مجله مهندسی بیوسیستم ایران (۴۱) ۲، ۱۳۸۹ (۱۱۲-۱۰۵)

بررسی حساسیت بذر ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.) به صدمات مکانیکی

فیض اله شهبازی
استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان
(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۵/۲۷ – تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۴/۲۲)

چکیده

صدمات مکانیکی ناشی از ضربه بر روی دانه (بذر) محصولات کشاورزی که در طی برداشت، انتقال و دیگر فرآیندها رخ می‌دهد، موجب کاهش کیفیت آنها و افزایش ضایعات می‌گردد. صدماتی که در اثر ضربه به بذر وارد می‌شود، باعث کاهش قابلیت نگهداری، کاهش درصد جوانه زنی و قدرت رویشی بذر و در نتیجه کاهش عملکرد محصول می‌شود. صدمات وارده به بذر نخود (شکستگی و کاهش درصد جوانه زنی) در اثر ضربه، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد مطالعه قرارگرفت. تیمارهای مستقل شامل رقم نخود (آرمان، هاشم، Bivanij، ILC482 و Filip93-93) و سرعت ضربه (۱۰، ۲۰ و ۳۰m/s) بود. نتایج نشان داد که تاثیر رقم و سرعت ضربه برروی صدمات وارده به بذرها معنی‌دار است (در سطح ۱٪). با افزایش سرعت ضربه از ۱۰ به ۳۰ m/s صدمات وارده به بذر همه رقم‌های مورد مطالعه از ۱۷/۷۹ به ۸۷/۵۷٪ (۷۲/۶۱٪ شکستگی و ۱۴/۹۶٪ کاهش جوانه زنی)، افزایش یافته است. صدمات وارده به بذرها در اثر ضربه به صورت شکستگی بیشتر از صدمه ناشی از کاهش جوانه زنی، بخصوص در سرعت‌های بالاتر از ۱۰m/s بود. در بین رقم‌های مورد مطالعه، بذر رقم Filip93-93، دارای بیشترین حساسیت از لحاظ کل صدمات بود (مجموع شکستگی و کاهش درصد جوانه زنی) و میزان صدمات وارده به آن ۶۳/۸۱٪ بود (۴۸/۷۲٪ شکستگی و ۱۵/۰۹٪ کاهش جوانه زنی) و رقم آرمان دارای کمترین میزان صدمات بود (۳۵/۴۷٪ شکستگی و ۱۱/۶۶٪ کاهش جوانه زنی).

واژه‌های کلیدی: صدمات فیزیکی، جوانه زنی، ضربه، نخود

مقدمه

بخش اعظم محصولات کشاورزی که با صرف هزینه، انرژی و فشار بر محیط زیست تولید می‌شود، به دلایل متعدد، در خلال تولید تا مرحله مصرف، از بین می‌رود و ضایع می‌گردند. میزان ضایعات محصولات کشاورزی در کشور ما بالاست و باعث خسارت کلانی در مملکت می‌شود. تلاش برای کاهش ضایعات محصولات کشاورزی از تلاش برای افزایش تولید آنها مهم‌تر و کم هزینه‌تر است. نخستین گام برای رویارویی و کنترل ضایعات، شناخت ابعاد مختلف آن است که عبارتند از؛ عوامل تاثیر گذار بر ضایعات، محل و نحوه بروز ضایعات، نوع و طبیعت ضایعات و میزان آن‌ها، که در این مورد باید تحقیقات و بررسی‌های تخصصی انجام گیرد و نتایج آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل علمی قرارگیرد تا بتوان با بهره‌گیری از اطلاعات واقعی و صحیح و دقیق، نسبت به زوایای مشکل شناخت پیدا کرد و برای کنترل آن برنامه ریزی نمود.

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهمترین گیاهان خانواده بقولات است که از اهمیت غذایی بالایی برخوردار است و می‌تواند منبع مهمی در تامین پروتئین مورد نیاز خصوصاً در جوامع فقیر و کمتر توسعه یافته باشد (Chavan et al., 1986). کشور ما پتانسیل بالایی از لحاظ تولید نخود دارد و در صورتی که برنامه ریزی دقیقی در تولید و فرآوری این محصول به عمل آید، صادرات آن می‌تواند ارز قابل ملاحظه‌ای را نصیب کشور کند. سطح زیر کشت این محصول در ایران در سال ۲۰۰۶، حدود ۸۰۱ هزار هکتار با تولید حدود ۲۹۳ هزار تن بوده است (FAO, 2007). از مهمترین مناطق تولید این محصول می توان به استان‌های کرمانشاه، لرستان، کردستان و همدان اشاره کرد. متوسط تولید این محصول در ایران حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ کیلو گرم در هکتار می‌باشد (Tabatabaeefar *et al.*, 2003). در سال‌های اخیر سطح زیر کشت این محصول افزایش چشمگیری یافته و از ۲۵۳ هزار هکتار در سال ۱۹۹۰ به ۸۰۱ هزار هکتار در سال ۲۰۰۶ رسیده است (FAO, 2007). علی رغم افزایش تولید، تاکنون برنامه ریزی دقیقی در مورد برداشت مکانیزه و فرآوری پس از برداشت این محصول در کشور صورت نگرفته است (Tabatabaeefar *et al.*, 2003). یکی از مراحل مهم در تولید محصول نخود، برداشت و کوبیدن آن با استفاده از

* نویسنده مسئول: Fizollah.shahbazi@gmail.com

ماشین‌های کوبنده است (Khazaei, 2003). نکته مهم در کوبیدن نخود و دیگر فرآیندهای پس از برداشت آن، شکستگی و صدمه دیدگی دانه‌ها در اثر ضربه است. با توجه به این که جرم و اندازه دانه نخود زیاد بوده و نیز به صورت دو لپه‌ای می‌باشد و از طرفی رطوبت آن هنگام برداشت پایین است، این خصوصیات باعث می‌شوند که قابلیت جذب انرژی ضربه در آن زیاد بوده و صدمه پذیری زیادی در برابر ضربه داشته باشد. با توجه به این که یکی از فاکتورهای موثر در صدمه پذیری بذرها، رقم محصول می‌باشد (Khazaei et al., 2007)، بذر برخی از رقم‌های نخود ممکن است در برابر صدمات ناشی از ضربه مقاوم باشند، کمتر دچار شکستگی شده و یا قدرت جوانه زنی و رویشی خود را با وجود نیروهای ضربه حفظ کنند. لذا اگر در این مورد بتوان رقم یا رقم‌هایی را شناسایی نمود، می‌توان به راه حل مناسبی جهت جلوگیری ازصدمات ناشی از ضربه بر روی نخود و در نتیجه کاهش ضایعات و همچنین کاهش هزینه تولید آن دست یافت.

در بین ضایعات متعدد محصولات کشاورزی، بخصوص محصولات زراعی، ضایعات ناشی از فرآیندهای مکانیکی بر روی دانه‌ها بخش عمده‌ای از ضایعات کلی محصول طی برداشت و فرآوری پس از برداشت محصول را تشکیل می‌دهد (Khazaei et al., 2007). ضایعات و خسارات مکانیکی وارد بر دانه محصولات ممکن است از هر نوع ضایعه فیزیکی و مکانیکی به وجود آید، اما خسارات ناشی از ضربه بر روی دانه محصول جدی ترین آن‌هاست به طوری که صدمات و ضایعات وارده در طی فرآیندهای مختلف در اثر ضربه به دانه (بذر) محصولات باعث هدر رفتن میزان زیادی از محصول می‌شود (MacDonald, 1985; Evans et al., 1990; Entz et al., 1991; Bourgeois et al., 1996; Baryeh, 2002).

صدمات و خسارات وارده به دانه‌ها در اثر ضربه ممکن است به صورت صدمات آشکار (ظاهری) و صدمات نهان (داخلی) باشد. صدمات آشکار به نحوی هستند که به راحتی قابل روئیت می‌باشند، نظیر شکستگی و ترک خوردن بذر. صدمات نهان شامل خساراتی است که قابل روئیت نیستند، نظیر ایجاد ترک‌های داخلی، شکاف‌های میکروسکوپی و صدمات وارده به جنین. مجموع این صدمات باعث کاهش ارزش بذر، کاهش قابلیت نگهداری و کاهش درصد جوانه زنی و قدرت رویشی بذر محصول می‌شود (Grass & Tourkmani, 1999).

در مورد اثر ضربه و خسارات مکانیکی ناشی از آن بر روی دانه محصولات کشاورزی مطالعاتی انجام شده است. Perry & Hall (1959)، دریافتند که سرعت ضربه، رطوبت دانه، درجه حرارت و اندازه دانه بر صدمات مکانیکی وارد به لوبیا اثر معنی‌داری دارند. Chalwa et al. (1998)، اثرات رطوبت، درجه حرارت و ارتفاع سقوط را بر صدمات وارده به دانه لوبیا و نخود را مورد مطالعه قرار داده و گزارش کرده‌اند که با افزایش رطوبت از ۱۲ به ۲۰ درصد، میزان صدمات وارده کاهش یافته است و با کاهش درجه حرارت دانه نخود از ۲۲ به ۱۵-درجه سانتی‌گراد، میزان صدمات وارده شدیداً افزایش یافته است. همچنین با افزایش ارتفاع سقوط دانه، میزان صدمات وارده از جمله شکستگی بذرها و کاهش درصد جوانه زنی بذرها، افزایش یافته است. Seadati-Nejat (1997)، سرعت دورانی مناسب برای استوانه کوبنده کمباین نخود را ۱۱/۵ m/s پیشنهاد کرده است. Behrozi-Lar & Huang (2002)، سرعت کوبنده کمباین نخود را ۱۷ m/s پیشنهاد نموده‌اند. Klenin et al. (1986)، سرعت مناسب برای کوبنده‌های محصولات غلافی را ۱۰ تا ۱۱/۵ m/s پیشنهاد کرده‌اند. Tang et al (1991)، حساسیت بذر رقم‌های مختلف عدس را به شکستگی ناشی از ضربه مورد مطالعه قرار داده و گزارش کرده‌اند که در رطوبت یکسان، میزان شکستگی دانه همه رقم‌ها در درجه حرارت ۲۵- سانتی‌گراد بسیار بیشتر از دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد بوده است، اما در شرایطی که میزان رطوبت کمتر از ۱۰٪ بود، درجه حرارت پایین اثری روی میزان شکستگی دانه‌ها نداشته است و با افزایش سرعت ضربه میزان شکستگی دانه رقم‌های مختلف افزایش یافته است. Konak et al. (2002) نیروی شکست نخود دیم رقم کوکباسی[1] را در محدوده رطوبت‌های ۵/۲ تا ۱۶/۵٪ تعیین کرده و گزارش کرده‌اند که رطوبت تاثیر زیادی بر میزان شکستگی دانه‌ها داشته و با افزایش آن میزان شکستگی کاهش یافته است. Green et al (1966)، Cain & Holmes (1977)، Paulsen et al. (1981) و Parkobboon (1982) نیز تاثیر معنی دار سرعت کوبنده و رطوبت دانه بر درصد دانه‌های شکسته سویا را گزارش کرده‌اند.

طبق بررسی‌هایی که انجام گرفت در مورد حساسیت بذر ارقام نخود در برابر ضربه در کشورگزارش کمی در دست است. بنابراین برای طراحی دقیق و اصولی ماشین‌های برداشت، حمل و نقل و فرآوری این محصول، ضرورت تعیین حساسیت بذر ارقام نخود در برابر ضربه احساس می‌شود. در مجموع هدف این تحقیق تعیین اثرات سرعت ضربه و رقم نخود بر درصد شکستگی و کاهش درصد جوانه زنی بذر پنج رقم نخود ایرانی است. که با استفاده از نتایج آن میزان حساسیت و مقاومت بذر این رقم‌ها در برابر ضربه تعیین شود و رقم یا رقم‌هایی را که از خود مقاومت بیشتری در برابر ضربه نشان دهند، شناسایی و معرفی گردند.

1. Kocbasi

مواد و روش‌ها

بذرهای مورد نیاز برای آزمایش به صورت دستی از مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، که همه در دیک مزرعه (شرایط کشت یکسان) در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ کشت بودند، برداشت و جمع آوری شدند. پس از جمع آوری، بذر رقم‌های مختلف به مدت دو ماه در انکوباتور و در شرایط محیطی یکسان (دمای پنج درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۰٪±۵۰)، قرار داده شدند تا رطوبت آن‌ها یکسان شود. زیرا میزان رطوبت بر روی میزان صدمات موثر است (Green et al.., 1966; Cain & Holmes, 1977; Paulsen et al.., 1981; Khazaei et al.., 2007). عوامل مورد مطالعه عبارت بودند از بررسی تاثیر رقم محصول و سرعت ضربه بر روی میزان صدمات وارده به بذرها در اثر ضربه. اثر عوامل مذکور به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تیمار رقم نخود (پنج سطح: آرمان، هاشم، Bivanij، ILC482 و Filip93-93) و سرعت ضربه (سه سطح: سرعت پایین ۱۰ m/s، سرعت متوسط ۲۰ m/s و سرعت بالای ۳۰m/s)، در سه تکرار، با انتخاب ۱۰۰ بذر برای هر آزمایش، بر روی میزان صدمات بذرها، مورد مطالعه قرارگرفت. کلیه آزمایشات بر روی پنج رقم نخود دیم معمول در استان لرستان و دیگر استان‌های غرب کشور انجام گرفت. قبل از انجام آزمایشات رطوبت بذرها با استفاده از آون اندازه‌گیری شد. رطوبت بذرها بر اساس پایه تر در درجه حرارت ۱۳۰ درجه سلسیوس و به مدت ۱۹ ساعت به دست آمد (Konak et al., 2002). همچنین درصد جوانه زنی اولیه بذرها تعیین و به عنوان تیمار شاهد لحاظ گردید. میانگین هندسی قطر بذر رقم‌های مورد مطالعه با اندازه‌گیری طول (قطر بزرگ)، عرض (قطر متوسط) و ارتفاع (قطر کوچک)، ۱۰۰ عدد بذر از هر رقم، که به صورت تصادفی انتخاب می‌شدند، توسط کولیس دیجیتال و با استفاده از رابطه زیر به‌دست آمد (Konak et al., 2002).

$$Gmd = (abc)^{1/3} \quad (۱)$$

در این رابطه: Gmd: میانگین هندسی قطر، (mm). a: طول (mm). b: عرض (mm) و c: ارتفاع (mm).

جرم حجمی بذرها از تقسیم وزن متوسط بر حجم متوسط آن‌ها به دست آمد (Konak et al., 2002). وزن متوسط از تقسیم وزن نمونه دانه‌ها بر تعداد آن‌ها به دست آمد (Konak et al., 2002). برای اندازه‌گیری حجم از روش جابه‌جایی مایع استفاده شد (Konak et al., 2002). حجم متوسط دانه‌ها از تقسیم حجم کل بر تعداد آن‌ها به دست آمد. هر یک از اندازه‌گیری‌های میانگین هندسی قطر، وزن و حجم در سه تکرار صورت گرفت (Konak et al., 2002).

شکل ۱، نمودار دستگاه مورد استفاده برای ضربه زنی بذرها و قسمت‌های تشکیل دهنده آن را نشان می‌دهد، که شامل موتور الکتریکی، اینورتر، صفحه دوار همراه با چهار عدد انگشتی ضربه زن و ریل و لغزنده حامل لوله‌های نگهدارنده بذر است. صفحه دوار شامل یک دیسک فلزی به قطر ۴۰ سانتی‌متر است که توسط موتور می‌چرخد. بر روی صفحه دوار چهار عدد انگشتی فلزی به طول ۲۰ و به پهنای پنج سانتی‌متر به صورت مقابل هم و در یک امتداد قرارگرفته‌اند به‌طوری که هنگام دوران صفحه، نوک انگشتی‌ها یک دایره به قطر ۶۰ سانتی‌متر را طی می‌کند. در زیر صفحه و انگشتی‌ها و به صورت موازی با محور صفحه دوار، یک ریل و لغزنده قرارگرفته است که لغزنده دارای ۱۵ عدد لوله لاستیکی انعطاف پذیر است که بر روی آن‌ها بذرها قرار می‌گیرند و برای اعمال ضربه به طرف انگشتی‌های ضربه زن هدایت می‌شوند. برای ضربه زنی بذرهای نخود، ابتدا با استفاده از اینورتر دور موتور در اندازه مورد نظر تنظیم می‌شد تا سرعت دوران انگشتی‌ها به سرعت خطی مورد نظر برسد. پس از آن، بر روی لوله‌های لاستیکی، بذرهای مورد آزمایش قرار می‌گرفت و با دست لغزنده به طرف جلو (انگشتی‌ها)، با سرعت یکنواخت، حرکت داده می‌شد تا بذرها یکی یکی در مقابل انگشتی‌ها قرارگیرند و با سرعت مورد نظر تحت ضربه قرار گیرند. بذرهای ضربه دیده به داخل کیسه‌ای پلاستیکی در جلو دستگاه پرتاب و جمع آوری می شدند و میزان صدمه دیدگی آن‌ها اندازه‌گیری شد.

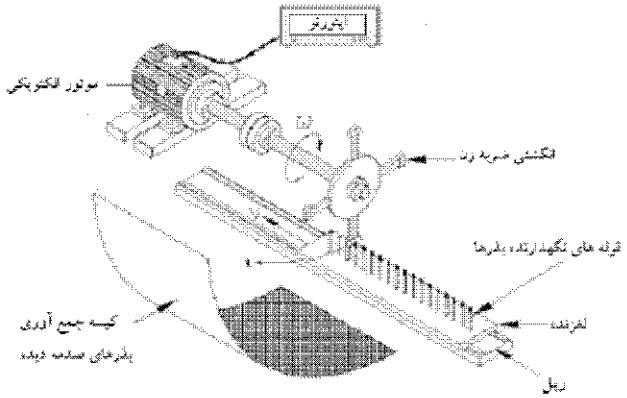
پس از واسنجی دستگاه و ضربه زنی بذرها، صدمات ظاهری و نهانی مورد مطالعه قرارگرفت. برای اندازه‌گیری صدمات ظاهری (شکستگی و ترک برداشتن دانه‌ها) ازچشم سریع استفاده شد به این صورت که در حد دید چشم دانه‌های صدمه دیده از توده دانه جدا و وزن آن‌ها به صورت درصدی از وزن اولیه نمونه بیان شد و در نتیجه درصد صدمه دیدگی ظاهری دانه‌ها با استفاده از رابطه زیر مشخص گردید (Szwed, & Lukaszuk, 2007).

$$S_b = \frac{x}{M} \times 100 \quad (۲)$$

در این رابطه: S_b درصد صدمه دیدگی ظاهری دانه‌ها، x وزن دانه‌های دارای صدمه دیدگی ظاهری، M وزن اولیه نمونه مورد آزمایش.

برای اندازه‌گیری میزان صدمات نهانی بذرها، از اندازه‌گیری درصد جوانه زنی استفاده شد و بذرهای سالم تحت آزمایش جوانه زنی قرارگرفتند و میزان کاهش درصد جوانه زنی در اثر ضربه مشخص شد. آزمایش جوانه زنی در دمای ۲۰ درجه

سلسیوس در اتاقک رشد و به مدت هشت روز به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. کل صدمات از مجموع صدمات ظاهری و صدمات به صورت کاهش درصد جوانه زنی به‌دست آمد.



شکل ۱- نمودار دستگاه مورد استفاده برای ضربه زنی بذرها و قسمت‌های آن

نتایج و بحث

جدول ۱، خصوصیات بذر رقم‌های نخود مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این خصوصیات عبارتند از: درصد رطوبت اولیه هنگام آزمایش، میانگین هندسی قطر، درصد جوانه زنی اولیه و جرم حجمی بذرها.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل رقم نخود و سرعت ضربه بر روی درصد شکستگی بذرها در سطح پنج درصد معنی دار است، در حالی که اثر هر یک از دو فاکتور بالا بر روی این صدمه در سطح یک درصد معنی دار است (جدول ۲). اثرات متقابل رقم نخود و سرعت ضربه بر روی بر روی کل صدمات (مجموع درصد شکستگی و کاهش درصد جوانه زنی) معنی دار نبوده ولی اثر هر یک از دو فاکتور بالا بر روی این صدمه در سطح یک درصد معنی دار است (جدول ۲).

نتایج کلی آنالیز داده‌های به دست آمده از ضربه زنی بذرها نشان داد که میانگین درصد شکستگی بذر رقم‌های مختلف نخود معادل ۴۴/۶۲٪ و کمترین و بیشترین مقدار شکستگی به ترتیب ۰/۱۷٪ و ۸۱/۱۷٪ بود. میانگین کاهش درصد جوانه زنی بذرها معادل ۱۲/۸۲٪ بود که به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار کاهش درصد جوانه زنی برابر ۴/۱۷٪ و۱۹/۲۰٪ بود. همچنین میانگین کل صدمات بذرها معادل ۵۷/۴۴٪ بود، که به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار کل صدمات برابر ۴/۳۴٪ و ۳۲/۹۵٪ بود.

جدول ۱- خصوصیات بذر رقم‌های نخود مورد مطالعه.

رقم محصول (نخود)	رطوبت اولیه (درصد)	میانگین هندسی قطر (mm)	جوانه زنی اولیه (درصد)	جرم حجمی ($kg.m^{-3}$)
آرمان	۸/۹۱	۷/۴۹	۹۲/۱۶	۱۰۶۱/۹۲
هاشم	۸/۲۵	۷/۳۵	۹۴/۸۰	۱۱۰۸/۸۰
Bivanij	۷/۹۸	۸/۱۰	۹۵/۴۸	۱۲۱۸/۸۸
ILC 482	۸/۱۸	۷/۵۵	۹۳/۱۲	۱۱۶۵/۱۹
Filip 93-93	۸/۳۲	۷/۵۸	۹۶/۷۲	۱۰۸۱/۳۴

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثرات رقم محصول و سرعت ضربه بر صدمات وارده به بذرهای نخود.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)		
		شکستگی (٪)	کاهش جوانه زنی (٪)	کل صدمات (٪)
رقم نخود	۴	۲۹۱/۱۷**	۲۱/۱۷^{ns}	۳۶۴/۶۱**
سرعت ضربه	۲	۱۷۲۹۰/۵۹**	۲۵/۱۴^{ns}	۱۸۳۲۲/۶۸**
رقم نخود × سرعت ضربه	۸	۸۴/۳۷*	۱۵/۰۸^{ns}	۸۴/۱۹^{ns}
خطای آزمایش	۳۰	۳۲/۹۸	۲۱/۷۰	۵۴/۱۳

* و** به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪ ns بدون معنی.

با افزایش سرعت ضربه از ۱۰ به ۳۰ m/s، درصد شکستگی و کل صدمات وارده به بذرهای نخود به‌طور معنی داری افزایش یافت. نتایج آزمون دانکن نیز اختلاف معنی دار بین میانگین درصد شکستگی و کل صدمات بذرها

در هر سه سطح سرعت ضربه را در سطح ۵٪ نشان می‌دهد (جدول ۳). در سرعت پایین ترین سطح سرعت ضربه یعنی ۱۰m/s، کمترین صدمه دیدگی بذرها رخ داده است (۱۸/۹۹٪) که بیشترین مقدار آن مربوط به کاهش درصدجوانه زنی (۱۱/۹۶٪) و کمترین مقدار آن مربوط به شکستگی بذرها (۰۷/۰۳٪) بوده است (جدول ۳). در سرعت‌های ۲۰ و ۳۰ m/s، در مقایسه با سرعت ۱۰m/s، صدمات بیشتری به بذرها وارد شده است. در سرعت ۲۰ m/s، کل صدمات وارده به بذرها حدود ۳/۵۲ برابر نسبت به سرعت قبل افزایش یافته و از ۱۸/۹۹ به ۶۶/۹۹٪ افزایش یافته است که بیشترین افزایش مربوط به شکستگی بذرها بوده است. در سرعت ۳۰ m/s، بیشترین صدمه دیدگی بذرها رخ داده است و میزان صدمات نسبت به سرعت ۱۰m/s، حدود ۴/۹۲ برابر و نسبت به سرعت ۲۰ m/s، حدود ۱/۳۰ برابر افزایش یافته است (جدول ۳). این نتیجه که با افزایش سرعت ضربه، میزان صدمات وارده به بذرها افزایش یافته است، مشابه نتایج گزارش شده در مورد گندم (Bourgeous et al., 1995; Khazaei et al., 2007)، سویا (Evans et al., 1990)، نخود، ذرت، سویا و گندم (Fiscous et al., 1971)، نخود و لوبیا

(Chawla et al., 1998) و عدس (Tang et al., 1991) است.

در بین رقم های مورد مطالعه کمترین میانگین شکستگی مربوط به رقم آرمان (۳۵/۴۷٪) و بیشترین را رقم Filip93-93 (۴۸/۷۸٪) داشته‌اند و رقم‌های: Bivanij، ILC482 و هاشم به ترتیب بین این دو رقم قرارگرفته‌اند (جدول ۳). بین میانگین درصد شکستگی بذر رقم‌های: Filip93-93، هاشم، ILC482 و Bivanij اختلاف معنی دار وجود ندارد، اما این رقم‌ها با رقم آرمان اختلاف معنی دارند. در بین پنج رقم مورد مطالعه، میانگین درصد شکستگی بذرهای رقم Filip93-93، با بیشترین درصد شکستگی، نسبت به رقم‌هاشم به میزان ۰/۵۵٪، نسبت به رقم ILC482 به اندازه ۱/۱۶٪، نسبت به رقم Bivanij به اندازه ۱۳/۱۵٪ و نسبت به رقم آرمان با کمترین میزان صدمه به اندازه ۲۷/۱۹٪ (۱/۷۹ برابر) بیشتر بوده است (جدول ۳). در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که بذرهای رقم Filip93-93 بیشترین حساسیت در برابر ضربه را از خود نشان داده‌اند (جدول ۳). بنابراین باید در هنگام کوبیدن و مراحل دیگری که در آن‌ها ضربه رخ می‌دهد، در مورد این رقم دقت بیشتری به عمل آید. همچنین پیش بینی می‌شود که رقم آرمان مقاوم ترین رقم به ضربه در بین ارقام مورد مطالعه باشد و می‌توان آن را در سرعت بیشتری (در خرمن کوب) برای افزایش راندمان، کوبید. دلیل تفاوت در شکست دانه ارقام مختلف نخود ممکن است ناشی از تفاوت در شرایط آب و هوای منطقه کشت، نوع خاک، درصد مواد معدنی و آلی خاک و خواص فیزیکی و مکانیکی باشد. با توجه به این‌که بذر رقم‌های مورد مطالعه در شرایط یکسان مزرعه‌ای کشت شده بودند، لذا شرایط کشت تاثیری بر این امر نداشته و دلیل تفاوت در خواص دیگر مانند خواص فیزیکی است. یکی از فاکتورهای مهمی که میزان شکستگی بذر ارقام مختلف را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اندازه و وزن مخصوص بذرهای آن‌هاست (Chang, 1988).

در این ارتباط با توجه به نتایج به دست آمده در مورد خواص فیزیکی بذر ارقام مورد مطالعه از جمله اندازه میانگین هندسی قطر و جرم حجمی که در جدول (۱) آمده است، مشاهده می‌شود که رقم‌های: Bivanij و Filip93-93، دارای میانگین هندسی قطر بیشتری نسبت به رقم‌های دیگر هستند و صدمه پذیری آن‌ها نیز بیشتر بوده است. رقم آرمان که دارای کمترین میانگین قطر هندسی (۷/۳۵ میلی‌متر) و کمترین مقدار جرم حجمی ($kg.m^{-3}$ ۱۰۶۱/۹۲) نسبت به رقم‌های دیگر بوده است، حساسیت کمتری نسبت به ضربه داشته است. Chang (1988) معتقد است که وزن مخصوص و اندازه دانه، نیروی شکست و صدمه دیدگی آن را در برابر ضربه تحت تاثیر قرار می‌دهد و هرچه اندازه و وزن مخصوص دانه بیشتر باشد، صدمه پذیری آن بیشتر است.

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها (جدول ۲)، نشان داد که رقم نخود تاثیر معنی داری را بر روی کاهش درصد جوانه زنی بذرهای نخود در اثر ضربه نداشته است. نتیجه مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن نیز نشان داد که اختلاف معنی دار بین میانگین درصد جوانه زنی بذر رقم‌های مختلف نخود، وجود ندارد.

اختلاف بین میانگین کل صدمات وارده به بذرهای رقم‌های: Filip93-93، هاشم، ILC482 و Bivanij با رقم‌ها با آرمان در سطح یک درصد معنی دار است (جدول۳). بذرهای رقم Filip93-93، بیشترین صدمه پذیری (۶۳/۸۷٪) و بذرهای رقم آرمان کمترین صدمه پذیری (۴۷/۱۳٪)، را داشته‌اند و میانگین صدمات بذرهای رقم آرمان نسبت به رقم Filip93-93 به اندازه ۱۶/۷۴٪ کمتر بوده است. رقم‌های دیگر: هاشم، ILC482 و Bivanij، به ترتیب بعد از رقم Filip93-93 بیشترین صدمه را داشته و میزان صدمات آنها نسبت به این قم به ترتیب به اندازه: ۲/۹۹، ۴/۱۸ و ۹/۷۸٪ کمتر بوده است (جدول۳). در این قسمت نیز دلیل این امر را می‌توان در اندازه دانه‌ها دانست و رقم‌هایی که دارای دانه بزگتر بوده‌اند صدمه پذیری بیشتری داشته‌اند. Keller et al. (1972) نیز تاثیر معنی دار اندازه دانه ذرت بر درصد دانه‌های صدمه دیده در اثر ضربه را گزارش کرده‌اند. Hoki & Pickett (1973)، افزایش درصد دانه‌های شکسته شده با افزایش قطر دانه را به دلیل جرم بیشتر دانه‌های بزرگ نسبت به دانه‌های کوچک می‌دانند. آنها معتقدند که جرم بیشتر دانه سبب اعمال نیروی بیشتری به آن می‌شود و در نتیجه صدمه پذیری را افزایش می‌دهد. Sosnowski (2006)، نیز گزارش کرده است که با افزایش سرعت ضربه میزان صدمات وارده به بذرهای لوبیا افزایش یافته است و میزان صدمات به بذرهای با ضخامت بیشتر از شش میلی‌متر حدود ۱/۲ برابر بیشتر از بذرهای با ضخامت کمتر از پنج میلی‌متر بوده است.

مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل رقم نخود و سرعت ضربه نشان داد که افزایش سرعت ضربه باعث افزایش میزان شکستگی بذرها در کلیه رقم‌های مورد مطالعه شده است (جدول ۴). کمترین میانگین درصد شکستگی بذرها برابر ۲/۴۶٪ است که در ترکیب سرعت ۱۰m/s با رقم آرمان رخ داده است و بیشترین مقدار برابر ۷۶/۳۸٪ است که مربوط به ترکیب سرعت ۳۰m/s با رقم هاشم است (جدول ۴). در سرعت ۱۰m/s، در مقایسه با سرعت‌های دیگر کمترین شکستگی بذرها رخ داده است. در این سرعت کمترین میزان شکستگی بذرها مربوط به رقم آرمان

(۲/۴۶٪) و بیشترین میزان مربوط به رقم هاشم (۱۲/۸۵٪) بوده است و رقم‌های دیگر در محدوده بین این دو رقم قرارگرفته‌اند. در این سرعت اختلاف معنی‌داری بین میانگین شکستگی بذر رقم‌های مختلف وجود ندارد (در سطح ۵٪) و اختلاف بین دو رقم با حداکثر و حداقل شکستگی ۱۰/۳۹٪ است. در سرعت ۲۰m/s، علاوه بر این‌که میزان شکستگی بذر رقم‌های مختلف نسبت به سرعت قبل افزایش یافته است، اختلاف بین میزان شکستگی بذر رقم‌های مختلف نیز بیشتر نمایان است. در این سرعت نیز مانند سرعت قبل، رقم آرمان کمترین حساسیت را از خود در برابر ضربه نسبت به ارقام دیگر نشان داده و میزان شکستگی بذرهای آن ۳۷/۰۳٪ است و اختلاف آن با دیگر رقم‌ها معنی دار است (در سطح ۵٪). بیشترین حساسیت در این سرعت را رقم Filip93-93 داشته (۶۵/۵۱٪) که اختلاف این دو رقم ۲۸/۴۸٪ است. بعد از رقم آرمان، رقم‌های Bivanij، هاشم و ILC482 به ترتیب حساسیت کمتری را داشته و در مقایسه با رقم Filip93-93 به ترتیب به اندازه ۱۳/۱۳، ۹/۳۹ و ۲/۴۸٪ صدمه کمتری داشته‌اند (جدول ۴).

جدول ۳- مقایسه میانگین صدمات وارده به بذرها در هر یک از متغیرهای غیره وابسته بر اساس آزمون دانکن

متغیر غیر وابسته	متغیر وابسته (صدمه وارده به بذرها)	
	شکستگی بذرها (٪)	کل صدمات(٪)
سرعت ضربه (m/s)		
۱۰	۷/۰۳ c	۱۸/۹۹ c
۲۰	۵۴/۸۲ b	۶۶/۹۹ b
۳۰	۷۲/۷۱ a	۸۷/۰۰ a
رقم نخود		
آرمان	۳۵/۴۷ b	۴۷/۱۰ b
Bivanij	۴۳/۴۳ a	۵۷/۱۰ a
ILC482	۴۸/۱۶ a	۵۹/۶۵ a
هاشم	۴۸/۴۵ a	۶۰/۵۳ a
Filip 93-93	۴۸//۷۸ a	۶۴/۹۹ a

در هر ستون، میانگین سطوح هر فاکتور که دارای یک حرف مشترک باشند، تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ ندارد.

در سرعت ۳۰m/s، که بحرانی ترین سرعت می‌باشد، همه رقم‌های نخود بیشترین درصد شکستگی را نسبت به دو سرعت قبل دارند اما اختلاف بین میانگین شکستگی بذر رقم‌های مختلف معنی دار نبوده و کمتر از سرعت ۲۰m/s است (جدول ۴). در این سرعت نیز ترتیب حساسیت بذر رقم‌های مختلف مانند سرعت ۱۰ m/s است و همان ترتیب حاصل شده است و در آن رقم آرمان کمترین (۳۳/۷۸٪) و رقم هاشم بیشترین (۷۶/۳۸٪) شکستگی بذرها را داشته‌اند. قبل از رقم هاشم از لحاظ میزان صدمه، به ترتیب رقم‌های: Filip93-93،Bivanij، و ILC482 قرار دارند که البته اختلاف صدمه آنها با این رقم زیاد نبوده و به ترتیب برابر: ۴/۶۵، ۲/۱۵ و ۲/۰۵٪ است (جدول ۴).

با توجه به مطالب بالا مشاهده می‌شود که با افزایش سرعت ضربه، میزان ضایعه ناشی ازشکستگی بذرها افزایش داشته است اما رقم‌هایی که دارای دانه درشت‌تر بوده‌اند در هر سه سرعت صدمه پذیری بیشتری داشته‌اند. به‌طور متوسط درصد شکستگی دانه‌ها در رقم‌های دارای دانه‌های درشت (مانند Filip93-93) حدود دو برابر آن در رقم‌های دارای دانه‌های ریز (آرمان) بود. این مسئله را می‌توان از بعد انرژی بررسی کرد. با توجه به این که دانه‌های درشت‌تر به دلیل زیاد بودن سطح تماس با قسمت ضربه زننده، ظرفیت جذب انرژی بالاتری دارند، با برخورد انگشتی‌های ضربه زن انرژی جنبشی آنها سریعا افزایش یافته و به حد مورد نیاز برای شکست می‌رسد و بیشتر شکسته شده و صدمه می بینند. Paulsen (1978) معتقد است که دانه دارای ظرفیت جذب انرژی معینی است که اگر فراهم شود شکست اتفاق می‌افتد. Kirk & McLeod (1967) نیز میزان جزب انرژی را معیاری برای شکست دانه در حالت ضربه می‌دانند و بیان کرده‌اند که دانه‌های درشت‌تر در حالت ضربه انرژی بیشتری را به خود جذب می‌کنند و بیشتر شکسته شده و صدمه می‌بینند.

بر اساس نتایج حاصله می‌توان توصیه کرد که برای برداشت و کوبیدن دانه‌های نخود که رطوبت آن‌ها در حدود ۸/۵٪ باشد (رطوبتی که اکثر رقم‌های مورد مطالعه هنگام آزمایش داشتند)، سرعت استوانه کوبنده خرمن کوب باید کمتر از ۱۰m/s، انتخاب شود که از شکستگی دانه‌ها جلوگیری شود. بخصوص در مورد رقم‌های: هاشم، Filip93-93 و ILC482، که در آن‌ها، در سرعت ۱۰m/s، میزان شکستگی بذرها بیشتر از پنج درصد بود. بنابراین سرعت‌های پیشنهادی توسط Seadati-Nejat (1997)، Huang & Behrozi-Lar(2002)، برای کوبیدن نخود و Klenin et al. (1986) برای محصولات غلافی که به ترتیب ۱۱/۵، ۱۷ و بین ۱۰ تا ۱۱/۵ متر بر ثانیه بوده است، سبب افزایش شدید درصد دانه‌های شکسته نخود در رطوبت حدود هشت درصد رقم‌های: هاشم، Filip93-93 و ILC482، می‌شوند. لذا سرعت‌های پیشنهادی آن‌ها برای این رقم‌ها مناسب نخواهد بود.

Khazaei et al. (2002) و Khazaei (2003)، با انجام بارگذاری دینامیک بر روی دانه‌های نخود، یک مدل ریاضی را برای تحلیل رابطه بین درصد دانه‌های شکسته با دو فاکتور سرعت کوبنده و رطوبت نخود ارائه دادند که طبق رابطه آنها، برای دانه‌های نخود با رطوبت ۸/۵٪ (رطوبتی که اکثر رقم‌های مورد مطالعه هنگام آزمایش داشتند)، و در سرعت ۱۰m/s، پیش بینی می‌شود که میزان درصد شکستگی دانه‌های نخود حدود ۶/۵۲٪ باشد. این نتیجه با آنچه که در این طرح به دست

آمد تا حدودی انطباق دارد. زیرا میانگین درصد شکستگی بذر رقم‌های مختلف در این مطالعه در رطوبت ۸/۵٪ و در سرعت ۱۰m/s، برابر ۷/۰۳٪ به دست آمد (جدول ۳). بنابراین نتایج این تحقیق، رابطه مورد نظر را تائید می‌کند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم نخود و سرعت ضربه بر روی درصد شکستگی بذرها بر اساس آزمون دانکن.

رقم نخود	سرعت ضربه (m/s)		
	۱۰	۲۰	۳۰
آرمان	۲/۴۶ g	۳۷/۰۳ f	۶۶/۸۶ abc
هاشم	۱۲/۸۵ g	۵۶/۱۲ de	۷۶/۳۸ a
Bivanij	۶/۱۶ g	۵۲/۳۸ e	۷۱/۷۳ abc
Filip93-93	۶/۶۱ g	۶۵/۵۱ bcd	۷۴/۲۳ ab
ILC482	۷/۱۰g	۶۳/۰۳ cd	۷۴/۳۳ ab

برای هر صفت، اعدادی که دارای یک حرف مشترک باشند، اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ ندارند.

بررسی داده‌های مربوط به مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل سرعت ضربه و رقم نخود بر روی کل صدمات (مجموع درصد شکستگی و کاهش درصد جوانه زنی بذرها) نشان داد که افزایش سرعت ضربه از ۱۰ به ۲۰ و ۳۰ m/s، باعث افزایش کل صدمات وارده به بذر کلیه رقم‌های نخود شده است (جدول ۵). در سرعت ۱۰m/s کمترین صدمه دیدگی را رقم آرمان (۱۰/۲۳٪) و بیشترین مقدار مربوط به رقم‌های Filip93-93 (۲۳/۱۰٪) و هاشم (۲۳/۲۸٪) است. بعد از رقم آرمان به ترتیب رقم‌های: ILC482 و Bivanij صدمه کمتری دارند (به ترتیب ۱۷/۷۲ و ۲۰/۶۵٪). در این سرعت اختلاف معنی داری بین میانگین کل صدمات بذر رقم‌های مختلف وجود ندارد (در سطح ۵٪). در سرعت ۲۰m/s، مانند سرعت قبل کمترین میانگین صدمه را رقم آرمان (۴۸/۵۶٪) داشته و اختلاف آن با دیگر رقم-ها معنی دار است (در سطح ۵٪). بیشترین مقدار صدمه را رقم Filip93-93 (۷۸/۰۹٪) داشته است و در حد فاصل این دو رقم رقم‌های: Bivanij ، هاشم و ILC482 قرارگرفته‌اند که به ترتیب دارای ۶۴/۲۲، ۶۷/۹۰ و ۷۶/۱۸٪ صدمه بوده‌اند. در این سرعت اختلاف بین دو رقم با حداقل و حداکثر صدمه ۲۹/۵۳٪ است (جدول ۵). در سرعت ۳۰m/s ترتیب قرارگیری رقم‌های مختلف از لحاظ میانگین کل صدمات مانند سرعت ۱۰ m/s است و اختلاف بین میانگین کل صدمات بذر رقم‌های مختلف معنی دار نیست (در سطح ۵٪). در این سرعت بیشترین صدمه دیدگی را رقم‌های Filip93-93 و هاشم از خود نشان داده‌اند (۹۰/۲۳٪) و کمترین حساسیت را رقم‌های آرمان و ILC482 (به ترتیب ۸۲/۶۲ و ۸۵/۱۷٪) داشته‌اند (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم نخود و سرعت ضربه بر روی کل صدمات وارده به بذرها بر اساس آزمون دانکن.

رقم نخود	سرعت ضربه (m/s)		
	۱۰	۲۰	۳۰
آرمان	۱۰/۲۳ f	۴۸/۵۶ e	۸۲/۶۲ ab
هاشم	۲۳/۲۸ f	۶۷/۹۰ cd	۹۰/۴۰ a
Bivanij	۲۰/۶۵ f	۶۴/۲۲ d	۸۶/۴۱ ab
Filip93-93	۲۳/۱۱f	۷۸/۰۹ abc	۹۰/۴۳ a
ILC482	۱۷/۷۲ f	۷۶/۱۹ bcd	۸۵/۱۷ ab

برای هر صفت، اعدادی که دارای یک حرف مشترک باشند، اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ ندارند.

نتیجه گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که صدمات وارده به بذر نخود با افزایش سرعت ضربه افزایش می‌یابد. لذا سرعت ضربه در ماشین‌های برداشت و فرآوری نخود باید در حد ۱۰ m/s باشد و سرعت‌های بالاتر از این حد باعث افزایش شدید صدمات می‌شوند. بررسی داده‌های به دست آمده از این تحقیق نشان داد که میزان صدمه پذیری بذر رقم های مورد مطالعه نخود در برابر ضربه از لحاظ شکستگی نسبت به کاهش درصد جوانه زنی بیشتر بوده است. البته در سرعت ۱۰ m/s، صدمه ناشی از کاهش درصد جوانه زنی بیشتر از صدمه شکستگی بود ولی در سرعت‌های بالای ۱۰ m/s، صدمه ناشی از شکستگی بذرها خیلی بیشتر از کاهش درصد جوانه زنی بود. لذا اگر قرار باشد که محصول برای مصرف مورد استفاده قرارگیرد، سرعت کوبنده می‌تواند در حدود ۱۰m/s باشد. اما اگر محصول به عنوان بذر برای سال‌های بعد در نظر گرفته شود باید سرعت کوبنده کمتر از ۱۰m/s انتخاب شود، خصوصا در مورد رقم‌های : Bivanij و Filip93-93، که میزان کاهش درصد جوانه زنی آن‌ها در این سرعت بیشتر از ۱۰٪ بود. نتایج نشان داد که شکستگی بذرها در برابر ضربه نسبت به حالت کاهش درصد جوانه زنی از نظم بیشتری برخوردار است و در سرعت‌های مختلف تقریبا نتایج مشابه‌ای برای ترتیب حساسیت بذر رقم‌های مختلف نخود به دست آمد به طوری که در سرعت‌های ۱۰ m/s و ۳۰ m/s که ترتیب حساسیت بذر رقم‌های مختلف کاملا یکسان بود. در حالت کاهش درصد جوانه زنی نظم چندانی وجود نداشت به جز اینکه در سرعت‌های ۱۰ و ۲۰ m/s کمترین حساسیت را رقم آرمان و در سرعت‌های ۱۰ و ۳۰ m/s بیشترین حساسیت را رقم Filip93-93 داشت. لذا فاکتور شکستگی و صدمه ظاهری می‌تواند مبنای مناسبی برای مطالعه بررسی حساسیت بذر رقم‌های دیگر نخود قرارگیرد و به نظر می‌رسد که آزمایش جوانه زنی که کاری زمان بر و پر هزینه است، معیار مناسبی نباشد. در بین رقم‌های مورد مطالعه، رقم Filip93-93 به دلیل داشتن

دانه‌های درشت دارای بیشترین صدمه دیدگی و رقم آرمان که دارای دانه‌های ریزتری است، دارای کمترین صدمه دیدگی بود و صدمات رقم Filip93-93 حدود ۱/۳۵ برابر رقم آرمان بود. لذا پیشنهاد می‌شود که رقم آرمان برای کشت ترویج شود.

REFERENCES

Baryeh, E. A. (2002). A simple grain impact damage assessment device for developing countries. *J. Food Engineering*, 56, 37–42.

Behroozi-Lar, M & Huang, B. K. (2002). Design and development of chick pea combine. *AMA*, 33(1), 35-38.

Bourgeous, L., Moes, J & Stobbe, E. H. (1995). impact of threshing on hard spring wheat seed vigor. *Canadian Journal of Plant Science*, 76, 215-221.

Cain, D. F & Holmes, R. G. (1977). Evaluation of soybean impact damage. *American Society of Agricultural Engineering. ASAE* Paper No. 77-1552, St. Joseph, MI 49085.

Chalwa, K. K., Tabil, L. G. & Likhyani, S. (1998). Impact damage to pea and beans during free fall. CSAE/SCGR Paper No. 98-312.

Chang, C. S. (1988). Measuring density and porosity of grain kernels using a gas pycnometer. *Cereal Chem*, 65,13-15.

Chavan, J. K., Kadam, S. S., & Salunkhe, D. K. (1986). Biochemistry and technology of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 25, 107–132.

Evans, M. D., Homes, R. G. & McDonald, M. B. (1990). Impact damage to soybean seed as affected by surface hardness and seed orientation. *Transactions of the ASAE*, 33(1), 234-240.

Food and Agriculture Organization. (2007). *Chickpea production in FAO*. Accessed July 10, 2007. from http://faostat.fao.org .

Fiscous, D. E., Foster, G. H. & Kaufmann, H. H. (1971). Physical damage of grain caused by various handling techniques. *Transactions of the ASAE*. 14(3), 480-485.

Grass, L & Tourkmani, M. (1999). Mechanical damage assessment in rejected durum wheat seed lots in Morocco. *Seed Sci. Tech.*, 27 (3), 991-997

Green, D.E., Cavanah, L. E. & Pinnell, E.L. (1966). Effect of seed moisture content, field weathering, and combine cylinder speed on soybean seed quality.*J. Crop science*, 6, 7-10.

Hoki, M. & Pickett, K. (1973). Factors affecting mechanical damage of navy beans. *Transactions of the ASAE*, 16(6), 1154-1157.

Keller, D. L., Converse, H. H., Hodges, T. O & Chung, D. S. (1972). Corn kernel damage due to high velocity impact. *Transactions of the ASAE*, 15(2),330-332.

Khazaei, J., Behroozi-Lar M., RajabiPour A., Mohtasebi S. (2002). Mechanical strength of chickpea grains and pods under impact loading. *CSAE* Paper No. 02-220. Mansonville, QC:CSAE

Khazaei J., Shahbazi F. & Massah, J. (2007). Evaluation and modelling of physical and physiological damage to wheat seeds under successive impact loadings mathematical and neural networks modeling. *J. Crop Science*, 48, 1532-1544.

Khazaei, J. (2003). Mechanical strength of chickpea pods and grains under static and dynamics forces. Ph.D. dissertation, University of Tehran (in Farsi).

Kirk, I. W & McLeod, H. E. (1967). Cottonseed rupture from static energy and impact velocity. *Transactions of the ASAE*. 10(2), 217-219.

Klenin, N. I., Popov, I. F & Sakun, V. A. (1986). Agricultural machines" Theory of operation, computation of controlling parameters and the conditions of operation". A. A. Balkema, Roterdam, New Delhi.

Konak, M., Carman, K & Aydin, C. (2002). Physical properties of Chickpea seeds. *Biosystems Engineering*, 82(1), 73-78.

McDonald. M. B. (1985). Physical seed quality of Soybean. *Seed Science and Technology*, 23, 601-628.

Parkobboon, N. (1982). A study of abnormal seedling development in soybean as affected by threshing injury. *Seed Science and Technology*, 10, 495-501.

Paulsen, M. R. (1978). Fracture resistance of soybeans to compressive loading. *Transactions of the ASAE*, 21(6),1210-1216.

Paulsen, M. R., Nave, W. R. & Gray, L. E. (1981). Soybean seed quality as affected by impact damage. *Transactions of the ASAE*, 24(6), 1577-1582.

Perry, J. S. & Hall, C. W. (1965). Mechanical properties of pea beans under impact loading. *Transactions of the ASAE*, 8(2),191-193.

Seadati-Nejat, D. (1997). *Design of head for chickpea harvester*. M.Sc. dissertation, University of Tehran (in Farsi).

Sosnowski, S. (2006). Reasons of mechanical damage of bean seeds under dynamic loads. *Acta Agrophysica,* 130, 1-65.

Szwed, G. & Lukaszuk, J. (2007). Effect of rapeseed and wheat kernel moisture on impact damage *Int Agrophysics*, 21, 299-304.

Tabatabaeefar, A., Aghagoolzadeh, H., & Mobli, H. (2003). Design and Development of an Auxiliary Chickpea Second Sieving and Grading Machine. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal.* Manuscript FP 03 005, Retrieved December 2003, from http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal

Tang, J., Sokhansanj, S. & Sosulski, F. (1991). Determination of the breakage susceptibility of lentil seed. *Cereal Chemistry*, 68 (6), 647-665.