مجله علوم کشاورزی ایران
جلد ۳۵، شماره ۲، سال ۱۳۸۳ (۵۲۹-۵۱۷)

تعیین نیرو و انرژی لازم برای کندن غلاف نخود بعنوان معیاری برای ارزیابی مقاومت به ریزش

جواد خزائی[۱]، سعید محتسبی[۲]، علی رجبی پور[۳] و منصور بهروزی لار[٤]
۱، ۲، ۳، ٤، دانشجوی سابق دوره دکتری، استادیاران و استاد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۱۰/۱۷

خلاصه

در این تحقیق اثرات رطوبت غلاف، سرعت و جهت اعمال نیرو بر مقدار نیرو و انرژی لازم برای کندن غلافهای سه رقم نخود (بیونیژ، کاکا و جم) مطالعه شد. برای اعمال نیرو به غلافها، از ماشین کشش و فشار اینسترون بهره گرفته شد. تاثیر هر سه فاکتور مورد مطالعه، بر نیرو و انرژی مصرفی برای کندن غلافها معنی دار شد. با کاهش رطوبت از ۵۰٪ تا ۲۵ ٪ ، نیرو و انرژی لازم برای کندن غلافها افزایش، ولی پس از آن بطور معنی‌داری کاهش یافت و در ۸٪ به کمترین مقدار رسید. میانگین نیرو و انرژی لازم برای کندن غلافهای با رطوبت ۲۵٪ به ترتیب ٦/۸۲ نیوتن و ۱۹/٤۰ میلی ژول تعیین شد. مقادیر متناظر برای رطوبت ۸٪ به ترتیب معادل ۱/۱۹ نیوتن و ٤/۹۳ میلی ژول بود. بنابراین ارزیابی مقاومت به ریزش غلافهای نخود بر اساس نیرو و انرژی لازم برای کندن آنها نشان می دهد که در رطوبت ۲۵٪، غلافهای نخود بیشترین مقاومت را به ریزش خواهند داشت که برای برداشت مناسب است. البته برداشت محصول در این سطح رطوبت بیشترین توان را نیازمند است. با افزایش سرعت اعمال نیرو، نیرو و انرژی لازم برای کندن غلافها بطور معنی دار کاهش یافت. میانگین نیرو و انرژی لازم برای کندن غلافهای نخود دیم بیونیژ به ترتیب ٤/۷ نیوتن و ۱٤/۲۵ میلی ژول بود که بطور معنی داری بیشتر از آن برای دو رقم دیگر بودند. بنابراین انتظار می رود که این رقم نسبت به دو رقم دیگر، مقاومت بیشتری در مقابل ریزش داشته باشد. نیرو و انرژی لازم برای کندن غلافها در جهت پایین سو بطور معنی داری کمتر از آن در جهت بالاسو بود. البته در رطوبت ۸٪ این اختلاف معنی دار نشد.

واژه‌های کلیدی: **غلاف نخود، کندن، نیرو، انرژی، خواص فیزیکی و مکانیکی**

مقدمه

یکی از مشکلات عمده محصولات دانه‌ای، ریزش دانه‌ها (یا غلافها) است که ممکن است قبل یا در حین برداشت بوجود آید. کادکول و همکاران (۱۹۸۴)، عوامل موثر در ریزش دانه‌ها را، برخورد شاخ و برگ بوته‌ها و یا اجزاء ماشین با دانه‌ها، نیروی باد و تنشهای داخلی ناشی از اثرات دما و خشک شدن محصول می‌دانند. براین‌اساس، هوگ (۱۹۷۵) معتقد است که تلفات ناشی از ریزش دانه‌ها را می‌توان با تنظیم دقیق ادوات برداشت، انجام به موقع عملیات و مدیریت صحیح مزرعه‌کاهش داد.

هوگ (۱۹۷۲)، نیرو و انرژی لازم برای جدا کردن دانه از خوشه را دو خصوصیات مهم آگروفیزیکی مواد کشاورزی می‌داند که می‌توانند برای ارزیابی مقاومت به ریزش دانه‌ها و طبقه بندی محصولات از نظر مقاومت به ریزش و در نهایت تولید ارقام مقاوم به ریزش استفاده شوند. رزنیسک (۱۹۷۰) نیز معتقد است که دانستن نیرو و انرژی لازم برای کندن دانه (یا غلاف) محصولات کشاورزی برای بررسی روشهای جدید برداشت و نیز محاسبه انرژی لازم برای ادوات برداشت ضروری است. بلاهووک و

مکاتبه کننده: جواد خزائی

Archive of SID
www.SID.ir

همکاران (۱۹۹۵) نیز معتقدند که انتخاب طرح مناسب برای برداشت محصولات کشاورزی و طراحی دقیق اجزاء ماشین برداشت، نیازمند اطلاعاتی در مورد نیروی کندن محصول است. یکی دیگر از کاربردهای ستاده‌های این نوع بررسی‌ها در تنظیم یا زمان کاربرد ماشین‌های برداشت می‌باشد. به نحوی که راننده کمباین به تناسب تغییر در رطوبت محصول، تنظیمات کمباین را به تناسب تغییر دهد (۸). همین اعمال نظرها را در مورد کمباین نخود نیز می‌توان معمول داشت.

دانستن نیرو و انرژی لازم برای کندن غلافهای نخود، ضمن آنکه برای تعیین مقاومت به ریزش غلافها مفیدند، برای طراحی و بهینه‌سازی ماشین برداشت خوشه چین نخود نیز ضروری‌اند. کمباین‌های خوشه چین[1] که ساختمان و طرز کاری متفاوت با کمباین‌های معمولی دارند برای برداشت غلات و حبوبات عرضه شده‌اند (۱۳، ۱۹). این کمباین‌ها بصورت‌های مختلفی ساخته شده‌اند ولی اصول کار همه آنها بر اساس کندن غلاف یا دانه محصولات کشاورزی است (۱۳، ۱۹). در ایران یک نمونه کمباین خوشه چین که برای برداشت نخود طراحی و ساخته شده است موجود است (۵).

بررسی منابع نشان داد که اطلاعاتی در زمینه تعیین بعضی خواص بیومکانیک نخود موجود است (۲، ۴). البته در خصوص تعیین نیرو و انرژی لازم برای کندن غلاف نخود اطلاعاتی یافت نشد. بنابراین در صورت تلاش برای مکانیزه کردن عملیات برداشت این محصول ضرورت تعیین این خواص احساس می‌شود. یافته‌های قبلی نشان می‌دهند که نیرو و انرژی لازم برای کندن دانه (یا غلاف) محصولات کشاورزی تابعی از رطوبت محصول و جهت اعمال نیرو بوده‌اند (۱۲، ۱۵، ۱۶، ۱۸). هوگ (۱۹۷۵) معتقد است که انرژی مصرفی برای کندن غلافها (E_{sf}) را می‌توان بصورت زیر تخمین زد:

$$E_{sf} = \frac{1}{2}\frac{\sigma_r^2}{E} \qquad (۱)$$

که در آن:

σ_r -تنش در لحظه شکست، مگاپاسکال

E -مدول الاستیسیته، مگاپاسکال

او در این رابطه، مدول الاستیسیته و تنش در لحظه شکست را تابعی از رطوبت می‌داند. بنابراین او معتقد است که انرژی کل (E_{sf}) مورد نیاز برای کندن غلافهای سویا را می‌توان بصورت تابعی چند جمله ای از رطوبت محصول بصورت زیر ارائه کرد:

$$E_{sf} = \frac{\left[A + BM + CM^2\right]^2}{2(a + bM)} \qquad (۲)$$

او همچنین رابطه بین تلفات ریزش مزرعه‌ای و نیروی کندن غلاف را بصورت تابعی خطی گزارش کرد.

برای اندازه‌گیری نیروی کندن دانه (یا غلاف) محصولات کشاورزی، می‌توان از روش مستقیم یا غیر مستقیم استفاده کرد. در روش غیر مستقیم، نیرو بصورت نیروی گریز از مرکز یا نیروی ناشی از شتاب به دانه وارد می‌شود. در این روش ساقه (یا خوشه) حامل دانه‌ها، بصورت شعاعی در محیط یک استوانه دوار متصل می‌شود. حرکت دورانی استوانه سبب اعمال نیروی گریز از مرکز به دانه می‌گردد که تمایل به کندن دانه به سمت خارج دارد. اگر سرعت دورانی استوانه به اندازه‌ای افزایش یابد که سبب جدا شدن دانه از ساقه (یا خوشه) گردد، نیروی متناظر با آن به عنوان نیروی کندن دانه شناخته می‌شود که با معلوم بودن جرم دانه و سرعت دورانی استوانه، مقدار آن قابل محاسبه است. لامپ و باچلی (۱۹۶۰) با استفاده از این روش، نیروی کندن دانه و غلاف بعضی محصولات کشاورزی را تعیین کردند.

در روش مستقیم، دانه یا غلاف توسط فک خاصی که امتداد آن به یک نیروسنج متصل است با سرعت معینی کشیده می‌شود تا کنده شود و همزمان نیروی کندن اندازه‌گیری می‌شود. بررسی تحقیقات انجام شده نشان داد که برای اندازه گیری نیروی کندن دانه محصولات کشاورزی، بیشتر از این روش استفاده شده است. لی و هو (۱۹۸۴)، با استفاده از این روش، نیروی کندن دانه شلتوک را در سطوح مختلف رطوبت دانه و جهت اعمال نیرو بدست آوردند. آنها دریافتند که جهت اعمال نیرو اثر معنی‌داری بر مقدار نیروی کندن داشت که برای تعیین جهت تغذیه خوشه‌های برنج به درون کوبنده‌های برنج مهم است. رزنیسک (۱۹۷۱)، نیز با روش مستقیم، انرژی مصرفی برای کندن دانه‌های جو و گندم در محدوده رطوبت‌های ۱۸٪-۱۹٪ را بین ۱۴- ۱۶/۸ میلی ژول تعیین کرد. در این

1. Head Stripper

Archive of SID

www.SID.ir

آزمایشات سرعت کندن دانه معادل ۵۱۰ میلیمتر بر دقیقه بوده است.

در حال حاضر با وجود ماشین‌های آزمون اینسترون، مواردی از مجهز کردن آنها به فک‌های نگهدارنده دانه به منظور اندازه‌گیری نیرو و انرژی لازم برای کندن دانه و غلاف محصولات کشاورزی گزارش شده است (۱۰، ۱۸). سینق و بورخاردت (۱۹۷۴) توسط یک دستگاه آزمون اینسترون نیروی کندن دانه‌های چهار رقم برنج را در سرعت بارگذاری ۵ میلیمتر بر دقیقه تعیین کردند. آنها در این آزمایشات، تاثیر غیر معنی دار رطوبت بر نیروی کندن را نتیجه گرفتند. ضمنا اختلاف بین نیروی کندن دانه ارقام مختلف را معنی دار گزارش کردند.

کادکول و همکاران (۱۹۸۴)، نیز با استفاده از دستگاه اینسترون، غلاف کلزا را بصورت تیر یک سر گیردار آزمایش و گشتاور خمشی در انتهای غلاف و انرژی مصرفی برای شکستن انتهای غلاف را اندازه‌گیری و آنها را به عنوان معیارهایی برای ارزیابی مقاومت به ریزش غلافها بکار بردند. ضمنا آنها سفتی غلاف (یعنی نسبت حداکثر گشتاور خمشی در نقطه شکست به زاویه تغییر شکل انتهای غلاف) را تعیین کردند. آنها آزمایشات را با دستگاه آزمون اینسترون و در سرعت بارگذاری ۵۰ میلیمتر بر دقیقه انجام دادند. مشاهدات مزرعه‌ای آنها نشان داد که دو فاکتور گشتاور خمشی و انرژی مصرفی، معیارهای دقیق تری برای ارزیابی مقاومت در مقابل ریزش دانه بوده اند.

با توجه باینکه هیچ منبعی در خصوص تعیین نیرو و انرژی لازم برای کندن غلاف نخود یافت نشد، بنابراین اهداف این تحقیق شامل بررسی تاثیر رطوبت غلاف، سرعت کندن و جهت اعمال نیرو بر نیرو و انرژی لازم برای کندن غلاف‌های سه رقم نخود است.

مواد و روش‌ها

برای اعمال نیرو به غلاف نخود و جدا کردن آن از ساقه از ماشین کشش-فشار اینسترون بهره گرفته شد. این ماشین دارای نیرو سنجی به ظرفیت ۱ کیلو نیوتن و دقت ۰/۰۱ نیوتن بود. چون گرفتن غلاف در فک بالایی دستگاه کشش به لهیدگی آن منجر می‌گشت بنابراین برای کندن غلافها، از مکانیزمی شبیه شکل ۱ استفاده شد که به فک بالایی دستگاه آزمون اینسترون متصل می‌شد (شکل ۲). برای هر آزمایش، قسمت پائین ساقه در فک پایین دستگاه آزمون محکم گرفته می‌شد. غلاف نیز در داخل شکاف مکانیزم مورد نظر قرار می‌گرفت و سپس با سرعت معینی که از قبل بر روی دستگاه اینسترون تنظیم می‌گشت موازی با محور طولی ساقه بالا کشیده می‌شد تا اینکه کنده شود. همزمان با اعمال نیرو به غلاف، توسط کامپیوتر متصل به دستگاه آزمون، نمودارتغییرات نیرو– تغییر طول دم غلاف رسم می‌گردید که بیشترین نیروی کندن غلاف از این نمودار معلوم می‌گشت (شکل۳). انرژی مصرفی برای کندن غلاف نخود نیز با اندازه‌گیری سطح زیر این منحنی محاسبه گردید. نیرو و انرژی لازم برای کندن غلاف در دو جهت به سمت بالا(بالا سو) و به سمت پائین(پائین سو) اندازه‌گیری شد (شکل ۴).

در این تحقیق، آزمایشات با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با ۲۰ تکرار انجام و اثرات رطوبت غلاف در چهار سطح ۸٪، ۱۵٪، ۲۵٪ و ۵۰٪ ، بر مبنای تر، سرعت اعمال نیرو در سه سطح ۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی‌متر بر دقیقه و جهت اعمال نیرو در دو جهت به سمت بالا و پائین، بر نیرو و انرژی مصرفی برای کندن غلافهای سه رقم نخود ایرانی (بیونیژ دیم کرمانشاه، کاکا دیم کنگاور و جم آبی کرج) مطالعه شد.

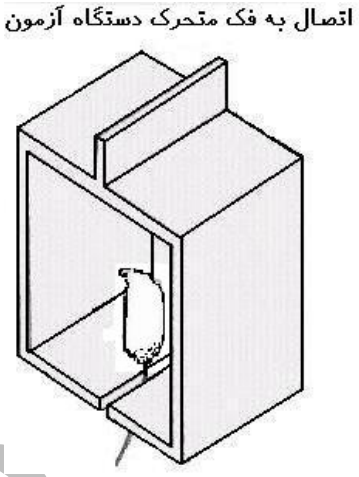
محدوده سرعت‌های انتخاب شده در این تحقیق، همانند تحقیقات گذشته درمحدوده‌سرعت‌های‌کوازی-استاتیک[1] انتخاب گردید. سرعت‌های۵۰ تا۵۰۰ میلی‌متربردقیقه، به ترتیب منطبق با سرعت‌های انتخاب شده توسط کادکول و همکاران (۱۹۷۴) و رزنیسک(۱۹۷۱) بوده است.

در این تحقیق، نخودهای دیم از مزارع مرکز تحقیقات دیم کرمانشاه و کنگاور و نخودهای آبی از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران تهیه شدند. در این تحقیق، آزمایشات بر روی غلافهای با رطوبت طبیعی ۸٪، ۱۵٪، ۲۵٪ و۵۰٪، بر مبنای تر، انجام گرفتند. برای این منظور، پس از جمع‌آوری بوته‌ها از سطح مزرعه، در کیسه‌های دربسته نگهداری و به آزمایشگاه منتقل و در داخل یخچال در دمای ^{o}C ۵ نگهداری و سریعا آزمایش می‌شدند.

برای تعیین درصد رطوبت غلافهای نخود، نمونه‌هایی به وزن ۱۰ گرم به مدت ۷۲ ساعت دردمای$\mathbf{C}^{\circ}$۱۰۳ خشک‌کن نگهداری و پس از آن درصد رطوبت بر مبنای تر محاسبه گردید. در این تحقیق،آنالیز وآریانس داده‌ها توسط نرم افزار SAS انجام گرفت.

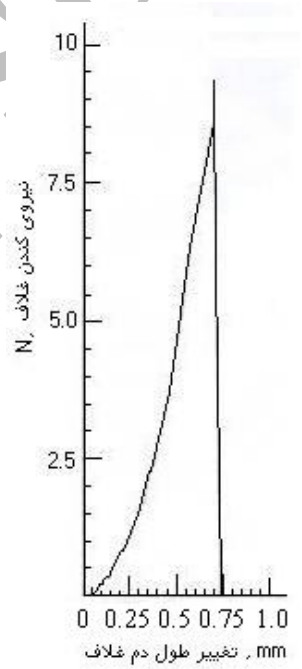
1. Quasi-static

Archive of SID
www.SID.ir

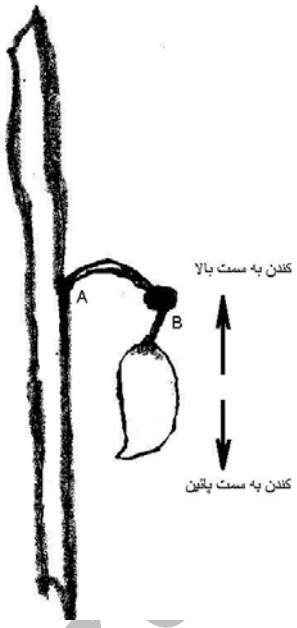


شکل ۱- مکانیزم مورد استفاده برای کندن غلاف نخود.

شکل ۲- اتصال مکانیزم مورد استفاده برای کندن غلاف نخود به دستگاه کشش-فشار اینستران.



شکل ۳- نمودار نیرو- تغییر طول دم غلاف نخود.



شکل ۴- جهت های اعمال نیرو به غلاف.

مدلهای ریاضی رابطه بین نیرو و انرژی لازم برای کندن غلاف نخود (به عنوان فاکتورهای وابسته) با دو فاکتور درصد رطوبت غلاف و سرعت اعمال نیرو (به عنوان فاکتورهای مستقل) بصورت تابع دو متغیره درجه دو بصورت زیر توسط نرم افزار SPSS تدوین شدند:

$$F = a + bM + cV + dM^2 + eV^2 + fMV \quad (۳)$$

$$E = a' + b'M + c'V + d'M^2 + e'V^2 + f'MV \quad (۴)$$

که در این روابط:

F - نیروی کندن، نیوتن

E - انرژی لازم برای کندن غلاف، میلی ژول

V - سرعت اعمال نیرو، میلیمتر بر دقیقه

M -درصد رطوبت، بر مبنای تر

نتایج و بحث

۱- نیروی کندن غلاف نخود

میانگین نیروی کندن بالاسو و پائین سوی غلافهای نخود به ترتیب ۵/۱۳ و ۳/۸۳ نیوتن با دامنه ۰/۴۰-۱۱/۴۰ نیوتن بدست آمد. نتایج تجزیه واریانس داده‌های نیروی کندن غلافهای نخود

Archive of SID

www.SID.ir

نشـان داد کـه رطوبـت، سـرعت اعمال نیرو، جهت کندن و رقم نخـود اثر معنی‌داری بر نیروی کندن غلاف نخود داشتند (جدول ۱). ضـمنا اثـرات مـتقابل سـرعت در رطوبـت، رطوبت در جهت کـندن و رقـم در جهـت کندن در سطح ۱٪ معنی دار بودند. اثر مـتقابل رطوبـت در رقـم نیز در سطح ۵٪ معنی دار بود. با توجه بـه تاثـیر معنـی دار متغـیرها، آزمـون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسـه میانگین سطوح مختلف متغیرهای مستقل انجام گرفت که نتایج آنها به تفکیک درزیر بحث شده است

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) داده‌های نیرو و انرژی لازم برای کندن غلافهای نخود.

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)	
		نیروی کندن (نیوتن)	انرژی کندن (میلی ژول)
تیمار	۷۱	۱۰۷**	۱۰۳۲**
جهت اعمال نیرو	۱	۶۰۶**	۸۸۹۸**
درصد رطوبت	۳	۲۰۲۲**	۱۴۲۰۳**
سرعت اعمال نیرو	۲	۲۰۹**	۵۶۸۵**
رقم	۲	۲۱**	۷۵۵**
درصد رطوبت × سرعت کندن	۶	۲۲/۴ **	۳۷۵ **
درصد رطوبت×رقم	۶	۳/۶۴*	۱۵۵**
درصد رطوبت× جهت کندن	۳	۱۰۰ **	۱۲۸۹ **
سرعت کندن× جهت کندن	۲	۰/۲۲ ns	۸۹ **
سرعت کندن× رقم	۴	۱/۰۶ ns	۹۰ **
رقم × جهت کندن	۲	۸/۰**	۱۴۱**
سرعت کندن ×درصد رطوبت× رقم	۱۲	۱/۷ ns	۲۱ **
سرعت کندن × رقم × جهت کندن	۴	۰/۲۲ ns	۲۴ ns
سرعت کندن×درصد رطوبت× جهت کندن	۶	۱/۴ ns	۱۳ ns
درصد رطوبت × رقم × جهت کندن	۶	۱/۳۸ ns	۵۶ ns
جهت‌کندن×سرعت کندن×درصدرطوبت× رقم	۱۲	۰/۸۰ ns	۲۲ ns
خطا	۱۳۶۸	۱/۷۰	۱۵

*و** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns – غیر معنی دار

تاثیر رطوبت غلاف. از شکل ۵ پیداست که با کاهش رطوبت از ۵۰٪ تا ۲۵ ٪، نیروی کندن غلاف نخود افزایش ولی پس از آن کاهش یافت که طبق نتایج آنالیز واریانس داده‌ها این تغییرات ناشی از تاثیر معنی دار رطوبت بر نیروی کندن غلاف در سطح ۱٪ بود. با خشک‌تر شدن غلافها، بدلیل تغییرات آناتومی گیاه، نیروی اتصال دم غلاف به ساقه کاهش می‌یابد که منجر به کاهش نیروی اتصال غلاف به ساقه می‌گردد. هوگ (۱۹۷۲) و هوگ (۱۹۷۵) نیز تلفات ریزش دانه سویا را بطور معنی‌داری وابسته به رطوبت می‌دانند. در صورتیکه سینق و بورخاردت (۱۹۷۴)، برای بعضی ارقام برنج تاثیر اندک رطوبت بر نیروی کندن دانه را نتیجه گرفتند. آنها نیروی کندن دانه‌های برنج رقم ۲-۸ در رطوبت‌های ۱۷/۹٪ و ۲۹/۹٪ را به ترتیب ۱/۲۸ نیوتن و ۲/۰۷ نیوتن برآورد کردند. البته آنها معتقدند که ارقامی که دانه‌های آنها با نیروی کمتری کنده‌می‌شدند، مقاومت کمتری در مقابل ریزش داشتند. شاید بر همین اساس است که کشاورزان بصورت تجربی، در هنگام برداشت غیر مکانیزه نخود، بوته‌ها را در رطوبت‌های بالاتر، برداشت و مدتی در سطح مزرعه رها کرده تا دانه‌ها کاملا خشک و سپس خرمن می‌کنند.

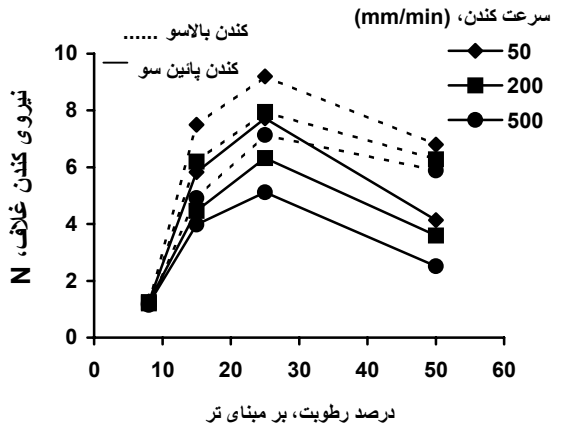
نتایج آزمون دانکن (جدول ۲) نشان می‌دهد که میانگین نیروی کندن غلافها بدون در نظر گرفتن جهت اعمال نیرو در هر چهار سطح رطوبت تفاوت معنی داری داشتند. مطابق همین جدول، بیشترین و کمترین نیروی کندن غلافها به ترتیب مربوط به تیمارهای با رطوبت ۲۵٪ و ۸٪ بود. میانگین نیروی کندن غلافها در رطوبت ۲۵٪ ، ۵/۷ برابر مقدار آن در رطوبت ۸٪ با میانگین ۱/۱۹ نیوتن بود. در صورتیکه در رطوبت ۱۵٪ ، نیروی کندن غلافها، ۴/۳ برابر مقدار آن در رطوبت ۸٪ بود. بنابراین طبق نظر هوگ (۱۹۷۵) که معتقد است تلفات ریزش مزرعه‌ای دانه بطور خطی به نیروی کندن غلاف وابسته است، می‌توان پیش‌بینی نمود که غلافهای با رطوبت ۸٪ و ۲۵٪ به ترتیب کمترین و بیشترین مقاومت را به ریزش خواهند داشت.

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل رطوبت در سرعت کندن (جدول ۱)، بررسی اثر رطوبت بر نیروی کندن در هر یک از سطوح سرعت کندن نشان داد که در کلیه سطوح سرعت، تاثیر رطوبت بر نیروی کندن در سطح ۱٪ معنی دار بود. ضمنا بررسی اثرات دوگانه رطوبت در جهت کندن و رطوبت در رقم نشان داد که تاثیر رطوبت بر نیروی کندن در کلیه سطوح جهت کندن و رقم نخود معنی دار بود.

همانطور که از شکل ۵ پیداست با کاهش رطوبت غلاف از ۱۵٪ به ۸٪ نرخ تغییرات نیروی کندن غلافها نسبت به حالت کاهش رطوبت از ۲۵٪ به ۱۵٪ بیشتر است. این بدین معنا است

Archive of SID
www.SID.ir

که با خشک‌تر شدن محصول، نیروی اتصال غلافها به ساقه سریعتر کاهش می‌یابد که به هر حال می‌تواند نشانگر تغییرات آناتومی گیاه باشد.



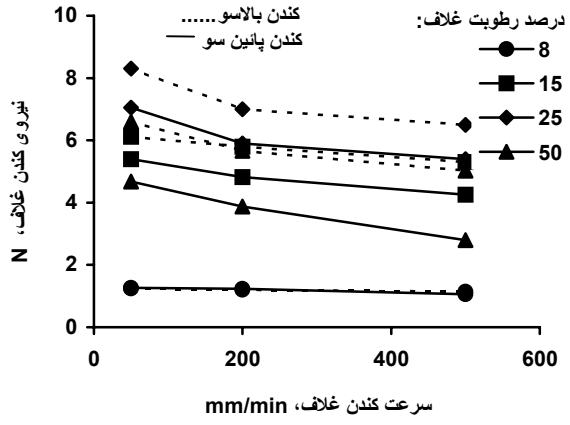
شکل ۵. تاثیر رطوبت غلاف بر نیروی کندن غلافهای نخود دیم کرمانشاه.

جدول ۲- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین‌های نیروی کندن غلافهای نخود در سطوح مختلف متغیرها($\alpha = 1\%$).

	نیروی کندن بالاسو (نیوتن)	نیروی کندن پائین سو (نیوتن)	میانگین (نیوتن)
درصد رطوبت			
۵۰	۵/۹۸b	۳/۴۶c	۴/۷۲c
۲۵	۷/۵۸a	۶/۰۶a	۶/۸۲a
۱۵	۵/۷۹b	۴/۶۰b	۵/۲۰b
۸	۱/۱۸c	۱/۲۱d	۱/۱۹d
سرعت اعمال نیرو، میلیمتر بر دقیقه			
۵۰۰	۴/۵۲c	۳/۱۸c	۳/۸۵c
۲۰۰	۵/۰۶b	۳/۸۱b	۴/۴۳b
۵۰	۵/۸۱a	۴/۵۱a	۵/۱۶a
رقم نخود			
دیم بیونیژ	۵/۴۵a	۳/۹۴a	۴/۷۰a
دیم کاکا	۴/۹۸b	۳/۹۷a	۴/۴۸b
آبی جم	۴/۹۶b	۳/۵۸b	۴/۲۷b

تاثیر سرعت اعمال نیرو. از نمودارهای شکل ۶ پیداست که با افزایش سرعت اعمال نیرو، نیروی کندن غلاف نخود بطور معنی داری کاهش می‌یافت. نتایج آزمون دانکن (جدول ۲) نیز نشان می‌دهد که برای این صفت بین میانگین‌های هر سه سطح سرعت تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ وجود داشت. از جدول ۲ پیداست که میانگین نیروی کندن غلافها در سرعت ۵۰ میلیمتر بر دقیقه نسبت به سرعت‌های ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی متر بر دقیقه به ترتیب باندازه ۱۶٪ و ۳۴٪ بیشتر بود. بررسی اثر دوگانه سرعت کندن و رطوبت غلاف نشان داد که در کلیه سطوح رطوبت بجز رطوبت ۸٪، تاثیر سرعت بر نیروی کندن در سطح ۱٪ معنی دار بود. در رطوبت ۸٪، تفاوت بین سطوح مختلف سرعت اعمال نیرو در سطح ۵٪ معنی دار نبود.

گزارشی در مورد تاثیر سرعت اعمال نیرو بر نیروی کندن دانه (یا غلاف) محصولات کشاورزی یافت نشد. البته آلپرت و فوکس (۱۹۷۶)، در آزمون تعیین نیروی کندن پرتغال نتیجه گرفتند که با افزایش سرعت بارگذاری، نیروی کندن بطور معنی‌داری افزایش یافت. خزائی و همکاران (۱۳۸۲) نیز افزایش نیروی کندن گل پیرتروم با افزایش سرعت را گزارش کرده‌اند. هاگ و همکاران (۱۹۷۱) معتقدند که تاثیر سرعت اعمال نیرو بر نیروی کششی ساقه محصولات کشاورزی وابسته به‌جرم مخصوص ساقه است. آنها برای تیمارهای با جرم مخصوص‌کم، کاهش نیروی کششی با افزایش سرعت اعمال نیرو را نتیجه گرفتند. بنابراین اگر نیروی کندن غلاف نخود را وابسته به‌مقاومت کششی ساقه دم غلاف بدانیم، می‌توان تغییرات نیروی کندن غلاف با افزایش سرعت را با نظر هاگ و همکاران (۱۹۷۱) تحلیل نمود. در جدول ۳ نتایج تعیین مدلهای ریاضی رابطه بین نیروی کندن غلاف با دو فاکتور درصد رطوبت و سرعت اعمال نیرو به ترتیب برای کندن بالاسو و پائین سو ارائه شده اند.



شکل ۶- تاثیر سرعت بر نیروی کندن غلافهای نخود دیم کنگاور.

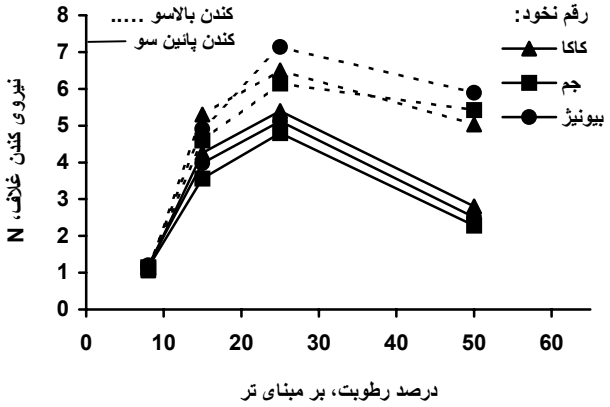
Archive of SID

www.SID.ir

تاثیر جهت اعمال نیرو. از شکلهای ۵ و ۶ پیداست که نیروی کندن غلاف نخود در کندن به سمت بالا بیشتر از آن در کندن به سمت پائین است که طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. نتایج آزمون دانکن (جدول ۲) نشان داد که نیروی کندن بالا سو با میانگین ۵/۱۳ نیوتن باندازه ۳۴٪ بیشتر از آن برای کندن پائین سو با میانگین ۳/۸۳ نیوتن بود.

نتایج بررسی اثر دوگانه جهت کندن و رطوبت غلاف نشان داد که در کلیه سطوح رطوبت بجز رطوبت ۸٪، اختلاف بین نیروی کندن بالاسو و پائین سو معنی دار بود. بیشترین اختلاف در رطوبت ۵۰٪ مشاهده شد و کمترین آن در رطوبت ۸٪ بود. در رطوبت ۵۰٪ میانگین نیروی کندن بالا سو باندازه ۷۲٪ بیشتر از آن برای کندن پائین سو تعیین شد. البته در رطوبت ۸٪، بدلیل فرم خاص خشک شدن غلافها، نیروی کندن بالا سو کمتر از آن برای پائین سو بود (جدول ۴). در این حالت، خشک شدن غلافها عمدتا شبیه شکل ۴ است، بنابراین در کندن بالاسو، دم غلاف عمدتا در نقطه‌ای نزدیک به نقطه A که ضعیفترین محل اتصال غلاف به ساقه بود شکسته می‌شد. در صورتیکه در کندن پائین سو، شکست عمدتا در نقطهB اتفاق می افتاد و با نیروی بیشتری نیز همراه بود. رزنیسک (۱۹۷۰) و سینق و بورخاردت (۱۹۷۴) نیز معتقدند که جهت اعمال نیرو تاثیر معنی داری بر نیروی جدا کردن دانه از خوشه داشته است.

تاثیر رقم نخود. از شکلهای ۷ و ۸ پیداست که تفاوتهایی بین نیروی کندن غلاف ارقام مختلف وجود داشت که طبق نتایج آنالیز واریانس داده‌ها، این اختلاف‌ها در سطح ۱٪ معنی دار بودند. از نتایج آزمون دانکن (جدول ۲) پیداست که بین میانگین نیروی کندن غلافهای رقم دیم بیونیژ با دو رقم دیم کاکا و آبی جم تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود داشت ولی تفاوت ارقام دیم کاکا و آبی جم معنی دار نبود. بیشترین و کمترین نیروی کندن غلافها به ترتیب مربوط به ارقام دیم بیونیژ و آبی جم بود که میانگین‌های آنها باندازه ۱۰٪ با هم اختلاف نشان دادند.

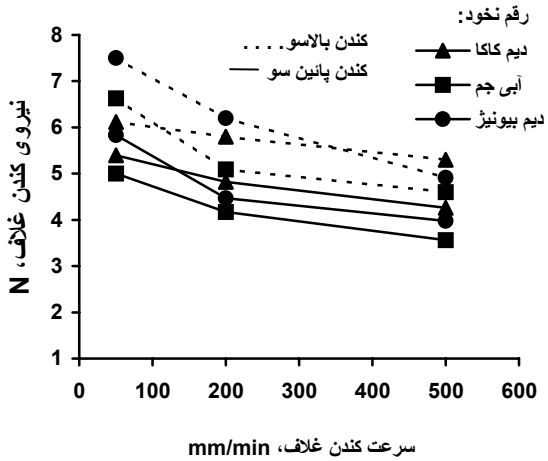


شکل ۷- مقایسه تاثیر رطوبت بر نیروی کندن غلاف ارقام مختلف در سرعت ۵۰۰ میلیمتر بر دقیقه.

جدول۳- نتایج تجزیه مدل‌های ریاضی رابطه بین نیروی کندن غلاف نخود با دو عامل رطوبت و سرعت اعمال نیرو.
F نیروی کندن بر حسب نیوتن ، V سرعت بر حسب میلیمتر بر دقیقه و M درصد رطوبت.

رقم نخود	کندن بالا سو	R^2	کندن پائین سو	R^2
دیم بیونیژ	$F = -2.978 + 0.805\,M - 6.94\times10^{-3}V - 1.20\times10^{-2}M^2 + 6.722\times10^{-6}V^2 + 4.539\times10^{-6}MV$	۰/۹۴	$F = -2.268 + 0.661\,M - 5.89\times10^{-3}V - 1.04\times10^{-2}M^2 + 7.0\times10^{-6}V^2 - 5.62\times10^{-5}MV$	۰/۹۵
دیم کاکا	$F = -2.918 + 0.726\,M - 4.41\times10^{-3}V - 1.06\times10^{-2}M^2 + 6.259\times10^{-6}V^2 - 6.02\times10^{-5}MV$	۰/۹۴	$F = -2.367 + 0.628\,M - 3.55\times10^{-3}V - 9.58\times10^{-3}M^2 + 5.111\times10^{-6}V^2 - 7.79\times10^{-5}MV$	۰/۹۵
آبی جم	$F = -2.538 + 0.721\,M - 7.48\times10^{-3}V - 1.06\times10^{-2}M^2 + 8.352\times10^{-6}V^2 - 8.65\times10^{-6}MV$	۰/۹۵	$F = -2.038 + 0.579M - 3.90\times10^{-3}V - 8.97\times10^{-2}M^2 + 4.796\times10^{-6}V^2 - 6.46\times10^{-5}MV$	۰/۹۷

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۸- مقایسه تاثیر سرعت کندن بر نیروی کندن غلاف ارقام مختلف در رطوبت ۱۵٪

مقایسه میانگین‌های حاصل از اثرات دوگانه رقم و رطوبت غلاف نشان داد که در رطوبت‌های ۸٪ و ۵۰٪ تفاوت بین نیروی کندن غلاف سه رقم مورد مطالعه به حداقل مقدار می‌رسید که از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی دار نبود. ولی در سطوح رطوبت ۱۵٪ و ۲۵٪، رقم نخود تاثیر معنی داری بر نیروی کندن نشان داد. به هرحال، در کلیه سطوح رطوبت، نیروی کندن غلافهای رقم بیونیژ نسبت به دو رقم دیگر بطور معنی داری بیشتر بود که ممکن است بدلیل تفاوت در چگالی ساقه دم غلاف ارقام مختلف باشد. سینگ و بورخاردت (۱۹۷۴) نیز اختلاف معنی دار بین نیروی کندن دانه ارقام مختلف برنج را نتیجه گرفتند. آنها معتقدند، ارقامی که دانه‌های آنها با نیروی کمتری کنده می‌شدند، مقاومت کمتری در مقابل ریزش داشته‌اند. کادکول و همکاران (۱۹۸۴) نیز اختلاف معنی دار بین مقاومت خمشی و انرژی مصرفی برای شکست غلاف ارقام مختلف کلزا را نتیجه گرفتند.

در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که بدلیل بیشتر بودن نیروی کندن غلافهای رقم دیم بیونیژ، این رقم نسبت به دو رقم دیگر مقاومت بیشتری در مقابل ریزش داشته باشد. ضمنا به نظر می‌رسد که حساس ترین رقم به ریزش، رقم آبی جم باشد که از نظر برداشت ماشینی حائز اهمیت است. این شرایط ایجاب می‌کند که طراحی ماشین برداشت بگونه‌ای باشد که قابلیت تنظیم و کار برای برداشت ارقام مختلف را داشته باشد. در جدول ۴ نتایج اثرات رطوبت، سرعت و جهت کندن بر نیروی کندن غلافهای نخود گزارش شده است.

جدول ۴- اثرات سه گانه رطوبت غلاف، سرعت و جهت اعمال نیرو بر نیروی کندن (نیوتن) غلافهای نخود.

درصد رطوبت غلاف	سرعت اعمال نیرو (میلیمتر بر دقیقه)	کندن بالاسو		کندن پائین سو	
۸	۵۰	۱/۲۳	(۰/۴)*	۱/۲۵	(۰/۵)
	۲۰۰	۱/۲۰	(۰/۳)	۱/۲۲	(۰/۳)
	۵۰۰	۱/۱۰	(۰/۳)	۱/۱۶	(۰/۳)
۱۵	۵۰	۶/۷۴	(۱/۶)	۵/۴۰	(۱/۴)
	۲۰۰	۵/۶۹	(۱/۵)	۴/۴۸	(۱/۳)
	۵۰۰	۴/۹۳	(۱/۴)	۳/۹۳	(۱/۱)
۲۵	۵۰	۸/۷۳	(۱/۸)	۷/۱۴	(۱/۸)
	۲۰۰	۷/۴۱	(۱/۸)	۵/۹۶	(۱/۶)
	۵۰۰	۶/۵۹	(۱/۷)	۵/۱۰	(۱/۴)
۵۰	۵۰	۶/۵۶	(۱/۵)	۴/۲۷	(۱/۱)
	۲۰۰	۵/۹۵	(۱/۸)	۳/۵۸	(۰/۸)
	۵۰۰	۵/۴۴	(۱/۵)	۲/۵۲	(۰/۶)

*اعداد داخل پرانتزها، انحراف معیار داده ها هستند.

۲- انرژی لازم برای کندن غلافهای نخود

میانگین انرژی مصرفی برای کندن غلافهای نخود در جهت بالاسو ۱۵/۵۳ میلی ژول با دامنه ۱/۶-۳۶/۳ میلی ژول و برای پائین سو ۱۰/۵۵ میلی ژول با دامنه ۱/۲۰-۳۵/۰ میلی ژول بدست آمد. طبق نتایج آنالیز واریانس داده‌ها (جدول ۱)، هر سه فاکتور رطوبت، سرعت اعمال نیرو، جهت کندن و رقم نخود، اثرمعنی داری بر انرژی لازم برای کندن غلافهای نخود داشتند. ضمنا کلیه اثرات دوگانه در سطح ۱٪ معنی دار بودند. در زیر تاثیر هر یک از متغیرها به تفکیک بحث شده است.

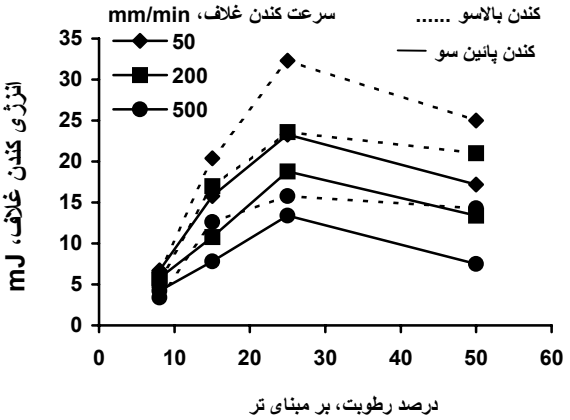
تاثیر رطوبت غلاف. از شکل ۹ پیداست که با کاهش رطوبت غلاف از ۵۰٪ تا ۲۵ ٪ انرژی مصرفی برای کندن غلافها افزایش و با کاهش بیشتر رطوبت روند نزولی به خود می‌گرفت. نتایج آزمون دانکن (جدول ۵) نشان می‌دهد که بین میانگین انرژی مصرفی برای کندن غلافهای نخود در هر چهار سطح رطوبت تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ وجود داشت. بیشترین و

Archive of SID

www.SID.ir

کمترین انرژی مصرفی برای کندن غلافها نخود به ترتیب مربوط به تیمارهای با رطوبت ۲۵٪ و ۸٪ است. با کاهش رطوبت از ۲۵٪ به ۸٪، میانگین انرژی مصرفی برای کندن بالا سو و پائین سو به ترتیب باندازه ۷۹٪ و ۶۸٪ کاهش یافت. هوگ (۱۹۷۵) نیز کاهش معنی دار انرژی مصرفی برای کندن غلافهای سویا با کاهش رطوبت را نتیجه گرفت.

بررسی اثرات دوگانه رطوبت و سرعت کندن، رطوبت و جهت کندن و همچنین رطوبت و رقم نخود نشان داد که تاثیر رطوبت بر انرژی مصرفی برای کندن غلاف نخود در کلیه سطوح سرعت، جهت کندن و رقم نخود در سطح ۱٪ معنی دار بود که می‌تواند نشانگر تاثیر بسیار معنی دار رطوبت بر انرژی مصرفی برای کندن غلاف نخود باشد.



شکل ۹- تاثیر رطوبت بر انرژی لازم برای کندن غلاف نخود دیم کرمانشاه.

همانطور که قبلا بحث شد، بهترین زمان برای برداشت نخود در رطوبت ۲۵٪ پیش بینی گردید که این موضوع بر اساس بیشتر بودن نیروی کندن غلافها در این سطح رطوبت بدست آمد. نتایج این بخش نیز نشان می‌دهند که در این سطح رطوبت نسبت به سایر سطوح، انرژی بیشتری برای کندن غلافهای نخود لازم است که می‌تواند تائید مجددی بر نظر قبلی باشد. البته مسلم است که برداشت محصول در این سطح رطوبت، بیشترین توان را نیازمند است که از نظر برداشت ماشینی بسیار مهم است. تحت این شرایط، طراحی ماشین باید بگونه‌ای باشد که متناسب با خواص مکانیکی محصول، توان لازم جهت کار در شرایط مختلف مزرعه را داشته باشد.

جدول۵- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین‌های انرژی مصرفی‌برای‌کندن‌غلافهای‌نخود در سطوح مختلف‌متغیرها($\alpha = 1\%$).

	انرژی مصرفی برای کندن بالاسو (میلی ژول)	انرژی مصرفی برای کندن پائین سو (میلی ژول)	میانگین (میلی ژول)
درصد رطوبت			
۵۰	۲۰/۳۳b	۱۲/۰۹b	۱۶/۲۱b
۲۵	۲۳/۰۹a	۱۵/۷۲a	۱۹/۴۰a
۱۵	۱۳/۸۴c	۹/۴۰c	۱۱/۶۲c
۸	۴/۸۵d	۵/۰۱d	۴/۹۳d
سرعت اعمال نیرو، میلیمتر بر دقیقه			
۵۰۰	۱۱/۴۴c	۷/۴۷c	۹/۴۶c
۲۰۰	۱۶/۱۱b	۱۰/۵۸b	۱۳/۳۵b
۵۰	۱۹/۰۳a	۱۳/۶۱a	۱۶/۳۲a
رقم نخود			
دیم بیونیژ	۱۶/۴۴a	۱۲/۰۵a	۱۴/۲۵a
دیم کاکا	۱۳/۸۹b	۹/۵۹b	۱۱/۷۴c
آبی جم	۱۶/۲۴a	۱۰/۰۲b	۱۳/۱۳b

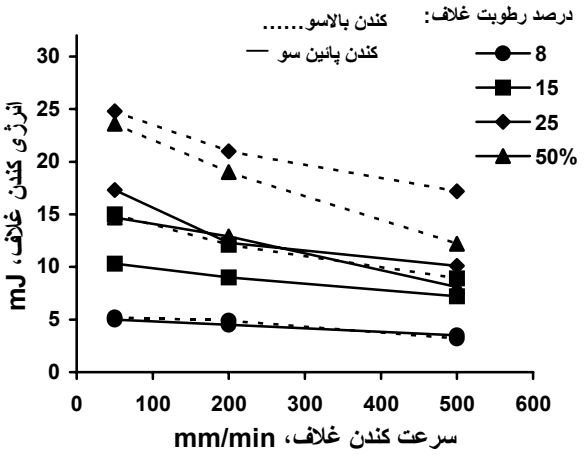
تاثیر سرعت اعمال نیرو. از نمودارهای شکل ۱۰ پیداست که با افزایش سرعت اعمال نیرو، انرژی مصرفی برای کندن غلاف نخود کاهش می‌یافت که مطابق جدول ۱ این تغییرات در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. نتایج آزمون دانکن (جدول ۵) نیز اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های هر سه سطح سرعت اعمال نیرو را نشان می‌دهد. بیشترین انرژی مصرفی برای کندن غلافها مربوط به تیمارهای با سرعت ۵۰ میلیمتر بر دقیقه بود که با میانگین ۱۶/۲ میلی‌ژول باندازه ۷۳٪ بیشتر از آن برای تیمارهای با سرعت ۵۰۰ میلیمتر بر دقیقه با میانگین ۹/۴۶ میلی ژول بود. البته بررسی اثرات دوگانه رطوبت و سرعت کندن غلاف نشان داد که در رطوبت ۸٪، بین میانگین انرژی مصرفی در سطوح ۵۰ و ۲۰۰ میلیمتر بر دقیقه تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ وجود نداشت. ولی در سایر سطوح رطوبت، اختلاف بین هر سه سطح سرعت معنی‌دار بود. لازم به ذکر است که گزارش کارهای خزائی و همکاران(۱۳۸۲) نشان می‌دهد که تاثیر سرعت کندن بر انرژی مورد نیاز برای کندن گل پیرتروم افزاینده بوده است. بهر حال، این اختلاف ممکن است ناشی از اختلاف در خواص فیزیکی و مکانیکی ساقه این گیاه با ساقه نخود باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

در جدول ۶ مدلهای ریاضی رابطه بین انرژی مصرفی برای کندن غلاف به عنوان فاکتور وابسته و متغیرهای درصد رطوبت و سرعت اعمال نیرو به عنوان فاکتور مستقل به ترتیب برای کندن بالا سو و پائین سو ارائه شده است. اگرچه مقدار R^2 مدلهای درجه سوم بیشتر بود ولی چون اختلاف معنی داری با R^2 مدلهای درجه دوم نشان ندادند، بنابراین برای سهولت انجام محاسبات مدلهای درجه دوم ارائه شده‌اند.

تاثیر جهت اعمال نیرو. از شکلهای ۹ و ۱۰ پیداست که برای تمام سطوح رطوبت، بجزء رطوبت ۸٪ اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای بین انرژی مصرفی برای کندن غلافها به سمت بالا و پائین وجود داشت. آزمون مقایسه میانگین ها نیز اختلاف معنی دار بین دو جهت اعمال نیرو را نشان داد. میانگین انرژی مصرفی برای کندن غلافها به سمت بالا با میانگین ۱۵/۵۳ میلی ژول باندازه ۴۷٪ بیشتر از آن برای کندن پائین سو بود (جدول ۵).

مطالعه اثر دوگانه جهت کندن و رطوبت غلاف نشان داد که در کلیه سطوح رطوبت بجز رطوبت ۸٪، اختلاف بین میانگین انرژی مصرفی برای کندن بالا سو و پائین سو در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. در رطوبت ۸٪، میانگین انرژی مصرفی برای کندن بالاسو و پائین سو به ترتیب ۵/۰۱ و ۴/۸۵ میلی ژول بدست آمد که تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ نشان ندادند. در صورتیکه در رطوبت‌های ۱۵٪، ۲۵٪ و ۵۰٪ انرژی لازم برای کندن غلاف به سمت بالا بطور معنی داری بیشتر از آن برای کندن پائین سو بود و بیشترین اختلاف در رطوبت ۵۰٪ مشاهـــده گردیـــد. در رطوبت ۵۰٪، انرژی مصرفی برای کندن پائین سو معادل ۴۰٪ انرژی مصرفی برای کندن بالاسو بود. البته در رطوبت ۸٪ عکس این حالت مشاهده شده. در رطوبت ۸٪، بدلیل فرم خاص خشک شدن غلافها، در حین اعمال نیرو به سمت پائین مقدار تغییر شکل آن تا لحظه شکست بیشتر از آن برای کندن بالاسو بود. از طرفی قبلا مشخص شد که در این سطح رطوبت، نیروی کندن پائین سو بیشتراز آن برای کندن بالاسو بود. بنابراین تاثیر این دو بر هم سبب شد که انرژی مصرفی برای کندن غلاف در حالت پائین سو بیشتر گردد. ضمنا بررسی اثر دوگانه سرعت و جهت کندن غلاف نشان داد که در کلیه سطوح سرعت، اختلاف بین دو جهت کندن در سطح ۱٪ معنی دار بود.



شکل ۱۰- تاثیر سرعت کندن غلاف بر انرژی مصرفی برای کندن غلاف نخود دیم کنگاور.

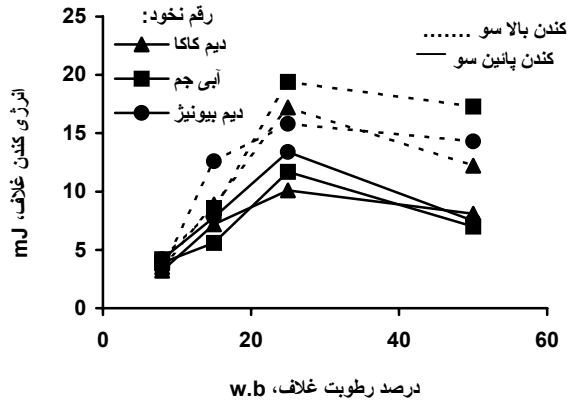
جدول۶- نتایج آنالیز مدل‌های ریاضی رابطه بین انرژی لازم برای کندن غلاف نخود با دو عامل رطوبت و سرعت اعمال نیرو. E انرژی بر حسب میلی ژول ، V سرعت بر حسب میلیمتر بر دقیقه و M درصد رطوبت.

رقم نخود	کندن بالا سو	R^2	کندن پائین سو	R^2
دیم بیونیژ	$E=-5.158+2.207M-2.63\times10^{-2}V$ $-3.07\times10^{-2}M^2+2.444\times10^{-5}V^2$ $-3.39\times10^{-4}MV$	۰/۹۵	$E=-2.186+1.596M-2.21\times10^{-2}V$ $-2.315\times10^{-2}M^2+2.315\times10^{-5}V^2$ $-3.0\times10^{-4}MV$	۰/۹۷
دیم کاکا	$E=-7.356+1.932M-1.25\times10^{-2}V$ $-2.55\times10^{-2}M^2+1.63\times10^{-5}V^2$ $-4.59\times10^{-4}MV$	۰/۹۸	$E=-0.855+1.024M-1.1\times10^{-2}V$ $-1.35\times10^{-2}M^2+1.167\times10^{-5}V^2$ $-2.43\times10^{-4}MV$	۰/۹۶
آبی جم	$E=-8.885+2.116M-7.363\times10^{-4}V$ $-2.77\times10^{-2}M^2-1.48\times10^{-5}V^2$ $-2.94\times10^{-4}MV$	۰/۹۸	$E=-1.390+1.244M-2.22\times10^{-2}V$ $-1.69\times10^{-2}M^2+3.031\times10^{-5}V^2$ $-3.34\times10^{-4}MV$	۰/۹۳

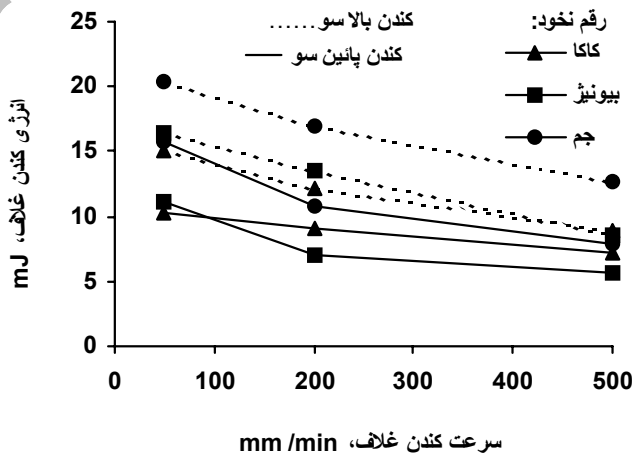
Archive of SID

www.SID.ir

تاثیر رقم نخود. با مقایسه نمودارهای شکلهای ۱۱ و ۱۲، پیداست که تفاوتهایی بین انرژی مصرفی برای کندن غلاف ارقام مختلف مشاهده می‌شود که مطابق نتایج آنالیز واریانس داده‌ها این تفاوتها در سطح ۱٪ معنی دار بودند.



شکل ۱۱- مقایسه تاثیر رطوبت بر انرژی مصرفی برای کندن غلاف ارقام مختلف در سرعت ۵۰۰ میلیمتر بر دقیقه.



شکل ۱۲- مقایسه تاثیر سرعت کندن بر انرژی مصرفی برای کندن غلاف ارقام مختلف در رطوبت ۱۵٪.

نتایج آزمون دانکن(جدول ۵) اختلاف معنی‌دار بین میانگین انرژی مصرفی برای کندن غلاف سه رقم را نشان می‌دهد. در این ارتباط بیشترین انرژی مصرفی مربوط به رقم بیونیژ بود که مقدار آن نسبت به ارقام کاکا و جم به ترتیب باندازه۲۱٪ و ۹٪ بیشتر بود. البته بررسی اثر دوگانه رقم و رطوبت غلاف نشان داد که در رطوبت ۸٪، بین انرژی مصرفی برای کندن غلافهای سه رقم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در رطوبت‌های ۲۵٪ و ۵۰٪ نیز اختلاف ارقام جم و بیونیژ و در رطوبت ۱۵٪ اختلاف ارقام جم و کاکا معنی دار نبود.

جدول ۷- اثرات سه گانه رطوبت غلاف، سرعت و جهت اعمال نیرو بر انرژی مصرفی (میلی ژول) برای کندن غلافهای نخود.

درصد رطوبت غلاف	سرعت اعمال نیرو (میلیمتر بر دقیقه)	کندن بالاسو		کندن پائین سو	
۸	۵۰	(۱/۹)*	۵/۷۹	(۱/۸)	۵/۹۳
	۲۰۰	(۱/۶)	۵/۰۶	(۱/۵)	۵/۳۳
	۵۰۰	(۱/۲)	۳/۷۰	(۱/۲)	۳/۷۶
۱۵	۵۰	(۴/۸)	۱۷/۲۹	(۴/۵)	۱۲/۳۹
	۲۰۰	(۴/۸)	۱۴/۱۹	(۳/۸)	۸/۹۶
	۵۰۰	(۴/۱)	۱۰/۰۲	(۲/۵)	۶/۸۶
۲۵	۵۰	(۵/۲)	۲۸/۱۳	(۵/۸)	۲۰/۰۶
	۲۰۰	(۵/۶)	۲۳/۶۹	(۵/۵)	۱۵/۳۶
	۵۰۰	(۵/۲)	۱۷/۴۶	(۴/۴)	۱۱/۷۳
۵۰	۵۰	(۵/۱)	۲۴/۸۹	(۴/۵)	۱۶/۰۶
	۲۰۰	(۶/۳)	۲۱/۴۹	(۳/۸)	۱۲/۶۹
	۵۰۰	(۴/۸)	۱۴/۵۹	(۲/۳)	۷/۵۳

*اعداد داخل پرانتزها، انحراف معیار داده ها هستند.

ضمنا از بررسی نتایج اثرات دوگانه رقم و سرعت کندن غلاف نتیجه شد که در سرعت ۵۰۰ میلیمتر بر دقیقه اختلاف بین سه رقم معنی دار نبود. به هرحال این اختلاف بین ارقام ممکن است بدلیل اختلاف در خواص آناتومی ارقام مختلف باشد. شاید بر همین اساس است که کادکول و همکاران (۱۹۸۴)، معتقدند که مطالعات آناتومی می‌تواند راهی برای مقایسه مقاومت به ریزش ارقام مختلف باشد. کادکول و همکاران (۱۹۸۴)، کادکول و همکاران (۱۹۸۵)، هوگ (۱۹۷۲) و هوگ (۱۹۷۵) نیز اختلاف معنی‌دار بین انرژی لازم برای کندن غلاف ارقام مختلف کلزا و سویا را گزارش کردند. آنها نیز معتقدند که این اختلافها ممکن است ناشی از اختلاف در خواص آناتومی و مرفولوژی ارقام مختلف باشد. در جدول ۷ نتایج اثرات رطوبت غلاف، سرعت کندن و جهت اعمال نیرو بر انرژی مصرفی برای کندن غلافهای نخود گزارش شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

مراجع مورد استفاده REFERENCES

۱. خزائی، ج. ، ح. ربانی و ف، گلبابائی. ۱۳۸۲. تعیین مقاومت برشی و نیروی کندن گل پیرتروم. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۳ (۳): ۴۳۳-۴۴۴.

۲. خزائی، ج.، م. بهروزی لار. ع. رجبی پور و س. محتسبی. ۱۳۸۲. اثر سرعت کوبنده، رطوبت و اندازه غلاف نخود بر درصد جدا سازی دانه و درصد دانه‌های شکسته در یک کوبنده انگشتی دار. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۴ (۴): ۸۳۶-۸۲۵

3. Alpert, K. & A. Foux. 1976. Strength Properties of orange fruit- stem joints. Trans. of the. ASAE. 22(3): 412-416.
4. Behroozi-Lar, M., A.Rajabi Pour, and J. Khazaei. 1999. Tensile and Bending Strength of Chickpea Stems. ASAE Conference. Paper No. 006067. USA.
5. Behroozi-Lar, M. & B.K. Huang. 2002. Design and development of chickpea combine. AMA, 33(1): 35-38.
6. Blahovec, J., J. Bares, & K. Patocka. 1995. Physical properties of sea buckthorn fruits at the time of their harvesting. Scientia Agriculture Bohemica. 26: 267-278.
7. Hag, H. E. E. , O. R. Kunze, & L. H. Wilkes. 1971. Influence of moisture , dry-matter density and rate of loading on ultimate strength of cotton stalks. Trans. of the. ASAE. 14(4):713-716.
8. Hoag, D. L. 1972. Properties related to soybean shatter. Trans. of the ASAE. 15(3):494-497.
9. Hoag, D. L. 1975. Determination of the susceptibility of soybeans to shatter. Trans. of the ASAE. 18 (6):1174-1179.
10. Kadkol, G.P., R.H. Macmillan., R.P.Burrow, & G.M. Halloran. 1984. Evaluation of Brassica genotypes for resistance to shatter. I. Development of a laboratory test. Euphytica 33:63-73.
11. Kadkol, G. P., R. H. Macmillan, & G. M. Halloran. 1985. Evaluation of brassica genotypes for resistance to shatter. II. Variation in siliqua strength within and between accession. Euphytica 34:915-924.
12. Kawamura, N. & H. Horio. 1971. A basic study on harvesting of standing grain. J. of the Society of Agr. Machinery. 33:156-162.
13. Klinner, W. E., M. A. Neale., R. E. Arnold., A. A. Geikie, & R. N. Hobson. 1987. A new concept in combine harvester headers. J. Agric. Engng Res. 38: 37-45.
14. Lamp, B. J. & W. F. Buchele. 1960. Centrifugal threshing of small grains. Trans. of the ASAE. 3(1): 24-28.
15. Lee, S. W. & Y. K. Huh. 1984. Threshing and cutting forces for Korean rice. Trans. of the. ASAE. 48(6): 1654-1657.
16. Reznicek, R. 1970.Experimental examination of bond strength of grains on the ear. J. Agric. Engng Res. 15(4): 325-330.
17. Reznicek, R. 1971. Minimum energy required for release of grains from ear. J. Agric. Engng Res. 16(4): 337-342.
18. Singh, K. N. & T. H. Burkhardt.1974. Rice plant properties in relation to loading. Trans. of the. ASAE. 17(6): 1169-1172.
19. Tado, C. J. M., P. Wacker., H. D. Kutzbach, & D. C. Suministrado. 1998. Development of stripper harvesters: A review. J. Agric. Engng Res. 71: 103-112.

Archive of SID

www.SID.ir

Determining the Force and Energy Required for Picking Chickpea Pod as a Criterion for Estimatation of Resistance to Shatter

J. KHAZAEI[1], S. MOHTASEBI[2], A. RAJABI-POUR[3] AND M. BEHROOZI-LAR[4]

1, 2, 3, 4, Former Ph.D Student, Assistant Professors and Professor, Department of Agricultural Machinery,Faculty of Agriculture, University of Tehran.

Accepted. Jan. 7, 2004

SUMMARY

In this study, the effect of moisture content, loading velocity and direction of applied force were studied on force and energy required for picking pods in three varieties of chickpea (Bivanij, Kaka, and Jam). An Instron testing machine was used for pulling off the pods. All factors indicated a significant effect on force and energy required for picking chickpea pods. The force and energy required for picking increased with a decrease in moisture content from 50% to 25%, but decreased significantly afterwards to become minimum at moisture content of 8%. The mean value for force and energy required for picking pods with 25% miosture content was 6.82 N and 19.40 mJ, respectively. Corresponding values at moisture content of 8% were equal to 1.19 N and 4.93 mJ, respectively. So, estimation of the resistance to shatter based on the force and energy shows that at 25% moisture content, chickpea pods show the most resistance to shatter, and so it is the best time to harvest the product. But, harvesting of the product at this moisture content level requires the most power. With an increase in velocity, the amount of required force and energy decreased significantly. The mean values of force and energy required for picking Bivanij dryland variety pods were 4.7 N and 14.25 mJ respectively, being significantly higher than those for the other two varieties (Kaka and Jam). Therefore, it is expected that this variety (Bivanij) be more resistant to shattering than the other two varieties. The force and energy required for picking pods in downward direction was significantly lower than that in upward direction. This difference was not significant for crop at 8% moisture content.

Key words: Chickpea pod, Picking, Force, Energy, Physical and mechanical properties.

Archive of SID

www.SID.ir