگام کار، نیروهای اینرسیایی شاخ و برگ و میوه موجب حرکات نسبتاً شدید دستگاه درخت تکان شده و دامنه نوسان وارد بر شاخه لزوماً برابر با میزان لنگی تنظیم شده روی محور لنگ درخت تکان نبوده و شاخه با طول ضربه (دامنه ارتعاشی) متفاوت از تیمارهای مورد نظر ارتعاش خواهد نمود. از این رو در اجرای تحقیق حاضر از شاخه تکانی استفاده گردید که به علت استقرار کامل آن بر روی زمین به هنگام کار، دامنه نوسان آن چهار تغییر نمی‌گردید. لذا هدف اصلی از اجرای این تحقیق که بررسی تأثیر دامنه و بسامد ارتعاش و اثر مقابله این دو بر جداسازی دانه یا خوشه پسته از شاخه و تعیین مناسب‌ترین ترکیب دامنه و بسامد ارتعاش برای برداشت ارتعاشی این محصول می‌باشد قابل دست‌یابی بود. در این تحقیق هم‌چنین نسبت نیروی لازم برای جداسازی میوه به وزن آن که محققین آن را ساخته مناسبی برای پیش‌بینی سهولت جداسازی میوه در اثر ارتعاش دانسته‌اند، برای دانه و خوشه ارقام پسته اوحدی و کله قوچی تعیین گردید. این نسبت برای زیتون، مرکبات و سیب به ترتیب ۳۰، ۵۰ و ۲۰ گزارش گردیده است (۱۰). این نسبت در مورد میوه لیمو ترش نارس و رسیده به ترتیب ۶۱/۸ و ۶/۹ تعیین گردیده است (۶).

مواد و روش‌ها

محل و وضعیت عمومی باغ‌های آزمایشی

آزمون‌های سال اول (نیمه دوم شهریور ۱۳۷۹) در باغ مؤسسه تحقیقات پسته رفسنجان واقع در جاده کرمان - زرند و بر روی رقم اوحدی انجام شد. سن درخت‌های مورد آزمایش ۱۵ الی ۲۰ سال بود. در سال دوم (نیمه دوم شهریور ۱۳۸۰) آزمون‌ها بر روی 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 جاده کرمان - سیرجان انجام گرفت. سن

دوم مجهز به سطوح جمع آوری کننده‌ای است که با واحد اول جفت شده و زیر تاج درخت گسترده می‌شوند. با تلفیق این دو واحد یک ماشین برداشت کننده خودرو تشکیل می‌گردد. مدت زمان اعمال ارتعاش به هر درخت در حدود ۱۵ ثانیه است و ظرفیت کاری آنها ۰/۴ هکتار در ساعت و یا ۱۱۲ درخت در هر ساعت می‌باشد (۹).

در ایران که بزرگ‌ترین تولید کننده پسته در جهان می‌باشد هنوز برداشت پسته به صورت کاملاً دستی توسط کارگران مهاجر انجام می‌گیرد. نخستین اقدام جهت برداشت ماشینی پسته در ایران ساخت یک دستگاه درخت تکان تراکتوری با استفاده از مکانیزم لنگ لغزنده گزارش گردیده است (۴). در این دستگاه که توسط محور توان دهی تراکتور به کار اندخته می‌شود برای تغییر طول ضربه (دامنه ارتعاش) از جایه‌جایی چهار پیچ تنظیم محور لنگ و برای تنظیم فرکانس ارتعاش از تغییر دور توان دهی تراکتور استفاده شده است. با استفاده از درخت تکان فوق آزمون‌هایی در ایستگاه تحقیقاتی موسسه تحقیقات پسته رفسنجان برپای ارقام مختلف درختان پسته انجام شد (۵). در این تحقیق با تغییر طول ضربه و بسامد دستگاه، درصد ریزش میوه (درصد وزنی) و درصد ریزش خوشه‌ها (درصد تعدادی) بررسی شد. دستگاه طوری ساخته شده بود که طول ضربه آن بین صفر تا شش سانتی‌متر قابل تنظیم بود. به منظور مقایسه درصد ریزش ارقام مختلف پسته، لازم بود عوامل دیگر مانند طول ضربه و بسامد هنگام آزمایش برای درختان مختلف ثابت باشد. لذا با آزمایشی مقدماتی طول ضربه در حدود ۲/۵ سانتی‌متر و بسامد ۵۴۰ دور در دقیقه برای آزمایش انتخاب شد. بسامد ۵۴۰ دور در دقیقه در تحقیق انجام شده توسط مبلی و همکاران با توجه به سرعت دوران استاندارد محور توانده‌ی تراکتور انتخاب گردیده است و نمی‌تواند لزوماً مناسب‌ترین بسامد ارتعاش برای جداسازی ارقام مختلف پسته باشد (۵). لذا لزوم ادامه تحقیق در این زمینه به منظور بررسی تأثیر دامنه گسترده تری از بسامد ارتعاش بر جدا سازی دانه یا خوشه ارقام مختلف پسته همچنان احساس می‌گردد. از طرف

استفاده گردید که بدون نیاز به دسترسی مستقیم به شاخه از فاصله ۱ تا ۲ متری، امکان تنظیم فاصله انگشتی‌ها و اتصال آنها به شاخه محدود بود (۱). در شکل ۱ تصاویری از مکانیزم انتقال حرکت و نحوه اتصال دستگاه شاخه تکان مورد استفاده در اجرای آزمون‌های این تحقیق نشان داده شده است.

روش اندازه‌گیری نسبت نیروی جداسازی میوه و خوشه به وزن میوه و خوشه

نسبت نیروی لازم برای جدا سازی میوه به وزن آن (F/W) و هم‌چنین نیروی جداسازی خوشه به وزن آن (V/W) که به ترتیب شاخص‌هایی از سهولت جداسازی میوه و خوشه از شاخه می‌باشند، در این تحقیق اندازه‌گیری شد. برای این منظور قبل از اجرای آزمون‌های برداشت ارتعاشی، با استفاده از یک دستگاه نیروسنج فنری و گیره فلزی سبک وزنی که برای اعمال نیروی کششی به میوه و ساقه اصلی خوشه ساخته شده بود، میانگین نیروی لازم برای جداسازی یکصد دانه پسته و تعداد ۲۰ عدد خوشه از هریک از دو رقم اوحدی و کله قوچی که به‌طور تصادفی بر روی شاخه‌های مورد نظر انتخاب می‌شد، اندازه‌گیری گردید. پس از جداسازی هر دانه یا خوشه پسته، وزن آن با ترازوی دقیق آزمایشگاهی تعیین و نسبت‌های F/W و V/W محاسبه شد. علاوه بر اندازه‌گیری وزن، ابعاد هر دانه پسته در سه راستای طولی، عرض منطبق بر خندانی و عرض عمود بر خندانی اندازه‌گیری گردید. در مورد خوشه نیز علاوه بر وزن، قطر متوسط ساقه خوشه در محل اتصال به شاخه اندازه‌گیری شد.

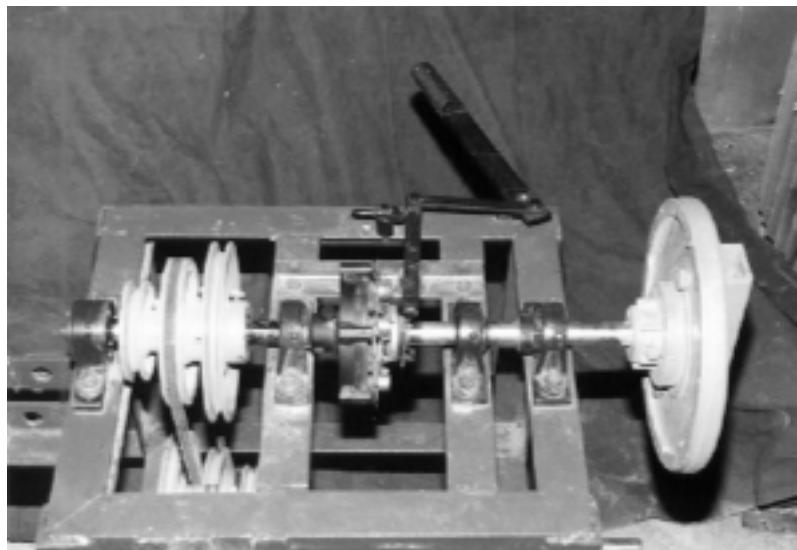
روش اندازه‌گیری بسامد ارتعاش

از تاکومتر 729155 Digital Tachometer SKF جهت اندازه‌گیری بسامد ارتعاش استفاده شد. این وسیله بر اساس انعکاس نور ارسالی از بر چسب شبرنگ قرار داده شده روی محور دور کار می‌کند. بازتاب نور به داخل وسیله اندازه‌گیری باعث تولید پالس‌های الکتریکی توسط موج یاب نوری می‌شود.

درخت‌های مورد آزمایش ۲۰ الی ۲۵ سال بود ولی از لحاظ میزان رشد و ابعاد تنه و شاخه تفاوت محسوسی با درختان منطقه رفسنجان نداشت. محصول هر دو باغ و به خصوص قطعات انتخاب شده برای آزمایش، سالم و عاری از هرگونه بیماری بود که در بالا بردن هرچه بیشتر دقت آزمایش‌ها کمک شایانی می‌کرد.

دستگاه درخت تکان مورد استفاده در آزمون‌ها

یک دستگاه شاخه تکان (Limb shaker) تراکتوری با قابلیت تغییر و تنظیم بسامد و دامنه ارتعاش به منظور اجرای آزمون‌های مزرعه‌ای طراحی و ساخته شد (۲). این دستگاه از ۶ بخش اصلی شامل: پیکره (شاسی)، سیستم انتقال توان، کلچ اصطکاکی، مکانیزم ایجاد حرکت نوسانی، تیرک شاخه تکان و گیره اتصال به شاخه تشکیل گردیده است. شاسی اصلی که وظیفه نگهداری و حمایت سایر اجزا را به عهده دارد، مجهز به یک قاب A-شکل برای اتصال بر بازوی اتصال سه نقطه تراکتور می‌باشد. توان رانشی شاخه تکان از طریق یک محور یونیورسال تلسکوپی از محور توان دهی تراکتور تأمین و با به کار گیری یک سیستم رانش تسمه‌ای مرکب امکان تغییر نسبت سرعت فراهم گردید. با استفاده از این سیستم تغییر پله‌ای سرعت و با تغییر و کنترل دور موتور تراکتور، امکان تغییر بسامد نوسان به طور پیوسته از ۵ تا ۲۰ هرتز قابل دست‌یابی بود. از یک مکانیزم لنگ لغزنده (Slider-crank) با طول لنگی قابل تغییر برای ایجاد حرکت ارتعاشی با دامنه نوسان‌های قابل تغییر از ۲۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر با فواصل مساوی ۲۰ میلی‌متری استفاده گردید. به‌منظور تسهیل در اتصال گیره شاخه تکان به شاخه مورد نظر برای اعمال ارتعاش، طول تیرک به صورت تلسکوپی از ۱/۲ تا ۲ متر قابل تغییر بود و با اتصال تیرک به مکانیزم ارتعاش دهنده از طریق یک مفصل کارдан، انعطاف پذیری کامل به صورت سه بعدی فراهم گردید. از یک گیره مجهز به انگشتی‌های انعطاف پذیر و خود قفل شوند (Self-locking) با طرحی ابتکاری



الف) تصویری از مکانیزم انتقال حرکت



ب) تصویری از دستگاه شاخص تکان در حال ارتعاش شاخه

شکل ۱. تصاویری از مکانیزم انتقال حرکت و نحوه اتصال دستگاه شاخص تکان به هنگام اجرای یکی از آزمون‌ها

دهنده به فلایویل مکانیزم ارتعاش دهنده تعیین و ثبیت دهنده به وجود آمده به یک شمارنده ارسال می‌شود که می‌گردید.

طرح آماری آزمایش
به منظور یافتن ترکیبی بهینه از دامنه و بسامد ارتعاش بر جداسازی میوه پسته با به کارگیری ارتعاش دهنده تراکتوری، از یک آزمایش فاکتوریل (4×4) در قالب یک طرح کاملاً

سپس پالس‌های به وجود آمده به یک شمارنده ارسال می‌شود که روی صفحه دیجیتالی دستگاه قابل خواندن می‌باشد. جهت انجام آزمایش، شبرنگی را بر روی محور چسبانده و با استفاده از وسیله مذکور بسامد ارتعاش در هر حالت اندازه‌گیری گردید. شایان ذکر است که دامنه ارتعاش با تغییر میزان لنگی مکانیزم لنگ لغزنده قابل تنظیم بود، به طوری که قبل از اجرای هر تیمار، دامنه ارتعاش مورد نظر با تغییر محل اتصال یوگ مفصل کاردان تیرک ارتعاش

روی شاخه توسط دست و جمع آوری آنها و سپس توزین هردو گروه (میوه‌های برداشت شده توسط ماشین و میوه‌های جدا شده از روی شاخه توسط دست)، با استفاده از رابطه زیر درصد ریزش میوه‌ها محاسبه گردید:

$$\text{درصد ریزش میوه} = \frac{[X/(X+Y)] * 100}{[1]}$$

که در این رابطه :

X: وزن میوه‌های برداشت شده توسط ماشین

Y: وزن میوه‌های باقی مانده روی شاخه

روش اندازه‌گیری درصد ریزش خوش

از دیگر متغیرهایی که در این طرح مورد بررسی قرار گرفت، درصد ریزش خوش بود. این متغیر از آن جهت حائز اهمیت است که کدام ترکیب دامنه و بسامد ارتعاش، ریزش خوشة بیشتر و کدام ترکیب ریزش دانه بیشتر را نتیجه می‌دهد و در نهایت نحوه جداسدن میوه (خوشه ای و یا دانه ای) بررسی شود. بدین منظور قبل از اعمال ارتعاش، تعداد خوشه‌های موجود روی شاخه شمارش می‌گشت. بعد از اعمال ارتعاش و ریزش دانه‌ها به همراه خوشه‌ها، تعداد خوشه‌های جدا شده از شاخه نیز مورد شمارش قرار گرفت. با استفاده از رابطه زیر درصد ریزش خوش محاسبه گردید:

$$\text{درصد ریزش خوش} = \frac{(A/B) * 100}{[2]}$$

که در این رابطه:

A: تعداد خوشه‌های جدا شده توسط ماشین.

B: تعداد خوشه‌های روی هر شاخه قبل از اعمال ارتعاش.

روش اندازه‌گیری درصد خسارت وارد بر شاخه

آن بخش از صدمه و خسارت وارد بر شاخه‌های ارتعاش داده شده که منجر به شکسته شدن و جدا شدن سرشاخه‌ها و ریزش برگ می‌گردد به صورت کمی قابل سنجش بوده و بخشی دیگر که شامل ترکیدگی یا لهیدگی‌های محسوس و نا محسوس پوست می‌گردد جنبه کیفی داشته و به سادگی قابل سنجش کمی نمی‌باشد. این بخش ار صدمات عموماً با گذشت زمان ترمیم

تصادفی که در اجرای آزمایش‌های باغی مرسوم و متدالوی است با سه تکرار در هر سال استفاده شد. در صورت انتخاب طرح بلوک‌های کامل تصادفی که در اجرای آزمایش‌های زراعی مرسوم است، هر درخت می‌باشد یک بلوک را تشکیل دهد که با وجود ۱۶ تیمار در این آزمایش، هر درخت باید دارای حداقل ۱۶ شاخه میوه دار یکنواخت باشد تا بتوان کلیه تیمارها را روی آن اجرا نمود که وجود چنین شرایطی غیر ممکن است. از طرف دیگر تغییر شرایط خاک در نقاط مختلف باغ تأثیری بر تیمارهای این نوع آزمایش ندارد تا برای خارج ساختن تأثیر تغییر شرایط خاک لازم باشد از طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده نمود. آزمون‌ها در دو سال پیاپی و در دو منطقه متفاوت انجام شد و در هر سال با انجام ۴۸ آزمایش و در مجموع دو سال ۹۶ آزمایش، اعداد و اطلاعات مورد نیاز جهت بررسی تأثیر فاکتورهای بسامد و دامنه ارتعاش به دست آمد. سطوح دامنه در سال اول عبارت بودند از : ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی متر و در سال دوم با خذف پائین ترین سطح دامنه یعنی سطح ۲۰ میلی متر که برای جداسازی درصد قابل توجهی از میوه کافی نبود و اضافه نمودن سطح جدید ۱۰۰ میلی متر، سطوح دامنه به ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی متر تغییر یافت. این تغییرات به منظور بررسی اثر دامنه‌های بالاتر ارتعاش بر درصد جداسازی دانه و خوشه پسته ایجاد گردید. هم‌چنین سطوح بسامد ارتعاش در سال اول برابر با ۵، ۷/۵ و ۱۲/۵ هرتز بود که در سال دوم با حذف سطح پائین بسامد، یعنی ۵ هرتز و اضافه نمودن یک سطح به سطح بالایی بسامد، یعنی سطح ۱۵ هرتز، سطوح بسامد به ۱۰، ۷/۵ و ۱۲/۵ هرتز تغییر یافت. علت ایجاد این تغییرات در سطوح بسامد ارتعاش نیز مشابه دلیلی است که برای اعمال تغییرات در سطوح دامنه ذکر شد.

روش اندازه‌گیری درصد ریزش میوه

بعد از اعمال ارتعاش به شاخه در دامنه و بسامد مشخص و به مدت ۱۰ ثانیه، تعدادی از میوه‌ها ریزش کرده و تعدادی هم روی شاخه باقی ماند. با جدا کردن میوه‌های باقی مانده بر

جدول ۱. برخی از مشخصات هندسی و فیزیکی میوه پسته در دو رقم اوحدی و کله قوچی (میانگین ۱۰۰ عدد دانه)

رقم میوه	خندانی (mm)	عرض منطبق بر خندانی (mm)	عرض عمود بر خندانی (mm)	جرم (gr)	وزن (N)	نیروی جداسازی به وزن (F/W)	نسبت نیروی جداسازی
اوحدی	۱۹/۵	۱۲/۷	۱۳/۲	۳/۱۲	۰/۰۳	۰/۱۸۶	۶/۲
کله قوچی	۲۱/۲	۱۳/۷	۱۲/۳	۳/۳۴	۰/۰۳۳	۰/۲۹۴	۹

جدول ۲. برخی از مشخصات هندسی و فیزیکی خوشه پسته در دو رقم اوحدی و کله قوچی (میانگین ۲۰ عدد خوشه)

رقم میوه	قطر متوسط ساقه خوشه (mm)	جرم (gr)	وزن (N)	نیروی جداسازی به وزن (V/W)
اوحدی	۴/۳۷	۵۴/۳۷	۰/۵۳	۱۹/۶
کله قوچی	۴/۴۰	۶۱/۲۰	۰/۶۰	۲۲/۷

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری (F/W) و (V/W)

نتایج حاصل از اندازه‌گیری برخی از مشخصات هندسی و نیروی لازم برای جداسازی دانه پسته از خوشه و نهایتاً محاسبه نسبت این نیرو به وزن دانه (F/W) که شاخصی از سهولت جداسازی میوه به هنگام برداشت می‌باشد در جدول ۱ ارایه گردیده است. به طوری که ملاحظه می‌گردد میانگین اندازه و جرم پسته رقم کله قوچی قدری بزرگتر از رقم اوحدی بوده و نیروی لازم برای جداسازی و نسبت (F/W) آن به طور چشمگیری بزرگ‌تر از رقم اوحدی است. کوچکتر بودن نسبت (F/W) رقم اوحدی نسبت به کله قوچی نشانگر سهولت بیشتر جداسازی پسته اوحدی نسبت به کله قوچی است. صحت این ادعا را می‌توان در بررسی نتایج تأثیر دامنه و بسامد ارتعاش بر جداسازی دانه این دورقم پسته که در بخش‌های بعدی این مقاله ارایه می‌گردد مشاهده نمود. نتایج حاصل از اندازه‌گیری برخی از مشخصات هندسی و نیروی لازم برای جداسازی خوشه از شاخه و نهایتاً نسبت این نیرو به وزن خوشه (V/W) که شاخصی از سهولت جداسازی خوشه به هنگام برداشت می‌باشد، در جدول ۲ ارایه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که میانگین جرم خوشه در رقم کله قوچی قدری

یافته و آثار دراز مدتی بر درخت و محصول سالهای بعد نخواهد داشت. لذا در این تحقیق آن بخش از خسارت که به صورت جدا شدن سرشاخه‌ها و ریزش برگ به همراه میوه جمع آوری شده بود اندازه‌گیری شد. با توجه به این که وزن کل شاخه ارتعاش داده شده (بدون بریدن آن از تنها) قابل اندازه‌گیری نبود، لذا نسبت وزن سرشاخه‌ها و برگ‌های جدا شده به وزن کل میوه و شاخ و برگ‌های جمع آوری شده (به صورت درصد) به عنوان درصد خسارت وارد بر شاخه محاسبه گردید. به عبارتی دیگر آنچه که غیر از میوه در اثر اعمال ارتعاش از شاخه جدا می‌گردد به عنوان خسارت منظور گردید. نظر به این که در تعیین درصد خسارت تنها یک تکرار از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب و مقدار سرشاخه‌های شکسته و برگ‌های ریزش نموده آن توزین گردید، امکان تجزیه و تحلیل آمار خسارت به صورت تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها وجود نداشت.

کلیه داده‌های حاصل از آزمایش جداسازی میوه و خوشه که ناشی از اعمال سطوح مختلف دامنه و بسامد ارتعاش بود با استفاده از نرم افزار MSTATC با آزمایش فاکتوریل در طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس شدند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

جدول ۳. تجزیه واریانس مربوط به ریزش دانه و خوشه بر حسب درصد در رقمهای اوحدی و کله قوچی

میانگین مربعات		اوحدی		درجه آزادی	منابع تغییر
کله قوچی		دانه			
خوشه	دانه	خوشه	دانه		
۷۹۱۶/۵۷**	۷۸۴۷/۲**	۴۸۳۲/۵۱**	۶۶۶۸/۰۷**	۳	دامنه
۳۱۱۶/۵۷**	۶۲۳۴/۰۵**	۱۷۱۳/۳۹ **	۴۵۳۳/۵۵**	۳	بسامد
۴۶۲/۹۱	۵۷۷/۹*	۷۰۱/۴۵*	۵۶۶/۱۲*	۹	اثر مقابله
۳۴۷/۹۵	۲۲۶/۸	۳۰۶/۸۹	۲۴۶/۷۱	۳۱	خطای آزمایش

*: وجود اختلاف معنی دار با احتمال ۹۵٪

**: وجود اختلاف معنی دار با احتمال ۹۹٪

افزایش دامنه ارتعاش در سطوح مختلف بسامد موجب افزایش ریزش میوه شده است. هر چند تفاوت بین درصد جداسازی میوه در تیمارهایی که بیش از ۹۳ درصد ریزش را موجب گردیده است معنی دار نمی باشد ولی این روند افزایشی همواره حفظ گردیده است. دلیل افزایش درصد میوه را می توان ناشی از نیروهای دینامیکی و تنش های نوسانی وارد بر نقطه اتصال میوه به خوشه و شاخه دانست زیرا که این نیروها به ترتیب به صورت خطی و توان دوم متناسب با دامنه و بسامد ارتعاش می باشند.

در رابطه با انتخاب و معرفی مناسب ترین ترکیب دامنه و بسامد ارتعاش برای جداسازی میوه (به صورت دانه)، جدول ۴ نشان می دهد که از بین ۱۶ ترکیب آزمایش شده، ترکیب مناسب را باید در بین ۸ ترکیبی که میانگین ریزش در آنها بالای ۹۳ درصد بوده و از نظر آماری دارای تفاوت معنی دار نمی باشند انتخاب نمود. در راستای خردمندانه تر نمودن و در نتیجه کوچک تر نمودن دامنه مناسب ترین ترکیب، شایسته است دو عامل مهم دیگر را که یکی درصد تلفات محصول (میوه) و دیگری درصد خسارت وارد بر درخت می باشد را در انتخاب نهایی ملحوظ نمود. با توجه به گرانبها بودن محصول پسته، باقی ماندن بیش از ۵ درصد محصول پس از عملیات برداشت ارتعاشی روی درخت برای با غدار قابل پذیرش نخواهد بود. لذا دو ترکیب $D_۲ F_۳$ و $F_۲ D_۳$ را می توان از لیست مناسب ترین

بزرگ تر از اوحدی است و نیروی جداسازی آن نیز تقریباً به همین نسبت بزرگ تر بوده و لذا نسبت (W/V) آن دو تقریباً یکسان و به هم نزدیک می باشد. از این رو انتظار می رود جداسازی میوه این دو رقم به صورت خوشه ای از سهولت یکسانی بر خوردار باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های درصد ریزش دانه و خوشه در دو رقم اوحدی و کله قوچی در جدول ۳ ارائه شده است. تجزیه واریانس مربوط به ریزش دانه و خوشه نشان می دهد که سطوح مختلف دامنه و بسامد نوسان در هر دو رقم اوحدی و کله قوچی به احتمال ۹۹ درصد بر ریزش دانه و خوشه تأثیر معنی دار می گذارد و تأثیر پذیری درصد های فوق از اثر مقابله دو فاکتور دامنه و بسامد، به احتمال ۹۵ درصد معنی دار است. تأثیر پذیری درصد جداسازی خوشه از تأثیر مقابله این دو فاکتور با احتمال ۹۵ درصد، در رقم اوحدی معنی دار است و در رقم کله قوچی معنی دار نمی باشد.

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

نتایج مقایسه میانگین های درصد ریزش میوه (دانه) به روش آزمون دانکن در دامنه و بسامدهای مختلف ارتعاش در جدول ۴ ارایه گردیده است. مقایسه میانگین ها نشان می دهد که به طور کلی افزایش بسامد در سطوح مختلف دامنه و هم چنین

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های ریزش میوه در دامنه و بسامد مختلف ارتعاش شاخه بر حسب درصد برای رقم اوحدی (دانکن٪/۰.۵)

میانگین	۸۰ (D₄)	۶۰ (D₂)	۴۰ (D₁)	۲۰ (D₁₁)	□ دامنه (mm)	□ بسامد (Hz)
۴۰/۸۷ ^c	۷۶/۰۰ ^b	۵۱/۸۷ ^c	۲۲/۸۳ ^d	۱۲/۸۰ ^d	۵ (F₁)	
۶۶/۴ ^B	۹۵/۹۰ ^a	۹۳/۲۰ ^a	۵۸/۳۷ ^{bc}	۱۸/۱۷ ^d	۷/۵ (F₂)	
۸۶/۴۶ ^A	۹۷/۷۳ ^a	۹۵/۰۳ ^a	۹۳/۲۰ ^a	۵۹/۹۰ ^{bc}	۱۰ (F₃)	
۸۸/۴۸ ^A	۹۸/۸۰ ^a	۹۷/۹۰ ^a	۹۵/۴۰ ^a	۶۱/۸۳ ^{bc}	۱۲/۵ (F₄)	
۹۲/۱۰ ^A	۸۴/۵۰ ^A	۶۷/۴۵ ^B	۳۸/۱۷ ^C		میانگین	

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

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

جدول ۵. درصد خسارت ناشی از شکستن سرشاخه‌ها و ریزش برگ در سطوح مختلف دامنه و بسامد ارتعاش در رقم اوحدی

میانگین	۸۰ (D₄)	۶۰ (D₂)	۴۰ (D₁)	۲۰ (D₁₁)	□ دامنه (mm)	□ بسامد (Hz)
۱/۸۴	۳/۰۸	۲/۱۵	۱/۲۸	۰/۸۶	۵ (F₁)	
۲/۷۱	۳/۸۹	۳/۱۲	۲/۰۶	۱/۷۶	۷/۵ (F₂)	
۳/۴۱	۴/۲۸	۳/۵۶	۲/۹۵	۲/۸۷	۱۰ (F₃)	
۵/۳۶	۸/۴۵	۵/۲۸	۴/۰۵	۳/۶۵	۱۲/۵ (F₄)	
	۴/۹۲	۳/۰۳	۲/۰۸	۲/۲۸	میانگین	

نمود. چنانچه توان مکانیکی مورد نیاز برای برداشت ارتعاشی را نیز در انتخاب مناسب ترین ترکیب مظور نماییم، با توجه به این‌که توان مصرفی تابعی درجه دوم از دامنه و درجه سوم از بسامد ارتعاش است^(۹)، از بین سه ترکیب انتخاب شده، D₄ F₄ کمترین و D₂ F₂ بیشترین توان مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد. در تحقیق مبلی و همکاران^(۵) که ارتعاشی با دامنه ۲۵ میلی‌متر و بسامد ۹ هرتز (۵۴۰ دور در دقیقه) اعمال نموده‌اند، جداسازی میوه در رقم اوحدی را در حدود ۶۳ درصد گزارش نموده‌اند. در تحقیق حاضر، نزدیک ترین ترکیب دامنه و بسامد ارتعاش به تیمار اعمال شده توسط آنان D₁ F₁ می‌باشد که نزدیک به ۶۰ درصد جداسازی میوه را به همراه داشته است.

ترکیبات دامنه و بسامد ارتعاش خارج نمود. از طرف دیگر چنانچه خسارت ناشی از شکستگی سرشاخه‌ها و ریزش برگ را نیز به حداقل ۵ درصد محدود نماییم. جدول ۵ نشان می‌دهد که دو ترکیب D₄ F₄ و D₂ F₂ که درصد خسارت ناشی از اعمال آنها بیش از ۵ درصد است، شایستگی لازم برای معرفی به عنوان مناسب‌ترین انتخاب را علی‌رغم جداسازی بیش از حدود ۹۸ تا ۹۹ درصد محصول را نخواهند داشت. بنا بر ملاحظات فوق، سه ترکیب D₄ F₄، D₂ F₂ و D₁ F₁ را که با میانگین درصد جداسازی میوه ۹۵ تا ۹۸ درصد، خسارتی کمتر از ۵ درصد به درخت وارد می‌سازند را می‌توان به عنوان مناسب‌ترین ترکیب دامنه و بسامد ارتعاش برای جداسازی پسته رقم اوحدی معرفی

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

میانگین	۱۰۰ (D _۴)	۸۰ (D _۲)	۶۰ (D _۱)	۴۰ (D _۱)	دامنه (mm) بسامد (Hz)
۷۸/۲۵ ^B	۹۱/۰۰ ^{abc}	۸۸/۳۷ ^{abc}	۷۹/۳۳ ^b	۶۲/۰۰ ^{bc}	۷/۵ (F _۱)
۷۹/۶۶ ^B	۸۸/۳۳ ^{abc}	۸۵/۶۰ ^{abc}	۷۵/۰۰ ^b	۶۹/۶۷ ^{bc}	۱۰ (F _۲)
۸۲/۹۱ ^B	۹۹/۳۳ ^a	۸۹/۵۴ ^{abc}	۸۸/۳۳ ^{abc}	۵۴/۳۳ ^c	۱۲/۵ (F _۳)
۹۳/۳۰ ^A	۱۰۰/۰۰ ^a	۹۸/۰۹ ^a	۹۷/۲۰ ^{ab}	۸۳/۰۰ ^{abc}	۱۵ (F _۴)
میانگین	۹۴/۶۶ ^A	۸۸/۴۰ ^A	۸۴/۹۶ ^A	۶۷/۲۵ ^B	

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

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

جدول ۷. درصد خسارت ناشی از شکستن سرشاخه‌ها و ریزش برگ در سطوح مختلف دامنه و بسامد ارتعاش در رقم کله قوچی

میانگین	۱۰۰ (D _۴)	۸۰ (D _۲)	۶۰ (D _۱)	۴۰ (D _۱)	دامنه (mm) بسامد (Hz)
۳/۱۳	۴/۱۲	۳/۶۸	۲/۸۵	۱/۸۹	۵ (F _۱)
۳/۶۸	۴/۷۶	۳/۸۹	۳/۳۷	۲/۷۳	۷/۵ (F _۲)
۴/۹۰	۷/۱۴	۴/۷۴	۴/۱۸	۳/۵۴	۱۰ (F _۳)
۵/۸۱	۹/۳۶	۴/۹۳	۴/۶۷	۴/۲۸	۱۲/۵ (F _۴)
میانگین	۶/۳۴	۴/۳۱	۲/۷۶	۲/۱۱	

در جدول ۷ ارایه گردیده است، تنها دو ترکیب D_۱ F_۴ و D_۲ F_۴ حائز شرایط مطلوب بوده و می‌توان آنها را به عنوان مناسب‌ترین ترکیبات دامنه و بسامد ارتعاش برای جدا سازی پسته رقم کله قوچی معرفی نمود. با توجه به بحثی که در بخش پیشین مطرح گردید، از بین این دو ترکیب ارجهیت با D_۱ F_۴ که توان مورد نیاز کمتری را طلب می‌نماید خواهد بود. در تحقیق مبلی و همکاران (۵) اعمال ارتعاشی با دامنه ۲۵ میلی‌متر و بسامد ۹ هرتز منجر به جداسازی حدود ۸۵ درصد میوه در رقم کله قوچی گردیده است. در تحقیق حاضر، نزدیک‌ترین ترکیب دامنه و بسامد ارتعاش به تیمار اعمال شده توسط آنان D_۱ F_۴ می‌باشد که منجر به جداسازی حدود ۷۰ درصد میوه گردیده است. مطلب قابل توجه دیگر همخوانی نتایج حاصل از

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

نتایج مقایسه میانگین‌های درصد ریزش (دانه) رقم کله قوچی به روش آزمون دانکن در سطوح مختلف دامنه و بسامد ارتعاش در جدول ۶ ارایه گردیده است. در این جا نیز مناسب‌ترین ترکیبات دامنه و بسامد ارتعاش برای جداسازی میوه (به صورت دانه) را باید از بین ۱۱ ترکیبی که میانگین ریزش میوه آنها بالای ۸۸ درصد بوده و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند جستجو نمود. با ملاحظه نمودن شرط باقی ماندن کمتر از ۵ درصد از میوه پس از اتمام اعمال ارتعاش بر روی سرشاخه و همچنین محدود نمودن خسارت ناشی از شکستگی سرشاخه‌ها و ریزش برگ به ۵ درصد، با توجه به ارقام درصد خسارت که

جدول ۸. مقایسه میانگین‌های ریزش خوشه در دامنه و بسامد مختلف ارتعاش شاخه بر حسب درصد برای رقم اوحدی (دانکن٪/۵)

میانگین	۸۰ (D _۴)	۶۰ (D _۲)	۴۰ (D _۱)	۲۰ (D _۱)	DAMNE (mm) بسامد (Hz)
۶/۳۰ ^D	۲۰/۰۰ ^f	۱۳/۶۷ ^{def}	۸/۰۳ ^{ef}	۰/۰/۰۰ ^f	۵ (F _۱)
۱۶/۳۲ ^C	۲۴/۰۰ ^{cdef}	۱۹/۸۳ ^{cdef}	۱۳/۱۳ ^{def}	۸/۳۳ ^{ef}	۷/۵ (F _۱)
۳۰/۵۴ ^B	۵۳/۶۷ ^b	۳۸/۰۰ ^{cd}	۳۳/۸۷ ^{cde}	۹/۶۳ ^{ef}	۱۰ (F _۲)
۵۲/۸۰ ^A	۸۲/۱۷ ^a	۶۹/۰۰ ^{ab}	۴۵/۵۰ ^{bc}	۱۴/۵۳ ^{def}	۱۲/۵ (F _۴)
۳۷/۴۶ ^A	۳۵/۱۲ ^A	۲۵/۲۵ ^B	۸/۱۲ ^C		میانگین

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

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

پسته‌ها به صورت خوشه‌ای جدا شده‌اند و نیروی دینامیکی ایجاد شده در اثر ارتعاش شاخه به اندازه‌ای بوده است که بتواند اتصال خوشه - شاخه را قبل از جدا شدن کامل اکثربت میوه‌ها از خوشه، جدا کند. انتخاب دیگر ترکیب D_۴ F_۴ می‌باشد که با ۶۹ درصد جداسازی خوشه از نظر آماری در یک گروه با ترکیب D_۴ F_۴ قرار گرفته است. چنانچه درصد آسیب به درخت و توان مصرفی نیز در عوامل موثر بر انتخاب منظور گردد، ترکیب D_۴ F_۴ با ایراد ۸/۴۵ درصد خسارت به درخت (جدول ۵) و مصرف توان بیشتر قابل پذیرش نبوده و لذا می‌توان دامنه ۶۰ میلی‌متر همراه با بسامد ۱۲/۵ هرتز را گزینش نمود که علاوه بر برداشت خوشه‌ای مناسب، خسارت چندانی را به درخت وارد نمی‌سازد. در تحقیق مبلی و همکاران(۵) با اعمال ارتعاشی با دامنه ۲۵ میلی‌متر و بسامد ۹ هرتز جداسازی حدود ۱۷ درصد از میوه به صورت خوشه گزارش گردیده است. در تحقیق حاضر نزدیک‌ترین تیمار به تیمار اعمال شده توسط آنان D_۱ F_۲ می‌باشد که در حدود ۱۰ درصد جداسازی میوه به صورت خوشه‌ای را به همراه داشته است.

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

نتایج مقایسه میانگین‌های درصد ریزش خوشه در رقم اوحدی در سطوح مختلف دامنه و بسامد ارتعاش در جدول ۸ ارایه گردیده است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد 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 D_۴ F_۴ است که ۸۲ درصد جداسازی خوشه را نتیجه می‌دهد و یا به عبارت دیگر در بالاترین دامنه و بسامد آزمایش، اکثر

جداسازی میوه توسط ارتعاش با نسبت w/F است که در جدول ۱ ارایه گردیده و حاکی از سهولت بیشتر جداسازی پسته اوحدی نسبت به کله قوچی است. برای مثال درصد ریزش میوه اوحدی در اعمال تیمار D_۴ F_۲ (دامنه ۶۰ میلی‌متر و بسامد ۱۰ هرتز) برابر با ۹۵ درصد است. در حالیکه اعمال تیمار همتراز آن در رقم کله قوچی یعنی D_۲ F_۲ تنها منجر به جداسازی ۷۵ درصد میوه گردیده است. این تفاوت در درصد جداسازی را در مقایسه سایر تیمارهای همتراز نیز می‌توان مشاهده نمود، هرچند که ممکن است در تمامی موارد اختلاف درصدهای جداسازی تا این حد نباشد.

اثرات سطوح مختلف دامنه و بسامد نوسان بر درصد

برداشت خوشه در رقم اوحدی

نتایج مقایسه میانگین‌های درصد ریزش خوشه در رقم اوحدی در سطوح مختلف دامنه و بسامد ارتعاش در جدول ۸ ارایه گردیده است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد 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 D_۴ F_۴ است که ۸۲ درصد جداسازی خوشه را نتیجه می‌دهد و یا به عبارت دیگر در بالاترین دامنه و بسامد آزمایش، اکثر

جدول ۹. مقایسه میانگین‌های ریزش خوش در دامنه و بسامد مختلف ارتعاش شاخه بر حسب درصد برای رقم کله‌قوچی (دانکن٪)

میانگین	۱۰۰ (D _۴)	۸۰ (D _۲)	۶۰ (D _۱)	۴۰ (D _۱)	دامنه (mm) بسامد (Hz)
۸/۲۳ ^C	۲۲/۰۰ ^{de}	۶/۳۳ ^c	۵/۰۰ ^c	۰/۰/۰۰ ^c	۷/۵ (F _۱)
۵۰/۶۶ ^B	۷۳/۳۳ ^{ab}	۵۱/۶۷ ^{bc}	۳۸/۰۰ ^{bcd}	۲۵/۶۷ ^{cde}	۱۰ (F _۲)
۵۶/۸۳ ^B	۷۴/۳۳ ^{ab}	۷۲/۶۸ ^{ab}	۴۸/۳۰ ^{bcd}	۳۲/۰۰ ^{cde}	۱۲/۵ (F _۲)
۶۶/۹۱ ^A	۸۸/۶۷ ^a	۷۵/۳۰ ^{ab}	۶۶/۰۰ ^{abc}	۳۷/۶۰ ^{bcd}	۱۵ (F _۴)
۶۴/۵۸ ^A	۵۵/۰۰ ^B	۳۹/۳۳ ^C	۲۳/۸۳ ^D		میانگین

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

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

بزرگ‌تر از دامنه و بسامد ارتعاش اعمال شده توسط مبلی و همکاران بوده است، بزرگ‌تر شدن درصد ریزش خوش در این تحقیق امری کاملاً قابل انتظار است.

در مورد جداسازی خوش توسط ارتعاش، نتایج حاصل با نسبت W/V که در جدول ۲ ارایه گردیده و حاکی از یکسان بودن تقریبی سهولت جداسازی خوش ارقام اوحدی و کله قوچی است همخوانی دارد. به طوری که نتایج ارایه شده در جداول ۸ و ۹ نشان می‌دهد، درصد ریزش خوش در ارقام واحدی و کله قوچی به هنگام اعمال تیمارهای همتراز تقریباً یکسان بوده و یا تفاوت چندانی ندارند. به طور مثال با اعمال ترکیب دامنه و بسامد ارتعاش ۶۰ میلی‌متر و ۱۰ هرتز، هر دو رقم درصد ریزش یکسانی برابر با ۳۸ درصد داشته و در سایر تیمارهای متناظر نیز تفاوت‌ها قابل توجه نمی‌باشد.

مطلوب شایان ذکر دیگر تأثیر طول زمان ارتعاش است که با توجه به آزمایش‌های مقدماتی برای کلیه تیمارها به‌طور ثابت برابر با ۱۰ ثانیه اعمال گردید. مشاهدات عینی در طول اجرای آزمون‌ها نشان داد که بخش عمده‌ای از دانه یا خوش در زمانی کمتر از ۱۰ ثانیه از شاخه جدا می‌گردد و ادامه اعمال ارتعاش منجر به جدا شدن میزان قابل توجهی از میوه باقی مانده نگردیده، بلکه منجر به تشدید روند شکستگی سر شاخه‌ها و ریزش برگ می‌گردد.

کله‌قوچی در سطوح مختلف دامنه و بسامد ارتعاش در جدول ۹ ارایه گردیده است. در این رقم مناسب‌ترین ترکیب دامنه و بسامد ارتعاش برای جداسازی میوه (به صورت خوش) را باید در بین ۶ ترکیبی که میانگین ریزش خوش آنها بالای ۶۶ درصد بوده و از نظر مقایسه آماری در یک گروه قرار دارند جستجو نمود. با محدود نمودن خسارت ناشی از شکستگی سر شاخه‌ها و ریزش برگ به ۵ درصد، با توجه به ارقام درصد خسارت (جدول ۷)، از بین ۶ ترکیب فوق الذکر دو ترکیب D_۴ F_۲ و D_۴ F_۴ که به ترتیب ۷/۱۴٪ و ۹/۳۶٪ خسارت وارد می‌نمایند، از لیست ترکیبات مناسب خارج می‌گردند. از طرف دیگر با ملاحظه داشتن شرط باقی ماندن کمتر از ۵ درصد از میوه (افت برداشت محصول) و با توجه به نتایج جدول ۶، ترکیبات D_۴ F_۲ و D_۴ F_۳ نیز قابل پذیرش نبوده و در نتیجه ترکیبات D_۴ F_۲ و D_۴ F_۴ به ترتیب با ۷۵٪ و ۶۶٪ ریزش خوش برای برداشت خوش‌های رقم کله قوچی مناسب تشخیص داده می‌شوند. در تحقیق مبلی و همکاران (۵) با اعمال ارتعاشی با دامنه ۲۵ میلی‌متر و بسامد ۹ هرتز جداسازی حدود ۱۶ درصد از میوه به صورت خوش‌های گزارش گردیده است. در تحقیق حاضر نزدیک ترین تیمار به تیمار اعمال شده توسط آنها D_۱ F_۲ می‌باشد که نزدیک به ۲۶ درصد جداسازی میوه به صورت خوش را به همراه داشته است. با توجه به این که در این تیمار دامنه و بسامد ارتعاش هردو

- و ۶۹ درصد ریزش خوشه به عنوان مناسب‌ترین شناخته شدند.
۷. آزمون‌های اندازه‌گیری نیروی لازم برای جداسازی میوه نشان داد که نسبت این نیرو به وزن میوه (F/W) که شاخصی از سهولت جداسازی میوه است، در رقم اوحدی کوچکتر از رقم کله قوچی بوده (به ترتیب ۶/۲ و ۹) و تأثیر آن بر درصد جداسازی میوه در بررسی نتایج این تحقیق بوضوح قابل تشخیص است.
۸. نتایج آزمون تعیین نسبت نیروی جداسازی خوشه به وزن آن (v/w) در ارقام اوحدی و کله قوچی حاکی از نزدیکی این دو شاخص بهم بوده (۳۷/۸ و ۳۷) و نشانه یکسان بودن تقریبی سهولت جداسازی خوشه در این دو رقم می‌باشد. بررسی نتایج درصد جداسازی خوشه این دو رقم در این تحقیق نیز این مطلب را تأیید می‌نماید.
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. ادامه اعمال ارتعاش بیشتر از ۱۰ ثانیه باعث ریزش برگ و شکستن سر شاخه‌های کوچک می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از موسسه تحقیقات پسته کشور که بخشی از هزینه اجرای این طرح پژوهشی و تسهیلات لازم برای انجام آزمون‌های مزرعه‌ای در باغ‌های پسته متعلق به آن موسسه را فراهم نموده است قدردانی می‌گردد.

نتایج و پیشنهادات

۱. در هر دو رقم مورد آزمایش (اوحدی و کله قوچی) 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 نقطه اتصال دم میوه به خوشه و اتصال ساقه خوشه به شاخه دانست.
۲. هر چه بسامد و دامنه ارتعاش بیشتر باشد، اکثر پسته‌ها به صورت خوشه‌ای جدا می‌شوند و یا به عبارت دیگر نیروی دینامیکی ایجاد شده به حدی است که می‌تواند اتصال خوشه - شاخه را قبل از جداسدن اکثریت میوه‌ها از خوشه، جدا کند.
۳. در رقم اوحدی به کارگیری دامنه ۶۰ میلی‌متر و بسامد ۱۰ هرتز، ۹۵ درصد برداشت دامنه پسته را تأم با ایراد خسارتخانه کمتر از ۵ درصد به شاخه نتیجه می‌دهد.
۴. در رقم کله قوچی برای نیل به درصد ریزش مطلوب و در عین حال اجتناب از ایراد بیش از ۵ درصد خسارات به شاخه، دامنه ۶۰ میلی‌متر و بسامد ۱۵ هرتز که ۹۷ درصد برداشت را نتیجه می‌دهد، توصیه می‌گردد.
۵. در رقم اوحدی ترکیب دامنه ۸۰ میلی‌متر و بسامد ۱۲/۵ هرتز، ۸۲ درصد جداسازی خوشه را نتیجه می‌دهد اما می‌توان دامنه ۶۰ میلی‌متر همراه با بسامد ۱۲/۵ هرتز را که علاوه بر ۶۹ درصد برداشت خوشه خسارت چندانی به درخت وارد نمی‌کند، انتخاب کرد.
۶. در برداشت خوشه ای رقم کله قوچی، ترکیبات ارتعاشی با بسامد ۱۵ هرتز و دامنه‌های ۶۰ و ۴۰ میلی‌متر به ترتیب با ۷۵

منابع مورد استفاده

۱. رحیمی، ح. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر سطوح مختلف دامنه و فرکانس ارتعاش بر جداسازی دانه یا خوشه پسته. پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
۲. شبیانی، ا. ح. فریور مهین و ع. وطن‌پور ازغندي. ۱۳۷۴. پسته و تولید آن در ایران، انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، مؤسسه تحقیقات پسته، رفسنجان.

۳. گلپیرا، ه. ۱۳۷۷. طراحی، ساخت و ارزیابی ماشین درخت تکان به منظور بررسی تأثیر دامنه و بسامد ارتعاش بر جداسازی میوه. پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
۴. مبلی، ح.، ت. توکلی هشتگین و ر. علیمردانی. ۱۳۷۷. طراحی و ساخت دستگاه تکاننده درختان میوه. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی. ۴ (۱۳-۱۴) : ۲۰ - ۱۱.
۵. مبلی، ح.، ت. توکلی هشتگین و م. ع. رستمی. ۱۳۷۸. تعیین درصد ریزش میوه و خوشی از درخت در ده رقم پسته با یک تکاننده مکانیکی. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۰ (۱) : ۲۳-۱۹.
۶. محسنی، ش. ۱۳۸۰. بررسی تأثیر دامنه و بسامد ارتعاش بر جداسازی میوه لیمو ترش. پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
7. Burden, D. 2003. Pistachio Industry Profile. Agricultural Marketing Resource Center, Iowa State University, USA.
8. F. A. O. Internet Web Page. [Http://www.fao.org/faostat/](http://www.fao.org/faostat/)
9. Ferguson, L., A. Koder and J. Thompson. 1995. Pistachio production, Harvesting, Processing and Grading. Center for Fruit and Nut Crop Research Info. Dept.of Pomology. Univ. of Calif. Davis, Ca. USA.
10. O'Brien, M, R. B. Friedly and B. F. Cargill. 1983. Principles & Practices for Harvesting Fruits and Nuts. AVI Pub. Co. Inc., Westport, USA.