تعیین محدوده بار کششی لازم برای بوته کنی کلزا

کمال الدین جزایری[1]

چکیده

در برداشت مستقیم محصول با کمباین دو فاکتور عمدهٔ ریزش محصول (افت) و سرعت عمل دستگاه در مزرعه همواره مورد نظر بوده است. حذف تیغه‌های برش و انتخاب مکانیزم دیگری بجای برش می‌تواند در حذف مشکلات برداشت عامل مهمی محسوب گردد. در برداشت کلزا، پیشنهاد ساخت هد کمباینی که بتواند فقط کپسول را برداشت نماید در سه سال گذشته مطرح و در حال اجرا است . جدائی کپسول از بوته نیاز به داشتن اطلاعات پایه‌ای در مورد میزان استحکام بوته در خاک دارد. این اطلاعات در حال حاضر در دسترس نیست زیرا در مورد خواص مکانیکی این محصول، کار چندانی صورت نگرفته است.

در مزرعهٔ کلزا در فصل برداشت، یعنی زمانیکه رطوبت دانه ۹ درصد بود و رطوبت بوتهٔ بر پایه‌تر ۵۶/۶ درصد بدست آمد، اقدام به انتخاب بوته‌های همقطر در ۷ تکرار در سه سطح ضخامت قطر تحت عنوان ساقه نازک، متوسط و ضخیم (به ترتیب ۴،۱۷/۶، ۱۸/۶ میلیمتر) گردید.

اندازه‌گیری نیروی بوته کنی توسط دستگاه بوته کن نخود ساخت داخل انجام و اطلاعات توسط کرنش متر دیجیتال *Tc-31k* ژاپنی ثبت و نمودار رسم شد. سرعت بوته کنی ثابت و برابر ۰/۰۱ متر بر ثانیه در نظر گرفته شد.

نتایج بدست آمده حکایت از نیروی بوته کنی لازم بین ۴۶/۷ –۱۵/۶ کیلوگرم نیرو داشت. بدین معنی که در طراحی هد کمباین نیروی اعمال شده به بوته هیچگاه نبایستی از حداقل (۱۵/۶ کیلوگرم نیرو) بیشتر باشد. توان لازم برای کندن هر بوته بین ۵/۴ –۱/۵۳ وات (ژول بر ثانیه) محاسبه گردید. نشان داده شد که نیروی بوته‌کنی با ضخامت ساقهٔ کلزا نسبت مستقیم و با زمان لازم برای کنده شدن از خاک نسبت عکس دارد.به منظور مقایسه و تهیه اطلاعات دخیره‌ای آینده، اندازه‌گیری‌ها در مرحله گلدهی و دانه‌بندی یعنی رطوبت بوتهٔ ۸۱ و ۷۵ درصد نیز ادامه یافت. نیروی این دو مرحله بیشتر از نیروی لازم برای مرحلهٔ برداشت بدست آمدند. لهیدگی ساقه در این دومرحله اتفاق افتاد ولی در مرحله برداشت بجای لهیدگی ، شکستگی ساقه حاصل گردید.

۱- دانشجوی دوره دکترای مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

واژۀهای کلیدی: کمباین، کلزا، هد کمباین ، خواص فیزیکی و مکانیکی کلزا، بوته کنی ، انرژی، توان، نیرو

مقدمه

کلـزا *(Brasica napus)* یکـی از ۳۰۰۰ واریتـه خـانوادۀ خـردل اسـت. بـومی آسـیا و از روغـن آن در زمانهـای بسـیار دور اسـتفاده می‌شـده اسـت. سـطح زیـر کشـت آن در ایـران در سـال زراعـی ۱۳۷۹ – ۱۳۷۸ برابـر ۱۷۲۴۰هکتـار بـا متوسـط عملکـرد *kg/ha* ۹۸۷ در کشـور صـورت گرفتـه اسـت و روغـن خـام استحصـالی از کارخانجـات داخـل ۹۴۶۲۴ تـن و روغـن خـام وارداتـی ۹۵۶۳۴۳ تـن بـوده اسـت (شریعتی و قاضی شهنی زاده، ۱۳۷۹).

در سـال ۱۹۷۹، نـوع جدیـدی از کلـزا[1] یعنـی *Canola* بنـام *Crushers Association Western oilseed Canadian* بـرای توصـیف واریتـۀ *Double low* ثبـت گردیـد کـه ایـن بـه معنـی کلزائـی بـا روغـن دارای ۲ درصـد اسـید اورسـیک[2] و گلوکوزینـولات[3] *mg/g* ۳ (حـد مجـاز مصـرفی) می‌باشـد از همـین اتحادیـۀ کانـادائی ذکـر شـده اسـت کـه تولیـد *Canola* در جهـان حـدوداً ۷/۵ میلیـون تن بـر ۴ میلیـون ایکـر زمـین کشـاورزی اسـت کـه سـهم آن بـرای کشـورهای صـاحب تکنولـوژی نسـبتاً انـدک اسـت کـه در ایـن میـان آمریکـا ۱ درصـد، کانـادا ۱۵ درصـد و اروپـا ۱۷ درصـد از تولیـد جهـانی را داراسـت. کـانولا دارای ۴۰ درصـد روغـن قابـل استحصـال و ۲۳ درصـد پـروتئین اسـت کـه در یـک هکتـار آن بـا تولیـد ۳ تـن می‌تـوان ۱۲۰۰ کیلـوگرم روغـن و ۱۶۵۰ کیلـوگرم کنجالـه (مصـرف دامپـروری) را انتظار داشـت کـه ایـن ارقـام بـرای سـایر روغنهـای خـوراکی بسـیار کمتـر اسـت(آلیاری وهمکـاران،۱۳۷۹).

برداشـت ایـن گیـاه توسـط کمبـاین صـورت می‌گیـرد. در حـال حاضـر در کشـور ۸۷/۷ درصـد برداشت کلزا توسط کمباین انجام میشود(نظر دارد، ۱۳۸۰).

از طرفـی بـا توجـه بـه سـرمایه‌گذاری دولـت در کاشـت گیـاه کلـزا و درصـد بـالای تولیـد روغـن آن افـت بهنگام برداشت با کمبـاین اهمیـت ویـژه‌ای دارد کـه یکـی از مشـکلات مطـرح در بخـش اسـت. افـت کمـی کلزا و کانولا در با کمبـاین در حالـت ایـده‌آل بایسـتی ۵-۲ درصـد باشـد. امـا درگزارشـات ثبـت شـده بـرای دانـه ایـن محصـول، حتـی در شـرایط آب و هـوائی معمـولی و مطلوب،ازافـت ۲۵-۲۰ درصـد حکایـت

1 - Rapeseed

2 -Erucic Acid

3 - Glucosin olate

می‌کنـد *(Price et al., 1996)* و تـا ۵۰ درصـد در شـرایط نـامطلوب و بحرانـی نیـز نقـل شـده اسـت *(Macelad, 1981)*.

در برداشت کلزا بیشترین افت در برخورد دماغه(هد) کمباین بـا محصـول، حتـی زمانیکـه رطوبـت مطلـوب برداشت یعنی رطوبت ۱۰ درصد وجود دارد، اتفاق می‌افتد*(Price et al.,)*. در این درصد رطوبت ، شکستن لایهٔ غلافی *Dz*[1] باعث می‌شود که در اثر تکانهای شدید ناشی از جریان هوا، برخورد با دماغه کمباین و یا ارتعاش ناشی از حرکت تیغه‌های برش، دانه‌های محبوس در کپسول رها وپراکنده شوند.از طرفی ساختار فیزیکی بوتهٔ کلزا دارای خصوصـیات خاص خود است.ارتباط تراکم بوته در واحد سطح با اندازه گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی و اندازهٔ کپسولهای آن، تنوع در رسیدن به بلوغ کامل دانه ها در فصل برداشت(شکل۱) و نیز رسیدن دانه ها در رطوبتهای متفـاوت و از پـائین بـه بالا در یک بوتهٔ گیاه کلزا(شکل۲) و بسیاری عوامل دیگر پارامترهائی هستند که علاوه بـر اهمیـت افـت دانـه توسـط ماشین، می‌بایست در طراحی ماشین برداشت مدنظر قرار گیرند.

در متر مربع برای کلزا را تراکمی ضعیف ذکر کرده و عنوان نموده است که فقط ۴۳ درصد شاخه‌های فعال آن بارورند. در جای دیگر ، بیان می‌شود که یک بوتهٔ ممکن است ۲۵-۲۰ شاخهٔ فرعـی داشـته باشد(شـکل۳)کـه همهٔ آنها الزاماً دارای کپسول بارور نیستند*(Zanewich, 1993)*.از آنجائیکه تعداد شاخه‌های بوتهٔ کلزا مستقیماً به هندسهٔاستقرارآن وابسته است، افزایش تراکم در واحد سطح از ۹ بوته بـه ۵۰ بوتـه بـر متـر مربـع (تعـداد نرمال۵۰ بوته)، تعداد شاخه‌های فعال را تا ۲۸ درصـد کـل شـاخه‌های فعـال کـاهش می‌دهـد *(Geisler and Hanning , 1981)*.

مشخص شده است که افزایش تراکم(شکل۴) یا افزایش رقابت بر متر مربع نه تنها شـاخه‌های فعـال بوتـه را کـاهش می‌دهد بلکه بر تعدا کپسول های گیاه نیز مؤثر است. همانطور که در جدول زیر(جدول۱) آمده است آزمایشات نشان داده‌اند کپسولهای با طول بیشتر، تعداد بیشتری دانه دارند*(Chay and Thurling, 1989)* .

جدول۱-رابطهٔبین طول کپسول و بازدهی ان*(chay and thurting , 1989a)*.

(گرم در هر بوته) راندمان دانه	ن دانه میلیگرم	داد کپسول در هر بوته	میانگین دانه در کپسول	طول کپسول *(mm)*
۱۱/۳	۴/۲۸	۱۲۷	۱۸/۵	‹۶۵
۱۳/۸	۴/۴۱	۱۲۵	۲۴/۳	۶۵-۷۴
۱۳/۶!	۴/۶۱	۱۲۳	۲۳/۱	۷۵-۸۴
۱۷	۵/۰۵	۱۲۴	۲۷/۷	›۸۴

تعداد دانه در کپسول نیز متنوع گزارش شده است. به نقل از کشاورزان کلزاکار، متوسط دانه در کپسـول ۲۰-۱۵ عدد بهنگام برداشت ذکر شده است *(Diepnebrok, 2000)* ، همچنین تعداد دانه ها در هـر کپسـول بطـور متوسط ۳۰دانه *(Clarke, 1979; Schulz1987)* تا حداکثر ۴۰دانه *(Morgan, 1982)*در گزارش‌ها منعکس است.

1- Dehiscence Zone

با توجه به بررسی های بعمل آمده، از سال ۱۳۸۰ ضرورت طراحی هد جدیدی از کمباین که با شرایط محصول سازگار باشد آشکار گردید و تصمیم گرفته شد در پروژه‌ای تحت عنوان " طراحی و ساخت دماغه (هد) نئوماتیک کمباین کلزا و بررسی تأثیر آن در کاهش افت" اقدام گردد. در این هد کمباین تیغه‌های برش که بخش عمده‌ای از لرزش و پراکندگی دانه ها را سبب می‌شوند حذف شده است. اساس کار برکندن کپسولها و رها کردن بوته در خاک است. در مراحل پیشرفت تحقیق مشخص شد که خواص فیزیکی و مکانیکی بوتهٔ کلزا، علاوه بر دانه، در کلیه محاسبات طراحی نقش عمده و کلیدی دارد. بنابراین ضرورت، اقدام به اندازه گیری و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به خواص مکانیکی و فیزیکی گیاه کلزا و سپس کپسول و دانه‌های آن گردید. بخش اول این تحقیق تعیین محدودهٔ اعمال بارکششی بطرف بالا به گیاه کلزا جهت جدا کردن کپسول‌ها بدون کنده شدن بوته از خاک می باشد که موضوع این مقاله است.

مواد و روشها

نیروی لازم جهت کندن بوتهٔ کلزا از بستگی به عوامل مختلفی از قبیل رطوبت ساقه، رطوبت خاک، مراحل مختلف رشد، اندازه فیزیکی (قطر ساقه اصلی) دارد. در اینجا رطوبت خاک عاملی ثابت در فصل برداشت تلقی گردید. اندازه‌گیری قطر ساقه در سه گروه متفاوت، شامل: ساقه‌های با قطر نازک و ساقه‌های با قطر متوسط و ساقه‌های با قطر ضخیم در ۷ اندازه‌گیری هر کدام با ۳ تکرار مطرح و اندازه‌گیری شدند.

مراحل مختلف رشد در سه گروه مرحلهٔ گلدهی، مرحلهٔ دانه‌بندی و مرحلهٔ برداشت (رطوبت دانه ٪۹) اندازه‌گیری شدند. گرچه هدف اصلی جمع‌آوری اطلاعات مرحله برداشت است ولی اندازه‌گیری و ثبت اطلاعات مرحله گلدهی و دانه‌بندی جهت مقایسه ها زمینه مناسبی را فراهم می‌کند.

اندازه‌گیری رطوبت ساقه و دانه

اندازه‌گیری رطوبت ساقهٔ گیاه کلزا (به نمایندگی رطوبت بوته) در سه زمان مختلف متناسب با سه مرحله رشدی گیاه (گلدهی، دانه‌بندی ، برداشت) با استفاده ازاستاندارد*S258.2 ASAE Standards 2001* انجام شد که در آن برای رطوبت علوفه ۱۰۳ درجه سانتیگراد برای مدت ۲۴ ساعت با حداقل وزن ۲۵ گرم پیشنهاد شده است. رطوبت‌های حاصل بر پایهٔ تر و براساس فرمول زیربدست آمده‌اند.

$$Mc._{(w.b)} = \frac{W_w - W_d}{W_w} * 100$$

W_w=وزن مادهٔتر(گرم)

W_d = وزن مادهٔ خشک (خروج از اجاق) بر حسب گرم

$Mc_{(wb)}$ =رطوبت برپایهٔ تر بر حسب در صد

در این اندازه‌گیری رطوبت ساقه بر پایهٔ تر در مرحله گل‌دهی، دانه‌بندی و برداشت به ترتیب ۸۱ درصد، ۷۵ درصد و ۵۶/۶ درصد بدست آمد. با روش استاندارد رطوبت دانه در مرحلهٔ برداشت برای زمان ۲۴ ساعت و حرارت ۱۳۰ درجه سانتیگراد ۹ درصد حاصل گردید.

اندازه گیاه کلزا

در مرحلهٔ برداشت(رطوبت ساقه ۵۶/۶ درصد و رطوبت دانه ٪۹)، از بین بوته‌های انتخاب شده جهت اندازه‌گیری که از فاصله ۱ متری از کناره‌ها و در نقاط مختلف مزرعه انتخاب گردیدند، تنوع اندازه با دسته بندی قطر ساقه‌ها و اندازه‌گیری این قطرها از بالای محل یقهٔ گیاه در سه گروه به شرح زیر تعیین گردید:

ساقهٔای با قطر نازک : متوسط قطر ۱۱/۳ میلیمتر با محدودهٔ(D) ۱۲/۶ – ۱۰ میلیمتر
ساقه‌های با قطر متوسط : متوسط قطر ۲۱/۶ میلیمتر با محدودهٔ(D) ۲۳/۲ – ۲۰ میلیمتر
ساقه‌های با قطر ضخیم : متوسط قطر ۲۵/۶ میلیمتر با محدوده(D) ۲۷ -۲۴ میلیمتر

اندازه‌گیری نیروی بوته کنی کلزا

در طراحی ماشین برداشت جدید کلزا مقدار نیروی مقاومت در مقابل کشش بطرف بالا و قبل از جدا شدن کامل بوته از زمین یکی از اطلاعات مورد نیاز است که طبعاً این نیرو بهنگام فصل برداشت مستقیم با کمباین یعنی زمانی که رطوبت دانه ۹٪ و براساس اطلاعات فوق در این آزمایش که رطوبت ساقه (بوته) ۵۶/۶ درصد است، مورد نظر می‌باشد.

برای بدست آوردن نیروی استحکام ریشه در خاک از بوته‌کن نخود،استفاده گردید(امیری،۱۳۸۰).با توجه به شکل ۵ اجزاء بکار رفته در بوته کن شامل بازوهای متحرک، بازوی ثابت، پولی تسمه‌ها، موتور، نیروسنج ۵۰ کیلوگرمی(شکل۶) و گیره‌های اتصال به یقهٔ گیاه (دو عدد تختهٔ چوبی به ابعاد۱*۳*۸ سانتی‌متر با نصب ۲ عدد پیچ در طرفین و شیار وسط جهت جاد دادن ساقه در بین خود می باشد) که این اجزاء بر روی شاسی متحرک (با ۴ چرخ) ، قابل انتقال به مزرعه، قرار گرفته‌اند. الکترو موتور دستگاه با ولتاژ ۲۲۰ و قدرت *hp* ۰/۷۵-۰/۲۵ است. که سرعت کشش بالا رونده‌ای(جهت کشیدن بوته کلزا)برابر *cm/sec* ۱ در آن قابل اندازه‌گیری و تثبیت است. کرنش سنج جهت ثبت اطلاعات به نیروسنج وصل گردید. کرنش سنج از نوع *Tc-31k* ساخت شرکت *Tokyo Sokki Kenkyujo –Co. Ltd* کشور ژاپن است که قابلیت اتصال به کامپیوتر را داشته و دارای صفحهٔ نمایشگر (کاربردی در مزرعه) می‌باشد(شکل۷). این کرنش سنج ضبط داده‌ها در حافظه را انجام داد و پردازشگر سیگنالهای کرنش سنج و اندازه‌گیری با زمان سنج داخلی توانائی برنامه ریزی را فراهم ساخت. تنظیم دستگاه کرنش سنج براساس ضبط و ثبت یک داده در هر ثانیه انجام شد.

با انتقال دستگاه بوته کن به پای بوته‌ها در مزرعه کلزا و بستن دو قطعهٔ چوبی در بالای محل یقهٔ گیاه و سفت کردن پیچ آنها، موتور دستگاه روشن و بازوی متحرک دستگاه با سرعت *cm/sec* ۱ بطرف بالا اقدام به بیرون کشیدن گیاه از خاک نمود. همزمان باشروع کار دستگاه کرنش سنج متصل به نیروسنج نیزروشن وثبت داده‌هادر فواصل ۱ ثانیه صورت گرفت. ثبت داده‌های به ترتیب آزمایشات ضبط و پس از خروج از مزرعه استخراج گردید. وزن هزار دانهٔ کلزای ازمایشی توسط ترازوی دیجیتال *Mitutoyo* ساخت ژاپن با دقت ۰.۱ اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

بوته کنی در فصل برداشت.

در تاریخ ۸۲/۳/۷ ، پس از اطمینان از مناسب بودن زمان برداشت، اندازه‌گیری برای سه محدودهٔ قطری ساقه‌های نازک ۱۱/۳ میلیمتر، متوسط ۲۱/۶ میلیمتر و ضخیم ۲۵/۶ میلیمتر انجام گرفت. در این اندازه‌گیری‌ها رفتارهای متفاوتی مشاهد شد(شکل۸).ساقه‌های نازکی که در مراحل علفی (گلدهی و دانه‌بندی) دچار لهیدگی می‌شدند در این مرحله (مرحله برداشت) اغلب شکسته و ریشه در خاک باقی می‌ماند و در این مرحله مقاومت کمتری از خود نشان دادند. بطوریکه در حداکثر بار وارده ۱۵/۶ کیلوگرم نیرو(۱۵۳ نیوتن) ساقه شکسته و عملیات به پایان رسید که زمان لازم برای رسیدن به این حد ۱۰ ثانیه به طول انجامید.

۱- ساقه‌های متوسط تحمل بار بیشتر و استحکام بیشتر در استخوان‌بندی گیاه را از خود بروز دادند، بطوریکه هیچ گیاهی در این ردهٔ قطری شکسته نشد و تحت تأثیر متوسط باری برابر ۴۳/۵ کیلوگرم نیرو(۴۲۷/۵نیوتن) بوته کنی انجام شد. زمان متوسط بوته کنی ۱۷ ثانیه طول کشید که جداسازی کامل (یعنی جداشدن ریشه‌های فرعی) تا ۲۲ ثانیه زمان لازم داشت.

۲- ساقه‌های با قطر ضخیم با تحمل حداکثر بار ۴۶/۸ کیلوگرم نیرو (۴۵۸ نیوتن) در مدت زمان ۱۱ ثانیه کنده شدند و تا ثانیه ۱۵ بیرون کشیدن کامل (قطع ریشه‌های فرعی) ادامه داشت. شیب منحنی نیرو برحسب زمان برای ساقه های با قطر ضخیم بیشتر از متوسط ومتوسط بیشتر از نازک بدست آمد.توان لازم برای بوته کنی در این مرحله برای ساقه های نازک ، متوسط و ضخیم بترتیب ۱/۵۳ ، ۴/۲۷ و ۴/۵۸ وات محاسبه گردید.

بوته کنی در مرحله دانه‌بندی

در تاریخ ۸۲/۲/۱۴ با رطوبت ساقه ٪۷۵ و ابتدای ظهور دانه‌ها در رأس و دانه‌بندی در بخش تحتانی بوته رفتار کاملاً متفاوتی مشاهده گردید.بااینکه رطوبت ساقه بیشتراز مرحله برداشت بوده است ولی ساقه گیاهان در دو محدودهٔ قطر نازک و قطر متوسط تحمل فیزیکی در مقابل بار وارده نشان نداد بطوریکه در ساقه های نازک با توجه به قطر این مرحله یعنی ۱۰/۱۱ میلیمتر بدلیل لهیدگی ساقه اندازه‌گیری و ثبت داده ها در اکثر آزمایشات میسر نگردید. برای ساقه‌های متوسط با قطر ۱۹/۳ میلیمتر با اعمال نیروی ۳۹/۶ کیلوگرم نیرو (۳۸۸ نیوتن) در اغلب ساقه ها لهیدگی آغاز و در نتیجه اطلاعات بدست آمده قابل ارائه نبودند. اما در ساقه‌های ضخیم رفتاری کاملاً متفاوت ارائهٔ گردید بدین‌ترتیب که با قطر متوسط ۲۴/۷ میلیمتر،اکثرساقه‌ها مقاومت زیادی از خود نشان دادند. این مقاومت ادامه داشت تا به مرز ۵۵/۱ کیلوگرم نیرو (۵۴۰ نیوتن) بعد از ۱۵ ثانیه رسید و بدلیل عدم توانائی دستگاه (بکسوات تسمهٔ بوته کن) آزمایش متوقف گردید. در این مرحله علیرغم رطوبت زیاد مقاومتی بیش از ساقهٔ ضخیم مرحلهٔ برداشت که دارای رطوبت کمتری بود نشان داده شد.توان لازم برای بوته کنی در این مرحله ۵/۴وات(ثانیه/ژول ۵/۴)بدست آمد.

شکل۹- نیروی لازم برای بوته کنی در مرحله دانه بندی

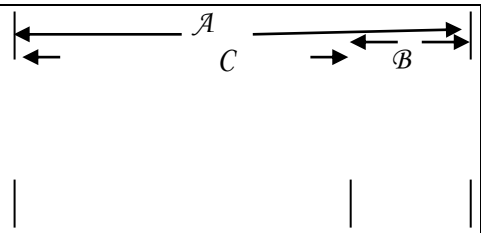
بوته کنی در مرحلهٔ گل‌دهی کلزا

در تاریخ ۱۳۸۲/۲/۲ در مرحلهٔ گلدهی کلزا، پس از سه روز بارندگی متوالی و اشباع کامل خاک، دستگاه بوته کن به راحتی قادر به کندن بوته‌ها حداکثر بار لازم برای کندن ساقه‌های ضخیم در این مرحله ۳۵/۳۱ کیلوگرم نیرو (۳۴۶/۴ نیوتن) بوده است. زمان لازم بوته کنی ۱۰ ثایه و کل زمان جداسازی از خاک ۱۴ ثانیه مشخص گردید.

در این مرحله توان محاسبه شده برای بوته کنی ۳/۴۶ حاصل شد.قابل توجه است که میزان نیروی بوته کنی در مرحله برداشت (۱۳۸۲/۳/۷) مورد توجه برای طراحی است و اطلاعات و مراحل دیگر یعنی دانه‌بندی و گل‌دهی می‌توانند جهت مقایسه بعنوان اطلاعات ذخیره‌ای مطرح باشند.

اندازه کپسول کلزا در زمان برداشت

اندازۀاجزاءمختلف کپسولهای مرحلۀ برداشت (۷اندازه‌گیری با۳ تکرار)باانتخاب۱۰ کپسول در هر کدام از ۷ اندازه‌گیری در دو اندازه حداکثر(ساقۀ ضخیم با قطر ۲۵/۶ میلیمتر)و حداقل(ساقۀ نازک با قطر ۱۱/۳ میلیمتر) در جدول زیر(جدول۲)منعکس است: **جدول۲-اندازۀ اجزاء کپسول کلزا در زمان برداشت برحسب میلیمتر**

قطر ساقه اصلی بوته کلزا						
$\mathcal{D}$	طول کلی کپسول$\mathcal{A}$	طول دم کپسول$\mathcal{B}$	طول کپسول دانه C^*	ضخامت کپسول به پهلو $\mathcal{D}$	ضخامت کپسول به حالت تخت $\mathcal{E}$	ضخامت دم کپسول $\mathcal{F}$
ساقه ضخیم ۲۵/۶	۸۷/۵	۲۵	۶۷	۴	۲/۵	۰/۷۸
ساقۀ نازک ۱۱/۳	۶۱/۹	۱۵/۸	۴۶/۳	۲/۷	۱/۶	۰/۶۳

*** درمنابع مربوطهCرا برحسب میلیمتر بعنوان طول کپسول ذکر نموده اند.**

..با توجه به محدودۀبدست آمده($۶۷>C>$ ۴۶/۳ میلیمتر)و با استفاده ازجدول۱،یعنی جدول رابطه طول کپسول با بازدهی آن، سایر خصوصیات را بر مبنای $C<$۶۵ می‌توان حدس زد.

۱- میانگین دانه در کپسول ۱۸/۵

۲- تعداد کپسول در هر بوته ۱۲۷

۳- وزن دانه ۴/۲۸ میلیگرم

۴- راندمان دانه (گرم در هر بوته) ۱۱/۳ گرم

به منظور مقایسه ارقام فوق، وزن هزار دانۀ کلزای ازمایشی با دقت ۰.۱اندازه‌گیری و ۳/۲۴ گرم نتیجه شد که وزن هر دانه ۳/۲۴ میلیگرم بدست آمد. وزن مذکور در مقایسه با وزن حدس زده شده از جدول ۱(یعنی۴/۲۹ میلیگرم)وزن و راندمان پائین‌تری را برای مزرعه ازمایشی نسبت به گزارش های قبلی، بدست میدهد.قطر دانه ها نیزاندازه گیری شد. قطر دانه‌های برداشت شده دارای قطر متوسط ۱/۶ میلیمتر($۲/۰۵ >\mathcal{D}>$ ۱/۱۱ میلیمتر) بدست آمد.از آنچه که مشاهده و اندازه‌گیری شد جداول۳و۴حاصل گردید و می‌توان نتیجه‌گیری کرد که:

۱- اشباع خاک از رطوبت پای بوته سبب کاهش استحکام رابطه بین گیاه و زمین در مقابل بوته کنی می‌گردد.

۲- نیروی لازم برای بوته‌کنی با کاهش رطوبت ساقه و اندامها کاهش می‌یابد. نیروی لازم برای بوته کنی در مرحله برداشت بمراتب کمتر از حالتهای علفی‌تر (دانه‌بندی و ...) می‌باشد.

۳- در مرحلۀ برداشت که مرحله مورد نظر آزمایش برای بدست آوردن اطلاعات طراحی ماشین برای کلزا است، با وجود تنوع قطر ساقه‌های گیاه کلزا (اندازه‌گیاه) اکثر ساقه‌های نازک در حدود ۱۵/۶ کیلوگرم نیرو

شکسته می‌شوند و بخشی از گیاه در خاک باقی می‌ماند. ساقه‌های متوسط بهترین رفتار را از نظر بارپذیری از خود نشان می‌دهند و دارای تحمل بیشتری نسبت به ساقه‌های نازک می‌باشند و تا مرحلهٔ خروج ریشه از زمین در مقابل کشش بطرف بالا (بوته‌کنی) مقاومت می کنند. ساقه‌های ضخیم بار بیشتری برای بوته‌کنی نیاز دارند و هر چه ساقه ضخیم‌تر باشد. بار لازم برای بوته کنی بیشتر است.

۴- از منحنی‌های شکل نتیجه می شود که در مرحلهٔ برداشت نیروی بوته کنی با قطر ساقه نسبت مستقیم دارد و شیب منحنی نیرو بر زمان با اندازه قطر ساقه نسبت مستقیم دارد یعنی هرچه گیاه قوی تر باشد شیب منحنی افزایش می‌یابد. اما قطر ساقه با زمان خروج از خاک (زمان بوته کنی) نسبت عکس دارد به این معنی که هر چه قطر بیشتر شود زمان کاهش می‌یابد.

۵- هر چه ساقه ضخیم تر (بوته بزرگتر) باشد طول کپسولها بیشتر می شود.

۶- توان لازم برای بوته کنی در محدوده ۵/۴-۱/۵۳ وات محاسبه گردید که توان متوسطی برابر ۳/۵ وات برای کندن هر بوته کلزا در مرحله برداشت نیاز خواهد بود(جدول۳).

نتیجه‌نهائی اینکه در طراحی ماشین جدید برداشت کلزا که کندن بجای برش مطرح باشد، نیروی لازم برای کندن کپسول ها، شاخه ها و ساقه‌ها بدون نیاز به بوته کنی (خروج گیاه همراه ریشه از زمین) بایستی به مراتب پائین‌تر از ۱۵/۶ کیلوگرم نیرو (۱۵۶ نیوتن) در نظر گرفته شود(جدول۴).

جدول شماره ۳ – توان لازم برای بوته کنی کلزا

رشد زایشی		حداکثر نیروی بوته کنی با سرعت ثابت		مدت زمان بوته کنی(ثانیه)	توان لازم برای بوته کنی(وات)	اسب بخار برای هر بوته
		کیلوگرم نیرو *Kgf*	نیوتن *N*	*(Sec.)*	*(Watt)*	*(HP * 10 E-3)*
گلدهی (۸۲/۲/۲)		۳۵/ ۳	۳۴۶/۳	۱۰	۳/۴۶	۴/۶۴
دانه بندی (۸۲/۲/۱۴)		۵۵/۱	۵۴۰۴	۱۵	۵/۴	۷/۲۵
برداشت (۸۲/۳/۷)	ساقه نازک	۱۵/۶	۱۵۳	۱۰	۱/۵۳	۲/۰۵
	ساقه متوسط	۴۳/۵	۴۲۶/۶	۱۷	۴۷/۲	۵/۷۲
	ساقه ضخیم	۴۶/۷	۴۵۸	۲۰	۴/۵۸	۶/۱۴

جدول۴- خصوصیات اندازه‌گیری شده توسط دستگاه بوته کن (با سرعت *cm/sec*۱) برای بوتهٔ کلزا (در سه مرحله مختلف گلدهی ، دانه بندی و برداشت)

تاریخ آزمایش	مرحله رشد گیاه و دانه	رطوبت بوته (ساقه) برپایهٔتر	خصوصیات ساقهٔ اصلی						شاخه‌ها فرعی ف	
			ساقهٔ نازک		متوسط		ضخیم			
			قطر *mm*	مقاومت *kgf*	قطر*mm*	مقاومت *kgf*	قطر	مقاومت	ارتفاع اولین انشعاب از پائین *mm*	قط شاخ
۸۲/۲/۲	**گلدهی** (بدون دانه)	**۸۱٪**	–	–	–	**۳۵/۳۱**	–	–	–	
۸۲/۲/۱۴	**دانه‌بندی** (دانه های سبز و نرم)	**۷۵٪**	**۱۰/۱۱**	**(۱) لهیدگی**	**۱۹/۳**	**(۱) ۳۹/۶ لهیدگی**	**۲۴/۷**	**(۲) ۵۵/۱**	–	

❊ # +	❊ ۸۰۰ # ۷۵۰ + ۷۳۰	۴۶/۶۷	۲۵/۶	(۲) ۴۳/۵	۲۱/۶	(۱) ۱۵/۶	۱۱/۳	۵۶/۶٪	**برداشت** مورد نظر برای طراحی دستگاه برداشت	۸۲/۳/۷

- ❊ ساقه نازک
- # ساقه متوسط
- + ساقه ضخیم

منابع مورداستفاده

۱. آلیاری، ه، شکاری، ف و شکاری، ف (۱۳۷۹). دانه‌های روغنی، زراعت و فیزیولوژی. انتشارات عمیدی تبریز

۲. امیری پریان، ج (۱۳۸۰). بررسی نیروی مورد نیاز به روش بوته کنی نخود ، پایان نامه کارشناسی ارشد ، گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی ، دانشگاه تربیت مدرس.

۳. شریعتی، ش و قاضی‌شهنی‌زاده، پ (۱۳۷۹). کلزا. دفتر خدمات و تکنولوژی آموزش، اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی.

۴. نظرداد، ا (۱۳۸۰). مکانیزاسیون کلزا، مرکز توسعه مکانیزاسیون کشاورزی، معاونت فنی وزیر بنائی وزارت جهاد کشاورزی.

5. *Anonymous, (1979). Canola (Rapeseed). Alternative Field Crops Manual, University of wisconsin-Extension Cooperative Service.*
6. *Anonymous, (2001). Canola Combining. The Growers Manual, Canola Council of Canada.*
7. *ASAE Standards (2001).S252.2,S258.2*
8. *Chay, P. and Thurling, N.(1989). Identification of genes controlling pod length in spring rapeseed, brasica napus L, and their utilization for yield improvement. Plant Breeding 103,54-62*
9. *Clarke,J.M. (1979). Intra-plant variation in number of seed per pod and seed weight in brasica napus ,Tower Canadian Journal Plant Science. 59,959-962.*
10. *Diepenbrock,W.(2000). Yield analysis of winter oilseed rape(brasica napus): a review. Field Crops Research,67,35-49.*
11. *Geisler,G.,Henning,K,(1981).Untersuchungen zur ertagsstruktur von raps(brasica napus).I. Die vegtative entwicklung der rapsflanze in abhangigkeit von der bestandesdichte. Bayer. Landw. Jahrb.58,203-211*
12. *Maclead, J. (1981). Oilseed Rape Book, a manual for growers, farmers and advisors. Cambridge Agricultural publishing, Cambridge. Pp 107-119.*
13. *Morgan,D.G.(1982). The regulation of yield components in oilseed rape(brasica napus). J.Sci.Food Agric.33,1266-1268.*
14. *Price, J. S. ; Neale, M. K. ; Hobson, R. N. and Bruce, D. M. (1996). Seed losses in Commercial harvesting of oilseed rape. Journal of Agricultural Engineering Research. 65(3), 183-193.*
15. *Zanewich,K,P. and Rood,S.B.(1993). Distribution of endogenous gibberellins in vegetatiye and reproductive organ of brasica. J.Plant Growth Reg. 12,41-46.*