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 دانهٔ پسته به وزن آن) و میانگین V/W (نسبت نیروی استاتیکی کششی مورد نیاز برای جدایش خوشهٔ پسته به وزن آن) که به ترتیب شاخصی از سهولت جداسازی میوه و خوشه می‌باشند، برای رقم اوحدی به ترتیب برابر با ۶/۲ و ۳۷ و برای کله قوچی برابر با ۹ و ۳۷/۸ است. به منظور تعیین تأثیر دامنه و بسامد ارتعاش بر جداسازی دانه یا خوشهٔ پسته در دو رقم اوحدی و کله قوچی یک آزمایش فاکتوریل ۴ × ۴ درقالب یک طرح کاملاً تصادفی باسه تکرار برروی هر رقم به اجرا گذاشته شد. سطوح بسامد و دامنه ارتعاش که در رقم اوحدی استفاده شد به ترتیب عبارت بودند از ۵، ۷/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ هرتز و ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌متر. دررقم کله قوچی چهار سطح بسامد ارتعاش ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵ و ۱۵ هرتز و چهارسطح دامنهٔ ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر مورد آزمون قرارگرفت. نتایج نشان داد که اثر بسامد و دامنهٔ ارتعاش برجداسازی دانه و خوشهٔ پسته در هر دو رقم مذکور معنی دار است. در رقم اوحدی اعمال ارتعاشی با بسامد ۱۲/۵ هرتز و دامنهٔ ۸۰ میلی‌متر، بیشترین درصد برداشت میوه (۹۸/۸٪) را به همراه داشت ولی با توجه به لزوم محدود سازی افت محصول و خسارت وارد بر شاخه به ۵٪ و کمینه نمودن توان مصرفی شاخه تکان، اعمال ارتعاشی با دامنه ۶۰ میلی‌متر و بسامد ۱۰ هرتز که ۹۵٪ محصول را برداشت مینماید به عنوان مناسب‌ترین ترکیب دامنه و بسامد ارتعاش انتخاب گردید. هم‌چنین بسامد ۱۲/۵ هرتز و دامنهٔ ۸۰ میلی‌متر، بیشترین میزان خوشهٔ برداشت شده(۸۲٪) را در برداشت ولی با ملحوظ نمودن درصد خسارت به شاخه و توان مصرفی، اعمال ارتعاشی با بسامد ۱۲/۵ هرتز و دامنه ۶۰ میلی‌متر با ۶۹٪ ریزش خوشه به عنوان مناسب ترین ترکیب شناخته شد. در رقم کله قوچی، اعمال ارتعاشی با دامنهٔ ۱۰۰ میلی‌متر و بسامد ۱۵ هرتز منجر به ریزش ۱۰۰٪ محصول گردید ولی با توجه به لزوم محدود نمودن خسارت وارد بر شاخه و توان مصرفی، ترکیب دامنه ارتعاش ۶۰ میلی‌متر و بسامد ۱۵ هرتز با ۹۷/۲٪ جداسازی میوه به عنوان مناسب ترین ترکیب انتخاب گردید. در مورد برداشت خوشه ای رقم کله قوچی ترکیبات ارتعاشی با بسامد ۱۵ هرتز و دامنه‌های ۶۰ و ۴۰ میلی‌متر به ترتیب با درصد ریزش خوشه ۷۵ و ۶۹ 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 پستهٔ ایران که به طور عموم به‌صورت ردیفی کشت شده و امکان حرکت تراکتور در بین ردیف‌ها وجود دارد به کار برده شود.

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

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

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]

مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) از خانوادهٔ آناکاردیاسه، گیاهی است دو پایه و خزان دار که جزء گیاهان و میوه‌های مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری محسوب می‌شود. براساس جدیدترین آمار فائو، سطح زیرکشت پسته درایران برابر با ۲۸۰ هزارهکتار بوده و میانگین تولید در سه سال اخیر بالغ بر ۲۸۸ هزارتن پستهٔ خشک بوده است. در بین کشورهای جهان، ایران با داشتن ۶۶ درصد از کل اراضی زیر کشت پستهٔ جهان مقام اول را به خود اختصاص می‌دهد. پستهٔ ایران هم‌چنین از نظرمیزان تولید حائز رتبهٔ نخست می‌باشد. صادرات پستهٔ 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 به‌طور 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 (۲).

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 می‌شود. البته برداشت مکانیزه نیازمند وجود دستگاه برداشتی است که از نظر تکنولوژی و هزینه ساخت و شیوهٔ عملکرد با شرایط باغ‌های پستهٔ ایران که امکان به‌کارگیری ماشین‌های برداشت پیشرفته بزرگ و پر هزینه در آنها از نظر فنی و اقتصادی مقدور نیست، مناسبت و سازگاری داشته باشد. یکی از ساده ترین راه‌های برداشت مکانیکی محصولات باغی که از زمان‌های پیش متداول بوده، لرزاندن تنه و یاشاخه‌های 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 درتنهٔ اصلی و با شاخه‌های فرعی درختان با استفاده از نیروی دست ویا پا ویا ضربات چوبدستی دانست .این روش نه تنها بازدهی کمّی دارد، بلکه به دلیل خستگی کارگر و کاهش مقدار میوهٔ برداشت شده از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه نیست. علاوه براین ضربات وارده باعث ایجاد جراحت و شکستگی درتنه و یا شاخهٔ درخت شده که خود محل مناسبی برای تجمع و فعالیت میکروب‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌های مضر می‌گردد.

با افزایش سطح زیرکشت محصولات باغی و توام با آن افزایش تقاضا برای محصول بدون عیب وبیماری وهم‌چنین گسترش سطح تولید و یا به‌عبارت 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 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 نیمهٔ 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 درهکتار) 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 کرمان که منطقه اصلی پسته خیز ایران است به این اسم نام 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

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]

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 هردرخت در حدود۱۵ ثانیه است و ظرفیت کاری آنها ۰/۴ هکتار درساعت و یا ۱۱۲ درخت درهر ساعت می‌باشد (۹).

در ایران که بزرگ‌ترین تولید کننده پسته در جهان می‌باشد هنوز برداشت پسته به‌صورت 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). دراین دستگاه که توسط محور توان دهی تراکتور به‌کار انداخته می‌شود برای تغییر طول ضربه (دامنه ارتعاش) از جابه‌جایی 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 آزمون‌هایی در ایستگاه تحقیقاتی موسسهٔ تحقیقات پستهٔ رفسنجان برروی ارقام مختلف درختان پسته انجام شد (۵). دراین 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 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 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 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 به‌منظور بررسی تأثیر دامنه گسترده تری از بسامد ارتعاش برجدا سازی دانه یا خوشه ارقام مختلف پسته همچنان احساس می‌گردید. از طرف دیگر باتوجه به مستقر نبودن پیکره دستگاه ارتعاش دهنده مورد استفاده در تحقیق مبلی و همکاران بر روی زمین به‌هنگام کار، نیروهای اینرسیایی شاخ و برگ ومیوه 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 دچار تغییر نمی‌گردید. لذا هدف اصلی از اجرای این تحقیق که بررسی تأثیر دامنه و بسامد ارتعاش و اثر متقابل 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 شاخص مناسبی برای پیش بینی 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 پستهٔ رفسنجان واقع درجاده کرمان – زرند و بر روی رقم اوحدی انجام شد. سن درخت‌های مورد آزمایش ۱۵ الی ۲۰ سال بود. درسال دوم (نیمه دوم شهریور ۱۳۸۰) آزمون‌ها 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

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]

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 به‌خصوص 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

یک‌دستگاه شاخه تکان (Limb shaker) تراکتوری با قابلیت تغییر و تنظیم بسامد و دامنه ارتعاش به منظور اجرای آزمون‌های مزرعه‌ای طراحی و ساخته شد (۳). این دستگاه از ۶ بخش اصلی شامل: پیکره (شاسی)، سیستم انتقال توان، کلاچ 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 بازوهای اتصال سه نقطه تراکتور می‌باشد. توان رانشی شاخه تکان از طریق یک محور یونیورسال تلسکوپی از محور توان دهی تراکتور تأمین و با به‌کارگیری 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 به‌طور 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 به‌صورت تلسکوپی از ۱/۲ تا ۲ متر قابل تغییر بود و با اتصال تیرک به مکانیزم ارتعاش دهنده از طریق یک مفصل کاردان، انعطاف پذیری کامل به‌صورت سه بعدی فراهم گردید. از یک گیره مجهز به انگشتی‌های انعطاف پذیر و خود قفل شوند (Self-locking) با طرحی ابتکاری 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 مقدور 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

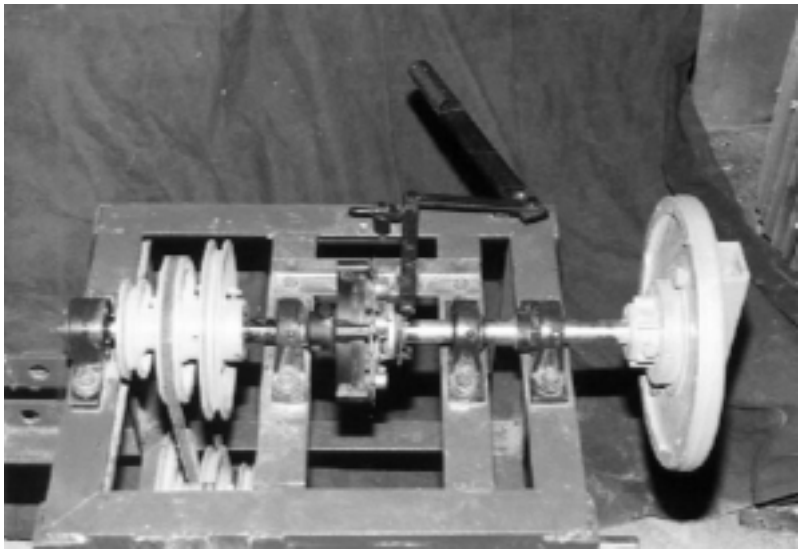
نسبت نیروی لازم برای جدا سازی میوه به وزن آن (F/W) و هم‌چنین نیروی جداسازی خوشه به وزن آن (V/W) که به ترتیب شاخص‌هایی از سهولت جداسازی میوه و خوشه از شاخه می‌باشند، در این تحقیق اندازه‌گیری شد. برای این منظور قبل از اجرای آزمون‌های برداشت ارتعاشی، با استفاده از یک دستگاه نیروسنج فنری و گیره فلزی سبک 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 SKF Digital Tachometer 729155 جهت اندازه‌گیری بسامد ارتعاش استفاده شد. این وسیله بر اساس انعکاس نور ارسالی از بر چسب شبرنگ قرار داده شده روی محور دوار کار می‌کند. بازتاب نور به داخل وسیله اندازه‌گیری باعث تولید پالس‌های الکتریکی توسط موج یاب نوری می‌شود.

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]



الف) تصویری از مکانیزم انتقال حرکت

ب) تصویری از دستگاه شاخه تکان در حال ارتعاش شاخه

شکل ۱. تصاویری از مکانیزم انتقال حرکت و نحوه اتصال دستگاه شاخه تکان به‌هنگام اجرای یکی از آزمون‌ها

سپس پالس‌های به‌وجود 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، به‌طوری‌که قبل از اجرای هر تیمار، دامنه ارتعاش مورد نظر با تغییر محل اتصال یوغ مفصل کاردان تیرک ارتعاش دهنده به فلایویل مکانیزم ارتعاش دهنده تعیین و تثبیت می‌گردید.

طرح آماری آزمایش

به منظور یافتن ترکیبی بهینه از دامنه وبسامد ارتعاش برجداسازی میوهٔ پسته با به‌کارگیری ارتعاش دهنده تراکتوری، از یک آزمایش فاکتوریل (۴ ×۴) درقالب یک طرح کاملاً

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]

تصادفی که در اجرای آزمایش‌های باغی مرسوم و متداول 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 می‌بایست 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 منطقهٔ 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 دامنهٔ ارتعاش به‌دست 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 که برای جداسازی درصد قابل توجهی از میوه کافی نبود و اضافه نمودن سطح جدید ۱۰۰ میلی‌متر، سطوح دامنه به ۴۰، ۶۰ ،۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تغییر یافت. این تغییرات به منظور بررسی اثر دامنه‌های بالاتر ارتعاش بر درصد جداسازی دانه و خوشه پسته ایجاد گردید. هم‌چنین سطوح بسامد ارتعاش درسال اول برابر با ۵، ۷/۵ ،۱۰ و ۱۲/۵ هرتز بود که درسال دوم با حذف سطح پایین بسامد، یعنی ۵ هرتز و اضافه نمودن یک سطح به سطوح بالایی بسامد، یعنی سطح ۱۵ هرتز، سطوح بسامد به ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵ و ۱۵ 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 می‌ماند. با جدا کردن میوه‌های باقی مانده بر 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 رابطهٔ زیر درصد ریزش میوه‌ها محاسبه گردید:

[X/(X+Y)]*100 = درصد ریزش میوه [۱]

که دراین رابطه :

X: وزن میوه‌های برداشت شده توسط ماشین

Y: وزن میوه‌های باقی مانده روی شاخه

روش اندازه‌گیری 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 می‌دهد و در نهایت نحوه جداشدن 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 خوشه محاسبه گردید:

(A/B)*100 = در صد ریزش خوشه [۲]

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 به‌صورت کمّی 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 کمّی نمی‌باشد. این بخش ار صدمات عموما با گذشت زمان ترمیم

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]

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

رقم میوه	طول در امتداد خندانی (mm)	عرض منطبق بر خندانی (mm)	عرض عمود بر خندانی (mm)	جرم (gr)	وزن (N)	نیروی جداسازی (N)	نسبت نیروی جداسازی به وزن (F/W)
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 (N)	نسبت نیروی جداسازی به وزن (V/W)
اوحدی	۴/۳۷	۵۴/۳۷	۰/۵۳	۱۹/۶	۳۷
کله قوچی	۴/۴۰	۶۱/۲۰	۰/۶۰	۲۲/۷	۳۷/۸

یافته و آثار دراز مدتی بر درخت و محصول سال‌های بعد نخواهد داشت. لذا در این تحقیق آن بخش از خسارت که به‌صورت جدا شدن سرشاخه‌ها و ریزش برگ به همراه میوه جمع آوری شده بود اندازه‌گیری شد. با توجه به این‌که وزن کل شاخه ارتعاش داده شده (بدون بریدن آن از تنه) قابل اندازه‌گیری نبود، لذا نسبت وزن سرشاخه‌ها و برگ‌های جدا شده به وزن کل میوه و شاخ و برگ‌های جمع آوری شده (به‌صورت 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 می‌گردید به عنوان خسارت منظور گردید. نظر به این‌که در تعیین درصد خسارت تنها یک تکرار از هر تیمار به‌طور تصادفی انتخاب و مقدار سرشاخه‌های شکسته و برگ‌های ریزش نموده آن توزین گردید، امکان تجزیه و تحلیل آمار خسارت به‌صورت 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 دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

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

نتایج حاصل از اندازه‌گیری برخی از مشخصات هندسی و نیروی لازم برای جدا سازی دانه پسته از خوشه و نهایتا 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. به‌طوری‌که 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 به‌طور 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 جدا سازی خوشه از شاخه و نهایتا 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

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]

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

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		اوحدی		کله قوچی	
		دانه	خوشه	دانه	خوشه
دامنه	۳	۶۶۶۸/۰۷**	۴۸۳۲/ ۵۱**	۷۸۴۷/۲**	۷۹۱۶/۵۷**
بسامد	۳	۴۵۳۳/ ۵۵**	۱۷۱۳/۳۹ **	۶۳۳۴/۰۵**	۳۱۱۶/۵۷**
اثر متقابل	۹	۵۶۶/۱۲*	۷۰۱/۴۵*	۵۷۷/۹*	۴۶۲/۹۱
خطای آزمایش	۳۱	۲۴۶/۷۱	۳۰۶/۸۹	۲۲۶/۸	۳۴۷/۹۵

** : وجود اختلاف معنی‌دار با احتمال ۹۹٪ * : وجود اختلاف معنی‌دار با احتمال ۹۵٪

بزرگ‌تر از اوحدی است و نیروی جداسازی آن نیز تقریباً به همین نسبت بزرگ‌تر بوده و لذا نسبت (V/W) آن دو تقریباً یکسان و به هم نزدیک می‌باشد. از این رو انتظار میرود جداسازی میوه این دو رقم به‌صورت خوشه‌ای از سهولت یکسانی بر خوردار باشد.

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس داده‌های درصد ریزش دانه و خوشه در دو رقم اوحدی و کله‌قوچی در جدول ۳ ارائه شده است. تجزیهٔ واریانس مربوط به ریزش دانه و خوشه نشان می‌دهد 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 معنی‌دار می‌گذارد و تأثیر پذیری درصدهای فوق از اثر متقابل دو فاکتور دامنه و بسامد، به احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است. تأثیر پذیری درصد جداسازی خوشه از تأثیر متقابل این دو فاکتور با احتمال ۹۵ درصد، در رقم اوحدی معنی‌دار است و در رقم کله‌قوچی معنی‌دار نمی‌باشد.

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

نتایج مقایسه میانگین‌های درصد ریزش میوه (دانه) به روش آزمون دانکن در دامنه و بسامدهای مختلف ارتعاش در جدول ۴ ارایه گردیده است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که به‌طور کلی افزایش بسامد در سطوح مختلف دامنه و هم‌چنین 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 نمی‌باشد ولی این روند افزایشی همواره حفظ گردیده است. دلیل افزایش درصد میوه را می‌توان ناشی از نیروهای دینامیکی و تنش‌های نوسانی وارد بر نقطه اتصال میوه به خوشه و شاخه دانست زیرا که این نیروها به ترتیب به‌صورت خطی و توان دوم متناسب با دامنه و بسامد ارتعاش می‌باشند.

در رابطه با انتخاب و معرفی مناسب‌ترین ترکیب دامنه و بسامد ارتعاش برای جداسازی میوه (به‌صورت دانه)، جدول ۴ نشان می‌دهد 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 معنی‌دار نمی‌باشند انتخاب نمود. در راستای خردمندانه‌تر نمودن و در نتیجه کوچک‌تر نمودن دامنه مناسب‌ترین ترکیب، شایسته است دو عامل مهم دیگر را که یکی درصد تلفات محصول (میوه) و دیگری درصد خسارت وارد بر درخت می‌باشد 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 باغدار قابل پذیرش نخواهد بود. لذا دو ترکیب $D_2 F_3$ و $D_3 F_2$ را می‌توان از لیست مناسب‌ترین

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های ریزش میوه در دامنه و بسامد مختلف ارتعاش شاخه بر حسب درصد برای رقم اوحدی (دانکن ۵٪)

دامنه (mm) ⇦ / بسامد (Hz) ⇩	۲۰ (D_1)	۴۰ (D_2)	۶۰ (D_3)	۸۰ (D_4)	میانگین
۵ (F_1)	۱۲/۸۰^{d}	۲۲/۸۳^{d}	۵۱/۸۷^{c}	۷۶/۰۰^{b}	۴۰/۸۷^{c}
۷/۵ (F_2)	۱۸/۱۷^{d}	۵۸/۳۷^{bc}	۹۳/۲۰^{a}	۹۵/۹۰^{a}	۶۶/۴^{B}
۱۰ (F_3)	۵۹/۹۰^{bc}	۹۳/۲۰^{a}	۹۵/۰۳^{a}	۹۷/۷۳^{a}	۸۶/۴۶ ^{A}
۱۲/۵ (F_4)	۶۱/۸۳^{bc}	۹۵/۴۰^{a}	۹۷/۹۰^{a}	۹۸/۸۰^{a}	۸۸/۴۸ ^{A}
میانگین	۳۸/۱۷^{C}	۶۷/۴۵^{B}	۸۴/۵۰^{A}	۹۲/۱۰^{A}	

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

دامنه (mm) / بسامد (Hz)	۲۰ (D_1)	۴۰ (D_2)	۶۰ (D_3)	۸۰ (D_4)	میانگین
۵ (F_1)	۰/۸۶	۱/۲۸	۲/۱۵	۳/۰۸	۱/۸۴
۷/۵ (F_2)	۱/۷۶	۲/۰۶	۳/۱۲	۳/۸۹	۲/۷۱
۱۰ (F_3)	۲/۸۷	۲/۹۵	۳/۵۶	۴/۲۸	۳/۴۱
۱۲/۵ (F_4)	۳/۶۵	۴/۰۵	۵/۲۸	۸/۴۵	۵/۳۶
میانگین	۲/۲۸	۲/۵۸	۳/۵۳	۴/۹۲	

ترکیبات دامنه و بسامد ارتعاش خارج نمود. از طرف دیگر چنانچه خسارت ناشی از شکستگی سرشاخه‌ها و ریزش برگ را نیز به حداکثر ۵ درصد محدود نماییم. جدول ۵ نشان می‌دهد که دو ترکیب D_3 F_4 و D_4 F_4 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 D_3 F_3، D_2 F_4 و D_4 F_3 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 نمود. چنانچه توان مکانیکی مورد نیاز برای برداشت ارتعاشی را نیز در انتخاب مناسب ترین ترکیب منظور 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، D_3 F_3 کمترین و D_2 F_4 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 D_1 F_3 می‌باشد که نزدیک به ۶۰ درصد جداسازی میوه را به همراه داشته است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]

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 (D_1)	۶۰ (D_2)	۸۰ (D_3)	۱۰۰ (D_4)	میانگین
۷/۵ (F_1)	۶۲/۰۰ bc	۷۹/۳۳ b	۸۸/۳۷ abc	۹۱/۰۰ abc	۷۸/۲۵ B
۱۰ (F_2)	۶۹/۶۷ bc	۷۵/۰۰ b	۸۵/۶۰ abc	۸۸/۳۳ abc	۷۹/۶۶ B
۱۲/۵ (F_3)	۵۴/۳۳ c	۸۸/۳۳ abc	۸۹/۵۴ abc	۹۹/۳۳ a	۸۲/۹۱ B
۱۵ (F_4)	۸۳/۰۰ abc	۹۷/۲۰ ab	۹۸/۰۹ a	۱۰۰/۰۰ a	۹۳/۳۰ A
میانگین	۶۷/۲۵ B	۸۴/۹۶ A	۸۸/۴۰ A	۹۴/۶۶ A	

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 سرشاخه ها و ریزش برگ در سطوح مختلف دامنه و بسامد ارتعاش در رقم کله قوچی

دامنه (mm) / بسامد (Hz)	۴۰ (D_1)	۶۰ (D_2)	۸۰ (D_3)	۱۰۰ (D_4)	میانگین
۵ (F_1)	۱/۸۹	۲/۸۵	۳/۶۸	۴/۱۲	۳/۱۳
۷/۵ (F_2)	۲/۷۳	۳/۳۷	۳/۸۹	۴/۷۶	۳/۶۸
۱۰ (F_3)	۳/۵۴	۴/۱۸	۴/۷۴	۷/۱۴	۴/۹۰
۱۲/۵ (F_4)	۴/۲۸	۴/۶۷	۴/۹۳	۹/۳۶	۵/۸۱
میانگین	۳/۱۱	۳/۷۶	۴/۳۱	۶/۳۴	

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

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 (به‌صورت دانه) را باید از بین ۱۱ ترکیبی که میانگین ریزش میوه آنها بالای ۸۸ درصد بوده و از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارند جستجو نمود. با ملحوظ نمودن شرط باقی ماندن کمتر از ۵ درصد از میوه پس از اتمام اعمال ارتعاش بر روی شاخه و هم‌چنین محدود نمودن خسارت ناشی از شکستگی سرشاخه‌ها و ریزش برگ به ۵ درصد، با توجه به ارقام درصد خسارت که در جدول ۷ ارایه گردیده است، تنها دو ترکیب $D_2 F_4$ و $D_3 F_4$ حایز 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 $D_2 F_4$ 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 $D_1 F_2$ می‌باشد که منجر به جداسازی حدود ۷۰ درصد میوه گردیده است. مطلب قابل توجه دیگر همخوانی نتایج حاصل از

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-23]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]

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

دامنه (mm) ⇦	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	میانگین
بسامد (Hz) ⇩	(D_1)	(D_2)	(D_3)	(D_4)	
۵ (F_1)	۰ ۰/۰۰ ^{f}	۸/۵۳ ^{ef}	۱۳/۶۷ ^{def}	۳/۰۰ ^{f}	۶/۳۰ ^{D}
۷/۵(F_2)	۸/۳۳ ^{ef}	۱۳/۱۳ ^{def}	۱۹/۸۳ ^{cdef}	۲۴/۰۰ ^{cdef}	۱۶/۳۲ ^{C}
۱۰ (F_3)	۹/۶۳ ^{ef}	۳۳/۸۷ ^{cde}	۳۸/۰۰ ^{cd}	۵۳/۶۷ ^{b}	۳۰/۵۴ ^{B}
۱۲/۵ (F_4)	۱۴/۵۳ ^{def}	۴۵/۵۰ ^{bc}	۶۹/۰۰ ^{ab}	۸۲/۱۷ ^{a}	۵۲/۸۰ ^{A}
میانگین	۸/۱۲ ^{C}	۲۵/۲۵ ^{B}	۳۵/۱۲ ^{A}	۳۷/۴۶ ^{A}	

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.

جداسازی میوه توسط ارتعاش با نسبت F/w 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_3 F_3 (دامنه ۶۰ میلی‌متر و بسامد ۱۰ هرتز) برابر با ۹۵ درصد است. در حالیکه اعمال تیمار همتراز آن در رقم کله قوچی یعنی D_2 F_2 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_4 F_4 است که ۸۲ درصد جداسازی خوشه را نتیجه می‌دهد و یا به عبارت دیگر در بالاترین دامنه و بسامد آزمایش، اکثر پسته‌ها به‌صورت 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 اکثریت میوه‌ها از خوشه، جدا کند. انتخاب دیگر ترکیب D_3 F_4 می‌باشد که با ۶۹ درصد جداسازی خوشه از نظر آماری در یک گروه با ترکیب D_4 F_4 قرار گرفته است. چنانچه درصد آسیب به درخت و توان مصرفی نیز در عوامل موثر بر انتخاب منظور گردد، ترکیب D_4 F_4 با ایراد ۸/۴۵ درصد خسارت به درخت (جدول ۵) و مصرف توان بیشتر قابل پذیرش نبوده و لذا می‌توان دامنهٔ 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 به‌صورت خوشه گزارش گردیده است. در تحقیق حاضر نزدیک‌ترین تیمار به تیمار اعمال شده توسط آنان D_1 F_3 می‌باشد که در حدود ۱۰ درصد جداسازی میوه به‌صورت خوشه‌ای را به همراه داشته است.

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

نتایج مقایسه میانگین‌های درصد ریزش خوشه در رقم

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]

جدول ۹. مقایسه میانگین‌های ریزش خوشه در دامنه و بسامد مختلف ارتعاش شاخه بر حسب درصد برای رقم کله‌قوچی (دانکن ۵٪)

دامنه (mm) ⇦ / بسامد (Hz) ⇩	۴۰ (D_1)	۶۰ (D_2)	۸۰ (D_3)	۱۰۰ (D_4)	میانگین
۷/۵ (F_1)	۰۰/۰۰ ^{e}	۵/۰۰ ^{e}	۶/۳۳ ^{e}	۲۲/۰۰ ^{de}	۸/۳۳ ^{C}
۱۰ (F_2)	۲۵/۶۷ ^{cde}	۳۸/۰۰ ^{bcde}	۵۱/۶۷ ^{bc}	۷۳/۳۳ ^{ab}	۵۰/۶۶ ^{B}
۱۲/۵ (F_3)	۳۲/۰۰ ^{cde}	۴۸/۳۰ ^{bcd}	۷۲/۶۸ ^{ab}	۷۴/۳۳ ^{ab}	۵۶/۸۳ ^{B}
۱۵ (F_4)	۳۷/۶۰ ^{bcde}	۶۶/۰۰ ^{abc}	۷۵/۳۰ ^{ab}	۸۸/۶۷ ^{a}	۶۶/۹۱ ^{A}
میانگین	۲۳/۸۳ ^{D}	۳۹/۳۳ ^{C}	۵۵/۰۰ ^{B}	۶۴/۵۸ ^{A}	

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.

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 (به‌صورت خوشه) را باید در بین ۶ ترکیبی که مینگین ریزش خوشه آنها بالای ۶۶ درصد بوده و از نظر مقایسه آماری در یک گروه قرار دارند جستجو نمود. با محدود نمودن خسارت ناشی از شکستگی سرشاخه‌ها و ریزش برگ به ۵ درصد، با توجه به ارقام درصد خسارت (جدول ۷)، از بین ۶ ترکیب فوق الذکر دو ترکیب D_4 F_3 و D_4 F_4 که به ترتیب ۷/۱۴٪ و ۹/۳۶٪ خسارت وارد می‌نمایند، از لیست ترکیبات مناسب خارج می‌گردند. از طرف دیگر با ملحوظ داشتن شرط باقی ماندن کمتر از ۵ درصد از میوه (افت برداشت محصول) و با توجه به نتایج جدول ۶، ترکیبات D_4 F_2 و F_3 D_3 نیز قابل پذیرش نبوده و در نتیجه ترکیبات D_3 F_4 و D_2 F_4 به ترتیب با ۷۵٪ و ۶۶٪ ریزش خوشه 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 به‌صورت خوشه‌ای گزارش گردیده است. در تحقیق حاضر نزدیک ترین تیمار به تیمار اعمال شده توسط آنها D_1 F_2 می‌باشد که نزدیک به ۲۶ درصد جداسازی میوه به‌صورت خوشه را به همراه داشته است. با توجه به این‌که در این تیمار دامنه و بسامد ارتعاش هردو بزرگ‌تر از دامنه و بسامد ارتعاش اعمال شده توسط مبلی و همکاران بوده است، بزرگ‌تر شدن درصد ریزش خوشه در این تحقیق امری کاملاً قابل انتظار است.

در مورد جداسازی خوشه توسط ارتعاش، نتایج حاصل با نسبت V/W که در جدول ۲ ارایه گردیده و حاکی از یکسان بودن تقریبی سهولت جداسازی خوشه ارقام اوحدی و کله قوچی است همخوانی دارد. به‌طوری که نتایج ارایه شده در جداول ۸ و ۹ نشان می‌دهد، درصد ریزش خوشه در ارقام اوحدی و کله قوچی به هنگام اعمال تیمارهای همتراز تقریباً یکسان بوده و یا تفاوت چندانی ندارند. به‌طور 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.

مطلب 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 عمده ای از دانه یا خوشه 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.

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]

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 به‌صورت 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 کارگیری دامنهٔ ۶۰ میلی‌متر و بسامد ۱۰ هرتز، ۹۵ درصد برداشت دانهٔ پسته را توأم با ایراد خسارتی کمتر از ۵ درصد به شاخه نتیجه می‌دهد.

۴. در رقم کله‌قوچی برای نیل به درصد ریزش مطلوب و در عین حال اجتناب از ایراد بیش از ۵ درصد خسارات به شاخه، 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 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 و۴۰ میلی‌متر به ترتیب با ۷۵ و۶۹ 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 و ۳۷/۸) 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.

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. شیبانی، ا.، ح. فریور مهین و ع. وطن‌پور ازغندی. ۱۳۷۴. *پسته و تولید آن در ایران*، انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]

کشاورزی، مؤسسهٔ 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 هشتجین و ر. علیمردانی. ۱۳۷۷. طراحی و ساخت دستگاه تکانندهٔ درختان میوه. مجلهٔ علمی پژوهشی علوم کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی. ۴ (۱۴-۱۳) : ۱۱- ۲۰.

۵. مبلی، ح.، ت. توکلی هشتجین و م.ع. رستمی. ۱۳۷۸. تعیین درصد ریزش میوه و خوشه از درخت در ده رقم پسته با یک تکانندهٔ مکانیکی. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۰ (۱) : ۱۹-۲۳.

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/
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.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.40.9.9]