مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۲/ شماره ۲/سال ۱۳۹۰/ص ۱۱٤-۱۰۱

تعیین نیروی کوبش در سه رقم متداول برنج تحت شرایط دینامیکی

عزت اله عسکری اصلی ارده و سهیلا یاوری[*,]**

[*]نگارنده مسئول، نشانی: اردبیل، خیابان دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی، تلفن: ۰۹۱۳۷۹۲۰۲۶۵، پیام نگار: s13251317@gmail.com

[**] به‌ترتیب: استادیار دانشگاه محقق اردبیلی و دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۸؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۲

چکیده

یکی از خواص زیست‌مکانیکی مهم محصول برنج که در طراحی ماشین‌های برداشت و پس از برداشت مورد استفاده قرار می‌گیرد، نیروی کوبش یا نیروی لازم برای جدا کردن دانه از خوشه است. این عامل در تعیین میزان توان مصرفی خرمنکوب‌ها و کمباین‌های برنج، بازدهی کوبش و نیز تلفات ریزش نقش اساسی دارد. در این تحقیق مقدار این نیرو در سه سطح رطوبتی (۱۲ درصد، ۱٦ درصد، و ۲۳ درصد بر پایه تر) و چهار سرعت اعمال نیرو (۵ ، ۲۰، ۳۵، و ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه)، در سه جهت متفاوت (در راستای محور طولی دانه، عمود بر وجه جلویی و عمود بر وجه جانبی) و در موقعیت‌های مختلف دانه روی خوشه (ابتدا، وسط، و انتها)، برای ارقام متداول برنج (علی کاظمی، هاشمی، و خزر) در منطقه گیلان، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با پنج تکرار مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری این نیرو از دستگاه آزمون کشش-فشار محصولات زیستی و گیره‌های نگهدارنده مخصوص استفاده شد. میانگین داده‌ها از نظر آماری مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که مقدار نیروی کوبش در ارقام مختلف تفاوت‌های معنی‌داری دارند. محتوای رطوبت محصول، نحوه اعمال نیرو، سرعت اعمال نیرو، و محل انتخاب نمونه در خوشه بر نیروی کوبش اثر معنی‌داری داشت. بیشترین مقدار میانگین نیرو ۲/٦۲۰ نیوتن در رقم هاشمی، با محتوای رطوبت دانه ۱٦ درصد بر پایه تر ، در حالت بارگذاری کششی با سرعت ۳۵ میلی‌متر بر دقیقه و در ابتدای خوشه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی

برنج، شرایط دینامیکی، نیروی کوبش

مقدمه

بازده و عملکرد مناسب یک ماشین کشاورزی هنگامی محقق می‌شود که دستگاه بر اساس شرایط و خواص فیزیکی محصول طراحی و آزمایش شده باشد. در غیر این صورت، تلفات محصول، توان و انرژی مورد نیاز برای انجام عملیات و فرآیندها نیز افزایش می‌یابد. اکثر ماشین‌های کشاورزی مورد استفاده در ایران وارداتی و یا از نمونه‌های خارجی کپی‌سازی شده‌اند و کارایی لازم را برای محصولات داخلی ندارند. از این رو تحقیق و بررسی در مورد خواص بیومکانیکی محصولات کشاورزی موجود در کشور به‌منظور طراحی، ساخت و بهینه‌سازی ماشین‌ها و تجهیزات فرآوری محصولات کشاورزی در داخل کشور ضروری و لازم به نظر می‌رسد. یکی از عوامل مهم که در طراحی ماشین‌های برداشت برنج تأثیر دارد، نیروی پیوستگی بین دانه و خوشه یا نیروی کوبش است (Lee & Huh, 1984).

با تعیین مقدار این نیرو طراحی اجزای واحد کوبش کمباین و خرمنکوب برنج، محاسبه توان مورد نیاز برای کوبش معینی از محصول و اطلاع در مورد تمایل به ریزش ارقام مختلف امکان‌پذیر می‌شود. در خرمنکوب‌هایی که

مجهز به سیستم تغذیه مکانیکی هستند و سیستم تغذیه نقش ورود و انتقال محصول در واحد کوبش را دارا است، پی بردن به مقدار این نیرو به دلیل تعیین توان لازم برای تغذیه محصول از اهمیت زیادی برخوردار است. با اندازه‌گیری حداکثر توان لازم برای کوبش ارقام مختلف به‌صورت عملی و کسر توان مورد نیاز کوبش به روش تئوری (با توجه به ظرفیت کوبش، نیروی کوبش و سرعت دورانی کوبنده و وزن هزار دانه) از آن، توان مصرفی برای غلبه بر اصطکاک در واحد کوبش ماشین‌های مربوطه تعیین و طراحی اجزای نگهدارنده محصول در واحد تغذیه مکانیکی امکان‌پذیر می‌شود (Tavakoli Hashtjin *et al.*, 2006). در این زمینه افراد زیادی تحقیقاتی را انجام داده‌اند که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

اس زوت و همکاران (Szot *et al.*, 1988) در تحقیقی اثر رقم و محل قرارگیری دانه برنج بر روی خوشه را در نیروی لازم برای جداسازی دانه از خوشه مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که رقم و محل انتخاب نمونه روی خوشه اثر معنی‌داری بر مقدار این نیرو دارد. همچنین میانگین نیروی پیوستگی دانه و خوشه در تمامی ارقام، در قسمت اتصال خوشه به ساقه (ابتدای خوشه) بیشترین مقدار و در انتهای خوشه کمترین میزان را دارا است. لی و ها (Lee & Huh, 1984) مقدار نیروی پیوستگی بین دانه و خوشه را در ارقام ژاپنی و هیبرید شده با اختلاف معنی‌داری تعیین کردند. هنگامی که نیرو در جهت طولی دانه به دم آن وارد می‌شد مقدار متوسط آن در ارقام ژاپنی تقریباً ۲ نیوتن و در ارقام هیبرید شده ۱ نیوتن گزارش گردید. در حالتی که نیروی عمود بر امتداد طولی دانه به دم آن وارد می‌شد مقدار متوسط آن به ۳۳ تا ۵۰ درصد در ارقام ژاپنی، و به ۷ تا ۱۲ درصد در ارقام هیبریدی (نسبت به حالت قبلی) کاهش می‌یافت. همچنین این تحقیق نشان داد که میانگین نیروی پیوستگی دانه در رطوبت پایین خیلی کم و بستگی به موقعیت دانه روی خوشه دارد و در اکثر نمونه‌ها مقدار نیروی مذکور از ابتدا تا انتهای خوشه کاهش می‌یابد. کاوامورا و همکاران (Kawamura *et al.*, 2002) در تعیین نیروی پیوستگی دانه برنج در ۲۰ رقم و در سطوح مختلف سرعت (اعمال نیروی کششی بر روی دانه) به این نتیجه رسیدند که سرعت اعمال نیروی کششی بر دانه تأثیر معنی‌داری بر روی نیروی مذکور ندارد. ولی محتوای رطوبت محصول بر روی نیروی مذکور اثر معنی‌داری داشته است. کاوامورا و هوریو (Kawamura & Horio, 1971) مقدار نیروی کوبش را در ارقام برنج ژاپنی ۱/۵ تا ۱/۹۹ نیوتن ولی لامپ و باچل (Lamp & Buchele, 1960) مقدار آن را ۱/۳۳ نیوتن گزارش کرده‌اند. سینگ و بورخات (Singh & Burkhardt, 1974) نشان دادند که مقدار نیروی پیوستگی بین دانه و محور آن از ۰/۳۳۳ تا ۲/۴۱۲ نیوتن متغیر می‌باشد. تفاوت این نیروها در جهت اعمال نیروی وارده، خصوصیات ارقام و رطوبت گزارش شده است. عسکری اصلی ارده (Askari Asli Ardeh, 2005) تحقیقی برای تعیین نیروی کوبش در پنج رقم متداول برنج و در شرایط شبه استاتیکی انجام داد. نتایج این تحقیق نشان داد که نحوه انتخاب نمونه در خوشه و رقم محصول در مقدار نیروی لازم برای جدا کردن دانه از خوشه مؤثر است و جهت اعمال نیرو بر روی دانه اثر خیلی معنی‌داری بر روی نیروی مذکور دارد. در حالت کلی رطوبت تأثیر معنی‌داری بر اندازه نیروی کوبش نداشت. در کلیه ارقام هنگامی‌که نیرو به‌صورت کششی در جهت محور طولی دانه به دم آن وارد می‌شد، بیشترین نیرو و هنگامی که نیرو عمود بر وجه جانبی اعمال می‌شد، کمترین نیروی کوبش مورد نیاز بود. ایچیکاوا و همکاران (Ichikava *et al.*, 1990) از دو وسیله که یکی استوانه کوبش و دیگری وسیله اندازه‌گیری نیروی کوبش بود، برای تعیین تمایل به ریزش محصول برنج استفاده کردند. در وسیله اولی، درصد میزان کوبش مقدار

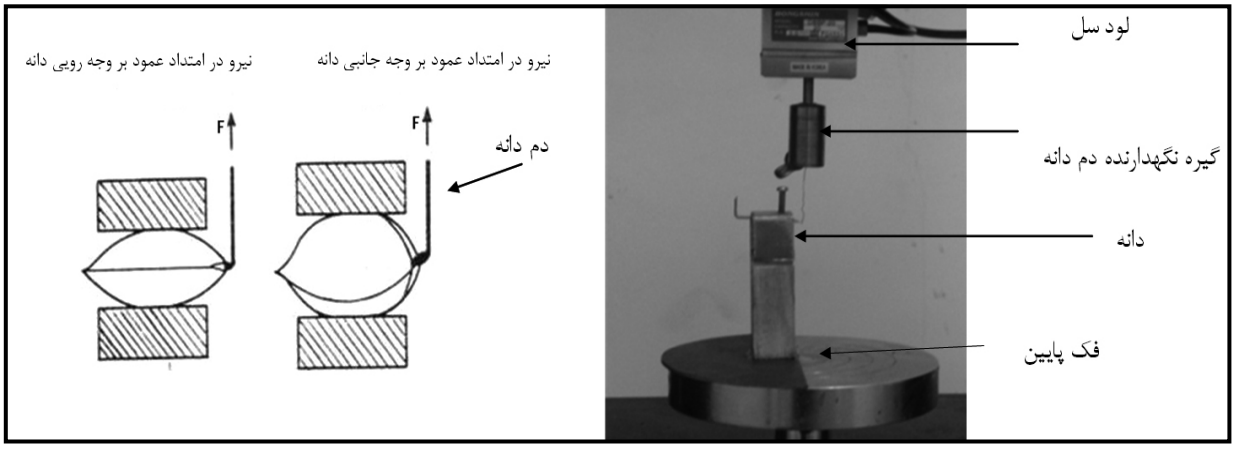
مشخصی از محصول در زمان مشخص، معیاری برای تعیین تمایل به ریزش بود. در دستگاه دوم نیروها در سه جهت مختلف (به‌صورت کششی، خمشی، و پیچشی) توسط گیره‌های مخصوص بر دانه‌ها وارد می‌شد. در آزمایش روی ارقام مختلف، نیروی اندازه‌گیری شده از ۰/۶۹۶ نیوتن تا ۲/۱۵۷ نیوتن متغیر بود.

البته برخی از محققین تأثیر سرعت بارگذاری را بر خواص مکانیکی دانه محصولات کشاورزی از قبیل مقاومت کششی، مدول کشسانی، استحکام تسلیم، تنش و کرنش گسیختگی، میزان آسیب‌دیدگی دانه یا میوه، و انرژی شکست مورد مطالعه قرار دادند. از بین آنها می‌توان به پژوهش‌های کلر و همکاران (Keller *et al.*, 1972) و فیسکاس و همکاران (Fiscus *et al.*, 1971) بر روی دانه ذرت، هال و همکاران (Hall & perry, 1965) و مینایی و همکاران (Minaei *et al.*, 2003) بر روی دانه نخود، لی و کنز (Lee & kunze, 1972) بر روی دانه برنج قهوه‌ای و افکاری سیاح و مینایی (Afkari Sayyah & Minaei, 2002) بر روی ارقام گندم اشاره کرد.

اجرای این تحقیقات نشان می‌دهد که تعیین نیروی کوبش به‌عنوان یکی از خواص مکانیکی برای دانه برنج از اهمیت خاصی برخوردار است. لذا تصمیم گرفته شد، مطالعه‌ای در خصوص تعیین نیروی کوبش در ارقام متداول استان گیلان (علی کاظمی، هاشمی، و خزر) تحت شرایط دینامیکی صورت پذیرد.

مواد و روش‌ها

برای اندازه‌گیری نیروی پیوستگی دانه در خوشه، نمونه‌ها از ارقام متداول (علی کاظمی، هاشمی، و خزر) در منطقه استان گیلان، موسسه تحقیقات برنج تهیه شدند. برای اندازه‌گیری مقدار رطوبت دانه از دستگاه رطوبت سنج دیجیتالی استفاده شد. آزمایش‌ها در سه سطح رطوبت ۱۲، ۱۶، و ۲۳ درصد بر پایه تر انجام شد. نمونه‌ها شامل دانه به انضمام دم[1] آن بود که به‌وسیله قیچی از خوشه جدا می‌شد. هر نمونه از سه بخش خوشه (بخش ابتدایی، میانی، و انتهایی) انتخاب گردید. برای اندازه‌گیری نیروی پیوستگی بین دانه و خوشه از دستگاه کشش- فشار (SMT) ساخت شرکت سنتام[2] استفاده شد. برای اندازه‌گیری نیروی پیوستگی، نمونه‌ها به سه صورت نسبت به فک نگهدارنده دانه قرار می‌گرفت. برای قرار دادن نمونه‌ها در بین فک‌های دستگاه، تجهیزات مناسبی ساخته شد. برای اندازه‌گیری نیرو در حالت عمود بر وجه جانبی و جلویی، تجهیزاتی مطابق شکل ۱ ساخته شد.

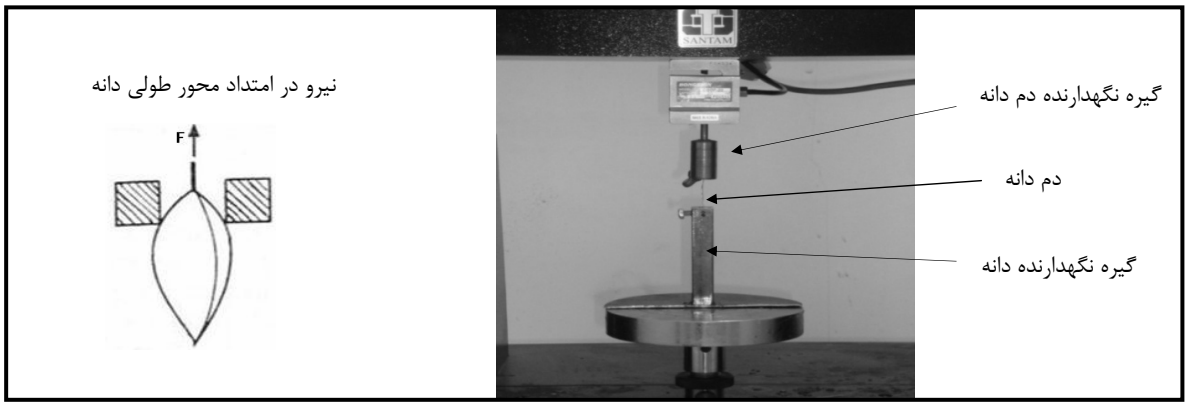


شکل ۱- نگهدارنده‌های دانه برای اعمال نیرو عمود بر وجوه جلویی و جانبی دانه و نحوه قرارگیری دانه

1- Rachilla
2- Santam company

دانه بین دو گیره مطابق شکل قرار می‌گرفت، به‌طوری که دم دانه در روزنه گیره بالا و خود دانه در گیره پایینی با پیچ ثابت می‌شد.

گیره بالایی به لودسل دستگاه اندازه‌گیری کشش- فشار مربوط می‌شد و گیره پائینی به همراه پایه آن برروی فک پائینی دستگاه کشش- فشار قرار داده شدبرای اعمال نیرو به‌صورت کششی نیز از نگهدارنده‌هایی مشابه شکل۲ استفاده گردید.



شکل ۲- نگهدارنده‌های دانه برای اعمال نیرو در راستای طولی و نحوه قرارگیری دانه

با توجه به حالات مختلف نیروی وارده بر دانه (نیرو هم جهت با امتداد طولی دانه، عمود بر وجه رویی دانه و عمود بر وجه جانبی دانه) در چهار سطح سرعت (۵ ، ۲۰، ۳۵، و ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه)، تعداد ارقام مورد آزمایش (علی کاظمی، هاشمی و خزر)، سطوح رطوبت نمونه (۱۲، ۱۶، و ۲۳ درصد بر پایه تر)، نحوه انتخاب نمونه در خوشه (ابتدا، وسط، و انتها) و تعداد تکرار هر آزمایش (۵ تکرار)، تعداد کل تیمار ها ۳۲۴ مورد و تعداد کل آزمایش‌ها ۱۶۲۰ مورد به‌دست آمد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از طرح فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و برای مقایسه میانگین اثرات اصلی و اثرات متقابل عوامل مستقل (رطوبت، سرعت، نوع بارگذاری، و محل انتخاب) از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (سطح احتمال ۵ درصد) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اعداد به‌دست آمده از آزمایش‌ها، اثرات عوامل اصلی و نیز اثرات متقابل آنها در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر عامل اصلی رقم، رطوبت، سرعت اعمال نیرو، نحوه اعمال نیرو، و محل انتخاب نمونه در خوشه بر میزان نیروی کوبش معنی‌دار است (سطح احتمال ۱ درصد). کلیه اثرات متقابل دوتایی در میزان نیروی کوبش معنی‌دار شده است. همچنین کلیه اثرات متقابل سه‌تایی به‌جز اثر رطوبت در سرعت در نحوه انتخاب نمونه در خوشه، بر میزان نیروی کوبش معنی‌دار می‌باشد. اثرات متقابل چهارتایی و پنج‌تایی نیز در میزان نیروی کوبش معنی‌دار شده‌اند (به‌علت مشکل بودن تحلیل، از ارائه نتایج اثرات متقابل چهار تایی و پنج تایی صرف‌نظر می‌شود).

جدول ۱ - نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری نیروی پیوستگی دانه شلتوک و خوشه (نیروی کوبش)

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تکرار	۴	۰/۰۵۲	۰/۰۱۳	۱/۲۳۲۷^{ns}
رقم (V)	۲	۶۱/۶۴۴	۳۰/۸۲۲	۲۹۴۲/۴۶۹۶**
رطوبت (M)	۲	۰/۳۳۳	۰/۱۶۷	۱۵/۹۱۷۷**
اثرات متقابل (V× M)	۴	۵/۹۴۰	۱/۴۸۵	۱۴۱/۷۶۸۴**
سرعت (S)	۳	۷/۶۶۶	۲/۵۵۵	۲۴۳/۹۳۷۲**
اثرات متقابل (V× S)	۶	۱/۶۲۷	۰/۲۷۱	۲۵/۸۸۰۷**
اثرات متقابل (M× S)	۶	۰/۷۵۶	۰/۱۲۶	۱۲/۰۳۵۶**
اثرات متقابل (V× M × S)	۱۲	۰/۶۶۷	۰/۰۵۶	۵/۳۰۴۸**
نوع بارگذاری (L)	۲	۲۳۱/۰۹۴	۱۱۵/۵۴۷	۱۱۰۳۰/۹۵۳۴**
اثرات متقابل (V×L)	۴	۹/۶۴۶	۲/۴۱۲	۲۳۰/۲۲۵۰**
اثرات متقابل (M×L)	۴	۰/۴۷۵	۰/۱۱۹	۱۱/۳۴۱۹**
اثرات متقابل (V×M×L)	۸	۸/۵۰۳	۱/۰۶۳	۱۰۱/۴۶۷۰**
اثرات متقابل (L× S)	۶	۱/۵۷۲	۰/۲۶۲	۲۵/۰۱۳۸**
اثرات متقابل (V× S×L)	۱۲	۲/۰۲۵	۰/۱۶۹	۱۶/۱۱۱۷**
اثرات متقابل (M× S×L)	۱۲	۱/۱۲۴	۰/۰۹۴	۸/۹۴۴۷**
موقعیت (P)	۲	۵۴/۹۰۴	۲۷/۴۵۲	۲۶۲۰/۷۸۶۴**
اثرات متقابل (V×P)	۴	۴/۵۳۵	۱/۱۳۴	۱۰۸/۲۳۹۰**
اثرات متقابل (V×M)	۴	۰/۴۲۱	۰/۱۰۵	۱۰/۰۴۳۵**
اثرات متقابل (V×M×P)	۸	۰/۷۷۰	۰/۰۹۶	۹/۱۸۲۸**
اثرات متقابل (S×P)	۶	۰/۵۲۱	۰/۰۸۷	۸/۲۹۵۷**
اثرات متقابل (V×S×P)	۱۲	۰/۶۹۴	۰/۰۵۸	۵/۵۲۰۲**
اثرات متقابل (M× S×P)	۱۲	۰/۱۵۲	۰/۰۱۳	۱/۲۱۱۰^{ns}
اثرات متقابل (L×P)	۴	۲۰/۱۵۲	۵/۰۳۸	۴۸۰/۹۵۸۴**
اثرات متقابل (V×L×P)	۸	۳/۰۰۵	۰/۳۷۶	۳۵/۸۵۹۵**
اثرات متقابل (M×L×P)	۸	۰/۷۱۴	۰/۰۸۹	۸/۵۲۱۶**
اثرات متقابل (S×L×P)	۱۲	۱/۴۸۴	۰/۱۲۴	۱۱/۸۰۴۳**
خطا	۱۲۹۲	۱۳/۵۳۳	۰/۰۱	
مجموع	۱۶۱۹	۴۴۱/۳۴۶		

** در سطح ۱ درصد معنی دار. ns معنی دار نیست.

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی بر نیروی کوبش (جدول ۲) نشان می‌دهد که با تغییر کلیه سطوح عوامل مستقل، اختلاف معنی‌داری در میانگین نیروی کوبش مشاهده شده است ولی فقط درحالتی‌که رطوبت از ۱۲ درصد به ۱۶ درصد افزایش یافته است، اختلاف معنی‌داری در میزان نیروی کوبش مشاهده نشده است.

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی بر نیروی کوبش

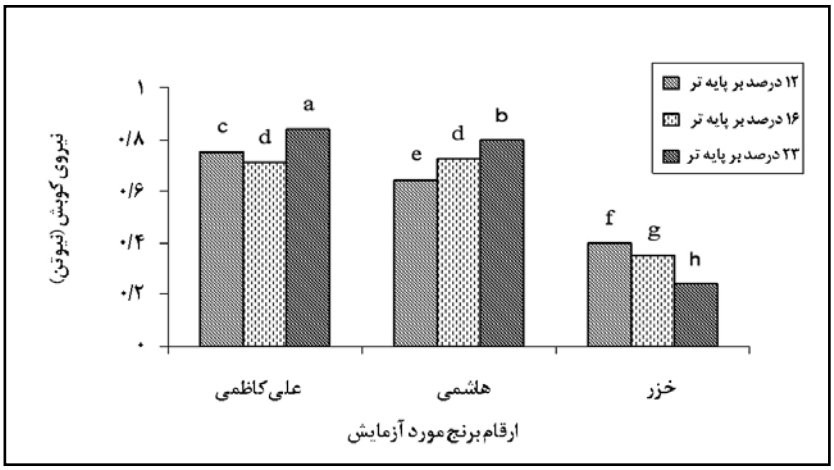
رقم و میانگین اثرات آن		رطوبت بر پایه تر و میانگین اثرات آن		سرعت اعمال نیرو (میلی‌متربردقیقه) و میانگین اثرات		نوع بارگذاری و میانگین اثرات آن		محل انتخاب نمونه در خوشه و میانگین اثرات آن	
علی کاظمی	۰/۷۶۵ a*	۲۳ درصد	۰/۶۲۷ a	۵۰	۰/۶۷۷ a	کششی	۱/۱۲۸ c	ابتدا	۰/۸۴۶ a
هاشمی	۰/۷۲۲ b	۱۶ درصد	۰/۵۹۴ b	۳۵	۰/۶۵۷ b	عمود بر وجه رویی	۰/۴۴۴ a	میانه	۰/۵۷۵ b
خزر	۰/۳۳۲ c	۱۲ درصد	۰/۵۹۸ b	۲۰	۰/۵۸۹ c	عمود بر وجه جانبی	۰/۲۴۷ b	انتها	۰/۳۹۸ c
				۵	۰/۵۰۱ d				

*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار (سطح احتمال ۵ درصد) میانگین اثرات می‌باشد.

بیشترین مقدار نیروی کوبش مربوط به رقم علی کاظمی و کمترین مقدار آن به رقم خزر اختصاص دارد و این دو رقم از لحاظ نیروی کوبش بیشترین اختلاف را دارند. علت این اختلاف ممکن است در متفاوت بودن خصوصیات فیزیولوژیکی (بافت) و مکانیکی این ارقام باشد. با افزایش سرعت، میزان نیروی کوبش نیز افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار نیروی کوبش در سرعت ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه مشاهده شد. بیشترین مقدار نیروی کوبش در حالتی حاصل شد که نیرو در راستای محور طولی دانه وارد می‌شد.

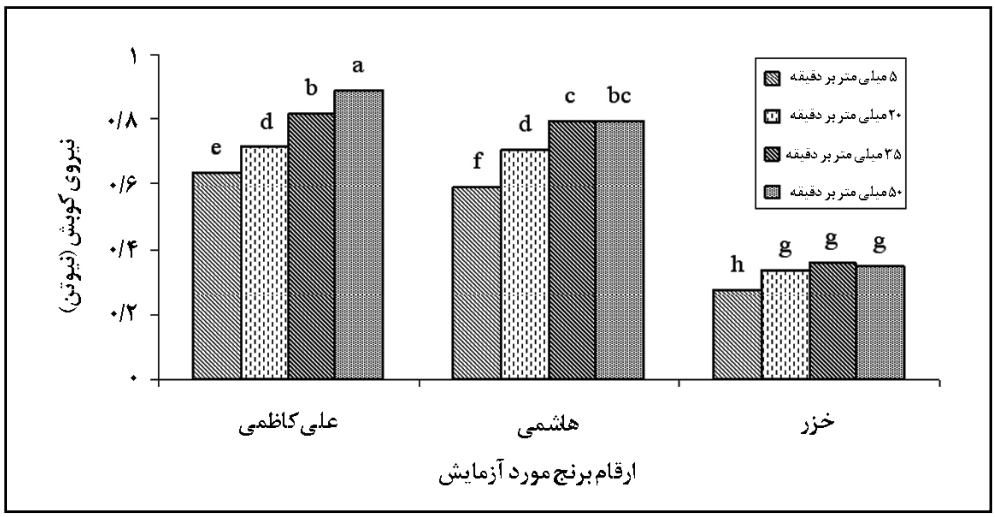
در نمونه‌هایی که از قسمت ابتدایی خوشه‌ها انتخاب شدند، نیروی کوبش بالاترین مقدار را به خود گرفت. این مقدار با نزدیک شدن به قسمت انتهایی خوشه کاهش معنی‌داری داشت. علت آن این است که دانه‌هایی که در انتهای خوشه قرار دارند زودتر می‌رسند و بعد از مدت زمانی دانه‌های ابتدای خوشه می‌رسند.

در نتیجه شرایط محیط و خیس و مرطوب شدن مکرر دانه‌ها در طول شبانه روز در مزرعه باعث کاهش استحکام دانه بر روی خوشه و ریزش دانه می‌شود (Araullo *et al.*, 1976).



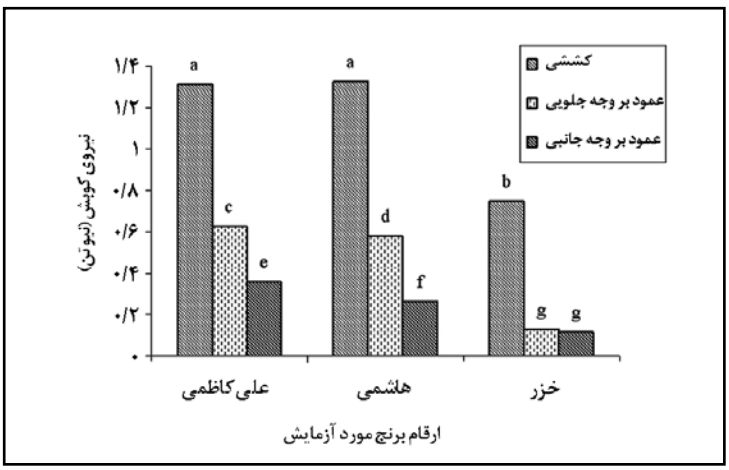
شکل ۳- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم در رطوبت (درصد بر پایه تر)
(حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار اثرات می‌باشند)

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم در رطوبت (شکل ۳) نشان می‌دهد که در کلیه ارقام با تغییر محتوای رطوبت دانه، اختلاف معنی‌داری در نیروی کوبش ایجاد شده است. در رقم علی کاظمی با کاهش محتوای رطوبتی دانه ابتدا از میزان نیروی کوبش کاسته شده ولی با کاهش بیشتر سطح رطوبت میزان نیروی کوبش افزایش یافته است. برای رقم هاشمی با کاهش سطح رطوبت، میزان نیروی کوبش کاهش می‌یابد. درحالی‌که در رقم خزر با کاهش سطح رطوبت میزان نیروی کوبش افزایش می‌یابد. کاوامورا و همکاران (Kawamura *et al*., 2002) و عسکری اصلی ارده (Askari Asli Ardeh, 2005) نیز در آزمایش‌های خود به نتایج مشابهی دست یافتند.



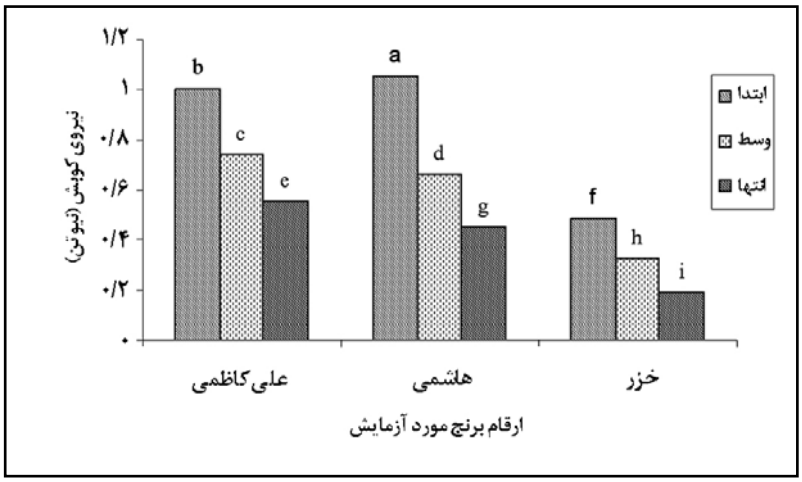
شکل ٤-نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم محصول در سرعت اعمال نیرو (میلی‌متر بر دقیقه)

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم محصول در سرعت اعمال نیرو (شکل ۴) نشان می‌دهد که در ارقام علی کاظمی و هاشمی، افزایش سرعت اعمال نیرو، از ۵ تا ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه تفاوت معنی‌داری (سطح احتمال ۵ درصد) روی نیروی کوبش این ارقام ایجاد کرده است.



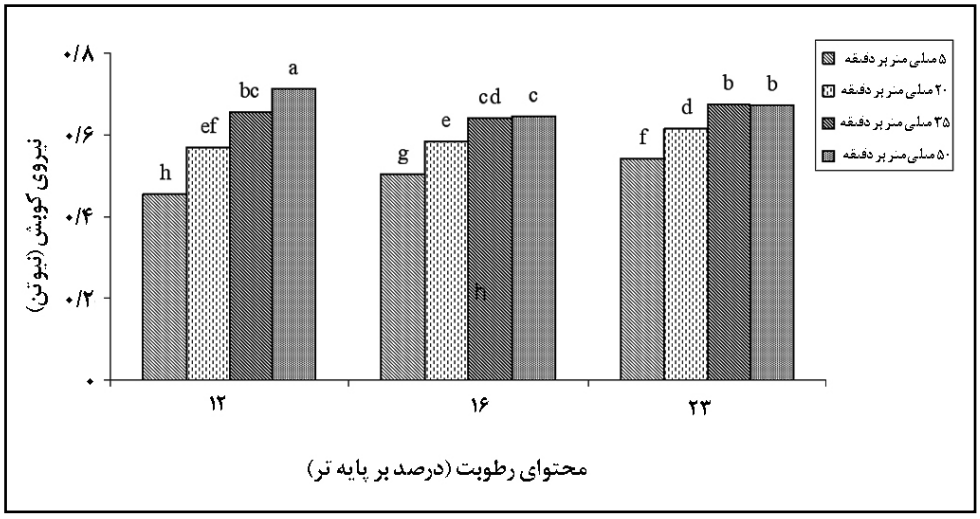
شکل۵- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم در نحوه اعمال نیرو

درحالی‌که در رقم خزر فقط با افزایش سرعت از ۵ به ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه، افزایش معنی‌داری در میزان نیروی کوبش مشاهده شده است. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم در نحوه اعمال نیرو (شکل ۵) نشان می‌دهد که با تغییر نحوه اعمال نیرو اختلاف معنی‌داری در میزان نیروی کوبش ارقام مختلف ایجاد می‌شود. در کلیه ارقام مورد آزمایش، بیشترین مقدار میانگین نیرو در حالتی مشاهده شد که نیرو به‌صورت کششی یا در راستای طولی دانه به آن اعمال شد و هنگامی که نیرو به‌صورت عمود بر وجه جانبی دانه اعمال شد کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. این نتایج با نتایج تحقیقات (Kawamura *et al.*, 2002) ، (Szot *et al.*, 1998) و (Askari Asli Ardeh, 2005) مطابقت دارد.

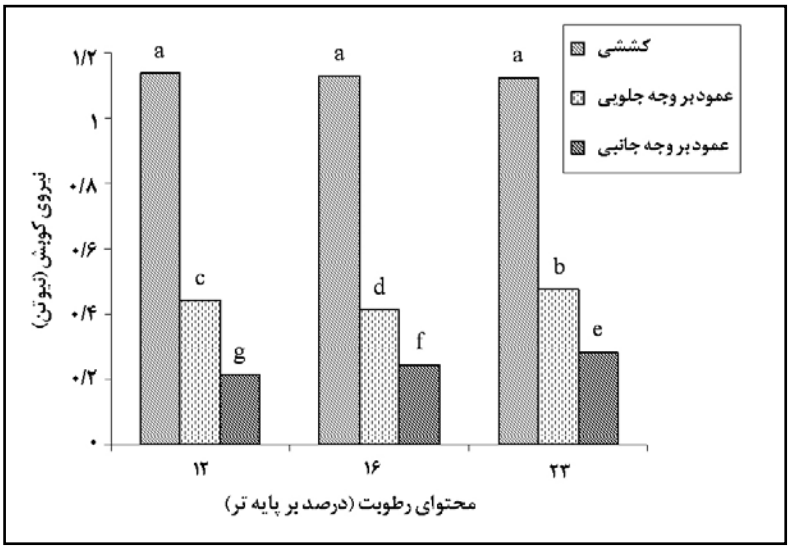


شکل٦- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم در نحوه انتخاب دانه روی خوشه

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم در نحوه انتخاب دانه روی خوشه بر میزان نیروی کوبش (شکل ۶) نشان می‌دهد که در آزمایش‌ها با کلیه ارقام، با تغییر محل انتخاب نمونه در خوشه تفاوت معنی‌داری روی میزان نیروی کوبش ایجاد شده است. در کلیه ارقام مورد آزمایش با نزدیک شدن به انتهای خوشه، مقدارمیانگین نیروی کوبش کاهش یافته است. بیشترین مقدار میانگین نیروی کوبش در این ارقام در حالتی رخ داده است که انتخاب نمونه از ابتدای خوشه (محل اتصال خوشه به ساقه) انجام گرفته است. این نتایج با یافته‌های حاصل از آزمایش‌ها (Kawamura *et al.*, 2002) ، (Szot *et al.*, 1998) و (Askari Asli Ardeh, 2005) مطابقت دارد. مقایسه اثرات متقابل درصد رطوبت محصول در سرعت اعمال نیرو (شکل ۷) نشان می‌دهد که افزایش سرعت اعمال نیرو در رطوبت ۱۲ درصد، اثر معنی‌داری روی نیروی کوبش داشته است. در رطوبت ۲۳ درصد با افزایش سرعت از ۵ به ۳۵ میلی‌متر بر دقیقه، نیروی لازم برای کوبش افزایش معنی‌داری داشته است. درحالی‌که افزایش سرعت از ۳۵ به ۵۰ میلی‌متربردقیقه اختلاف معنی‌داری روی نیروی کوبش ایجاد نشده است.

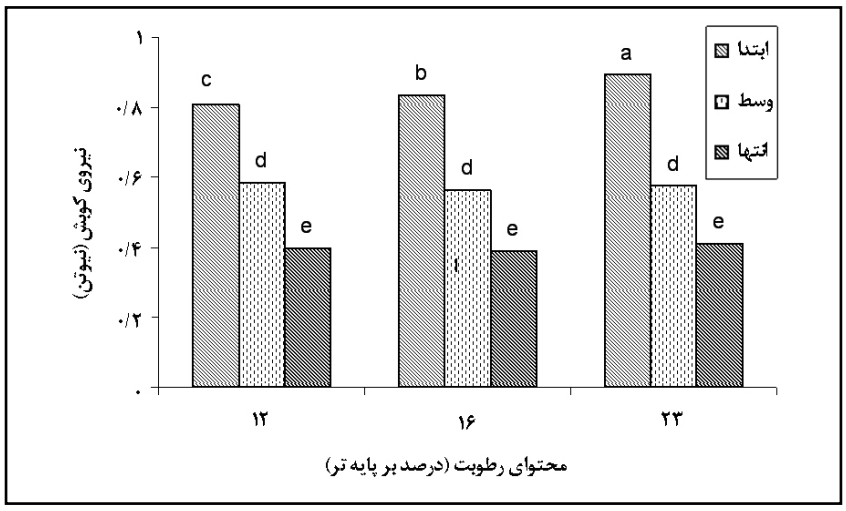


شکل ۷- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سرعت اعمال نیرو (میلی‌متر بر دقیقه) در سطح رطوبت



شکل ۸- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح رطوبت در نحوه اعمال نیرو

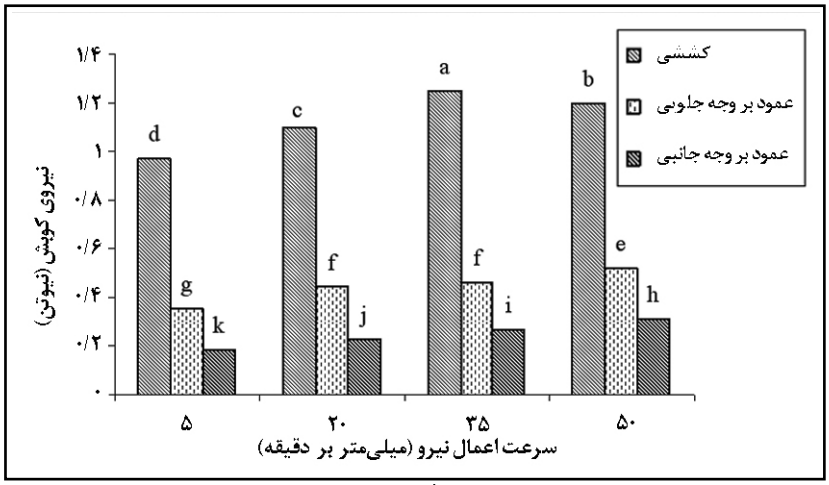
نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح رطوبت در نحوه اعمال نیرو (شکل ۸) نشان می‌دهد که در کلیه سطوح رطوبتی نحوه اعمال نیرو به دانه شلتوک اثر معنی‌داری روی نیروی کوبش دانه‌های برنج دارد. بیشترین مقدار میانگین نیرو (۱/۱۳۸ نیوتن) در حالتی به‌دست آمده است که نیرو در راستای طولی به دانه وارد می‌شد و کمترین مقدار میانگین (۰/۲۱۴ نیوتن) در حالت اعمال نیرو به‌صورت عمود بر وجه جانبی مشاهده شده است. در این حالت بیشتری مقدار میانگین نیروی کوبش برابر ۱/۱۳۸ نیوتن و کمترین مقدار ۰/۲۱۴ نیوتن در رطوبت ۱۲ درصد به‌دست آمد.



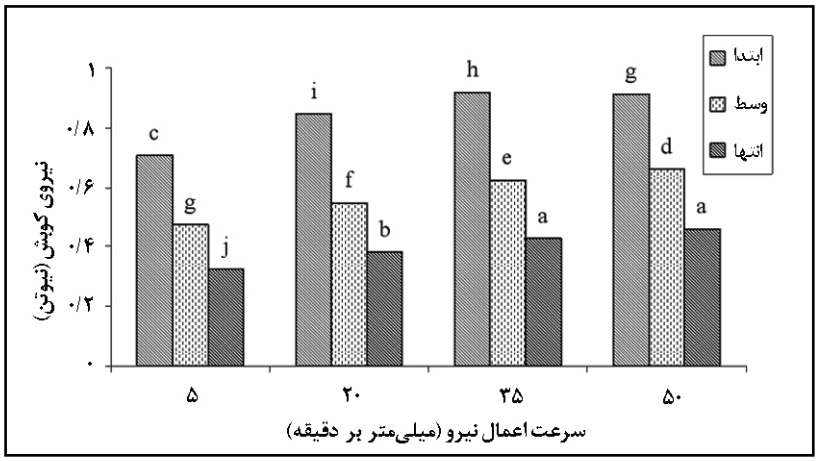
شکل ۹- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح رطوبت در محل انتخاب دانه در خوشه

نتایج مقایسه میانگین اثرات میانگین محتوای رطوبتی دانه در محل انتخاب نمونه بر روی خوشه (شکل ۹) نشان می‌دهد که در کلیه سطوح رطوبتی، با تغییر محل انتخاب نمونه در خوشه تفاوت معنی‌داری در میزان نیروی کوبش پدید می‌آید. بیشترین میزان نیروی کوبش در کلیه سطوح رطوبت زمانی حاصل شد که نمونه از ابتدای خوشه انتخاب گردید و کمترین مقدار در قسمت انتهایی خوشه روی داد. فقط در حالتی که نمونه از ابتدای خوشه انتخاب می‌شد، با تغییر محتوای رطوبتی دانه، تفاوت معنی‌داری در مقدار میانگین نیروی کوبش پدید آمده است.

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سرعت در نحوه اعمال نیرو (شکل ۱۰) نشان داد که در کلیه سطوح سرعت اعمال نیرو، نحوه اعمال نیرو بر دانه اختلاف معنی-داری در میانگین نیروی کوبش ایجاد کرده است. در کلیه سرعت‌های اعمال نیرو، مقدار میانگین نیرو در حالت اعمال نیروی کششی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و کمترین مقدار مربوط به حالت اعمال نیرو عمود بر وجه جانبی بود. کمترین مقدار میانگین برابر ۰/۱۸۲ نیوتن در سرعت ۵ میلی‌متربردقیقه و بیشترین مقدار ۱/۲۴۵ نیوتن در سرعت ۳۵ میلی‌متربردقیقه مشاهده شد.

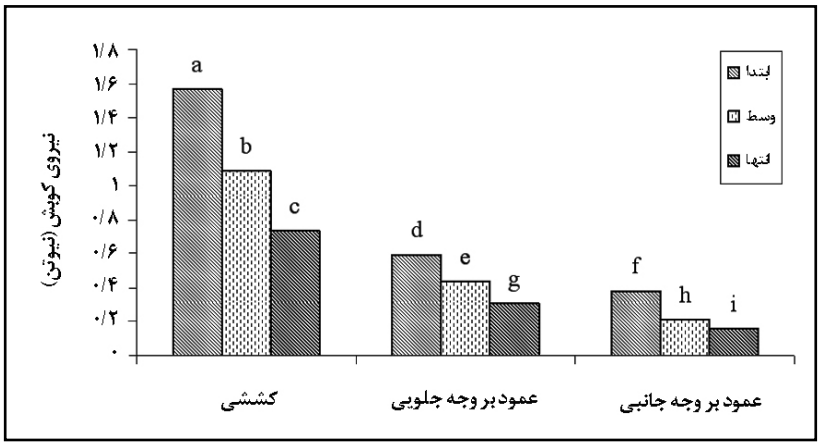


شکل ۱۰- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سرعت در نحوه اعمال نیرو



شکل۱۱- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سرعت در نحوه انتخاب دانه روی خوشه

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سرعت در نحوه انتخاب دانه بر روی خوشه (شکل ۱۱) نشان می‌دهد که محل انتخاب نمونه در خوشه در کلیه سطوح سرعت اعمال نیرو اثر معنی‌داری روی نیروی کوبش دارد. در کلیه سطوح سرعت‌های اعمال نیرو، مقدار میانگین نیرو در ابتدای خوشه بیشترین مقدار را به خود می‌گیرد.



شکل۱۲- مقایسه میانگین اثرات نحوه اعمال نیرو در نحوه انتخاب دانه در خوشه

نتایج مقایسه میانگین اثر نحوه اعمال نیرو بر نحوه انتخاب دانه روی خوشه (شکل ۱۲) نشان می‌دهد که در کلیه حالات اعمال نیرو، نحوه انتخاب دانه در خوشه، تفاوت معنی‌داری بر میزان نیروی کوبش ایجاد کرده است. بیشترین مقدار نیرو در کلیه سطوح در حالتی به‌دست آمده است که نمونه از ابتدای خوشه انتخاب شده است.کمترین مقدار میانگین نیرو در حالتی به‌دست آمده است که اعمال نیرو به‌صورت عمود بر وجه جانبی و انتخاب نمونه از قسمت انتهایی خوشه انجام شده است.

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پنج‌تایی نشان داد که بیشترین مقدار میانگین نیرو (۲/۶۲۰ نیوتن) در آزمایش‌های با رقم هاشمی، در محتوای رطوبتی دانه

۱۶ درصد بر پایه تر، در حالت بارگذاری نیرو به‌صورت کششی با سرعت ۳۵ میلی‌متر بر دقیقه و در ابتدای خوشه و کمترین مقدار نیرو (۰/۰۲۶ نیوتن)، مربوط به آزمایش‌های با رقم خزر، در محتوای رطوبتی دانه ۲۳ درصد بر پایه تر، با سرعت ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه، و اعمال نیرو به‌صورت عمود بر وجه جانبی و انتخاب نمونه در انتهای خوشه بوده است، مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

۱- نیروی کوبش یا نیروی لازم برای جداکردن یک دانه از خوشه در ارقام مختلف مورد آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند. پس توان مورد نیاز برای کوبیدن محصول و نیز قابلیت ریزش این ارقام برنج بستگی به نوع رقم دارد و بیشترین مقدار توان مورد نیاز به رقم علی کاظمی اختصاص دارد.

۲- در آزمایش‌های با ارقام هاشمی و علی کاظمی، نیروی کوبش محصول تر (با محتوای رطوبتی دانه ۲۳ درصد بر پایه تر که تقریباً معادل محتوای رطوبتی برداشت مستقیم برنج به‌وسیله کمباین می‌باشد) بیشتر از نیروی کوبش محصول به‌صورت خشک (محتوای رطوبتی دانه ۱۲ درصد بر پایه تر) می‌باشد. پس توان مورد نیاز کوبش این دو رقم محصول به‌صورت تر بیشتر از محصول خشک است. ولی در آزمایش‌های با رقم خزر با افزایش محتوای رطوبتی دانه، نیروی کوبش و در نتیجه توان مورد نیاز به منظور کوبش محصول کاهش می‌یابد.

۳- چگونگی اعمال نیرو بر دانه جهت گسیختن آن از خوشه بر مقدار نیروی کوبش تأثیر دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، اگر بر دانه به‌صورت خمشی (عمود بر وجه جانبی دانه) نیرو وارد شود، نیروی مورد نیاز نسبت به حالت کششی، ۷۸ درصد کاهش خواهد یافت. در نتیجه به همین نسبت توان مورد نیاز برای جدا کردن دانه از خوشه نیز کاهش خواهد یافت.

مراجع

Afkari Sayyah, A.H. and Minaei, S. 2002. Investigation of some wheat grain mechanical properties and it's relation with grain hardness. Proceeding of Second National Congress on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Karaj, Iran. (in Farsi)

Araullo, E., Padda V. and Graham, M. 1976. Rice post- harvesting Technology. International Development Research Center. Ottawa.

Askari Asli Ardeh, E. 2005. Determination of threshing force of three common rice varieties in Gilan. J. Sci. Technol. 3(4): 23-29.

Ficus, D.E., Foster, G.H. and Kaufmann, H.H. 1971. Physical damage of grain caused by various handling techniques. Trans. ASABE. 14(3):480-485

Ichikawa, T., Sugiyama, T., Takahashi, H. and Miyahara, S. 1990. Equipment for quantitative measurement of shattering habit of paddy. JARQ. 24, 34-42.

Hall, C.W. and Perry, J.S. 1965. Mechanical properties of pea beans under impact loading. T. ASAE. 15, 330-332.

Kawamura, T., Shoji, K. and Tokuda, M. 2002. Measurement of force for detaching single grain of rice. JSAM. 64(1): 280-285.

Kawamoura, N. and Horio, H. 1971. A basic study on harvesting of standing grain. J. Soc. Agric. Mach. 33(2): 156-162

Keller, D.L., Converse, H. H., Hodges, T.O. and Chang, D.S. 1972. Corn kernel damage due to high velocity impact. T. ASAE. 15, 330-332.

Lee, S.W. and Huh, Y.K. 1984. Threshing and cutting force for Korean rice. General T. ASAE. 27(6): 1654-1657.

Lee, K.W. and Kunze, O.R. 1972. Temperature and moisture effects on mechanical properties of rice. T. ASAE. 72-338.

Lamp, B.J. and Buchele, W.F. 1960. Centrifugal threshing of small grains. T. ASAE. 3(2): 24-28.

Minaei, S., Zaki Dischi, H. and AfkariSayyah, A.H. 2003. Determination of mechanical physical properties of chickpea kernel in relationship with quantitative losses. Proceeding of First National Symposium on Losses of Agricultural Products. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (in Farsi)

Tavakoli Hashtjin, T., Askari Asli Ardeh, E. and Minaei, S. 2006. Design and fabrication of a rice automatic head feed thresher and evaluation of it's threshing unit. J. Agric. Sci. Nat. Resour. 13(1): 155-168.

Singh, K.N. and Burkhardt, T.H. 1974. Rice plant properties in relation to lodging. T. ASAE. 17(6): 1169-1172.

Szot, B., Ferrero, A; and Molenda, M. 1998. Binding force and mechanical strength of rice grain. Int. Agrophysics. 12; 227-230.

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.12/No.2/2011/P: 101-114*

Determination of Threshing Force of Three Common Rice Varieties under Dynamic Conditions

E. Askari Asli-Ardeh and S. Yavari*

* Corresponding Author: M.S. students, Department of Agricultural Machinery, College of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil. E-mail: s13251317@gmail.com
Received: 29 May 2010, Accepted: 22 January 2011

An important biomechanical property of the rice crop for harvesting and post harvesting machines is the threshing, or requirement, force that detaches grain from panicle. This has a principal effect on the power requirements of threshers and combines, threshing efficiency and shattering loss. In this study, tension and pressure testing instruments and specialized clamps were used to measure the detachment force. This force was analyzed in Gilan province for three common paddy rice varieties (*Hashemi, Khazar, Hybrid*), three moisture content levels (12, 16, 23% w.b.), four speeds (5, 20, 35, 50 mm/min), three directions of force applied to the rice grain (parallel to grain, perpendicular to front of grain, perpendicular to side of grain) and three panicle areas (upper, middle, lower). A randomized complete block design was applied to analyze the data with five replications and the data means were compared statistically. The results of the analysis of variance showed that threshing force is significantly different in the tested varieties. The grain moisture content, direction of applied force, speed of applied force and selection location of spikelet (grain) on panicle also significantly affected the threshing force. The highest threshing force (2.62 N) was obtained for the *Hashemi* variety with a grain moisture content of 16% (w.b.) where the direction of applied force was parallel to the grain (tensile) at a speed of 35 mm/min to the upper portion of the panicle.

Keywords: Dynamic condition, Paddy rice, Threshing force