مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۳/ شماره ۲/سال ۱۳۹۱/ص ۱۱۸-۱۰۹

تأثیر شرایط مختلف کاه‌بر، الک و سرعت جریان هوا بر کیفیت تمیز کردن دانه‌های زیرهٔ سبز

محمدحسین سعیدی‌راد*، باقر عمادی، مجتبی ناصری و سعید ظریف نشاط **

* نگارنده مسئول، نشانی: مشهد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ص.پ. ۴۸۸، ۳۸۲۲۳۷۳ (۰۵۱۱)، پیام‌نگار: Saiedirad@yahoo.com

** به‌ترتیب استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی خراسان رضوی؛ استادیار دانشگاه فردوسی مشهد؛ مدرس مجتمع آموزش جهادکشاورزی خراسان رضوی و استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی خراسان رضوی

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۶

چکیده

زیرهٔ سبز گیاهی یکساله و مستعد برای مناطق خشک و نیمه خشک ایران است. زیرهٔ سبز به صورت دو مرحله‌ای و ابتدا با دست برداشت می شود؛ و پس از خشک شدن و کوبش، جداکردن و تمیزکردن محصول با استفاده از غربال‌های دستی انجام می‌گیرد. در این پژوهش تأثیر عوامل مؤثر بر جداکردن و تمیز کردن ماشینی دانه‌های زیره پس از کوبش، با استفاده از یک دستگاه کمباین آزمایشی غلات بررسی شد. در آزمایش‌ها، اثر نوع کاه‌بر، سرعت جریان هوا، زاویهٔ پره‌های الک و زاویهٔ قرارگیری الک نسبت به سطح افق بر درصد وزنی دانه‌های خارج شده از انتهای کاه‌بر، دانه‌های خارج شده از انتهای سیستم تمیزکننده و کاه و کلش موجود در مخزن دانه بررسی شد. نتایج نشان داد که سرعت جریان هوا، زاویهٔ پره‌های الک و همچنین زاویهٔ قرارگیری الک نسبت به سطح افق بر درصد وزنی دانه‌های خارج شده از انتهای سیستم تمیزکننده و کاه و کلش موجود در مخزن دانه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد دارند و دانه‌های خارج شده از انتهای کاه‌بر تنها تحت تأثیر نوع کاه‌بر قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی

جداکردن و تمیز کردن دانه، خصوصیات فیزیکی، زیرهٔ سبز

مقدمه

زیرهٔ سبز گیاهی یکساله و مناسب برای کشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است. طول دانهٔ زیرهٔ سبز ۵ الی ۶ میلی‌متر و قطر آن ۱/۵ تا ۲ میلی‌متر و کشیده و دوکی‌شکل است. دانه دارای دو بخش به هم چسبیده است که هر بخش را پوشینه می‌گویند (شکل ۱) (Kafi *et al*., 2002). زیرهٔ سبز به دلیل نیاز آبی کم و طول فصل رشد کوتاه در سال‌های اخیر مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است. حدود ۹۰ درصد زیره سبز کل کشور در استان خراسان و ۱۰ درصد دیگر در سایر نقاط ایران از جمله کرمان، گرگان، یزد، کاشان، شاهرود و سمنان تولید می‌شود. سطح زیر کشت این محصول در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی در سال زراعی ۸۹-۸۸ برابر ۱۲۳۶۷ هکتار با تولید ۵۷۳۸ تن و متوسط عملکرد ۴۶۴ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Anon, 2010).

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱ - میوهٔ کامل گیاه زیرهٔ سبز (در وسط) به همراه دو عدد پوشینه در طرفین.

محصول زیرهٔ سبز در مناطق مختلف زیره‌کاری، اعم از دیم و آبی، عمدتاً از اواخر اردیبهشت تا اواخر خردادماه برداشت می‌شود. جهت جلوگیری از ریزش دانه، در زمانی که بوته‌ها تازه به زردی می‌گرایند محصول با دست یا داس برداشت و به مدت چند روز خرمن می‌شود. پس از خشک شدن کامل بوته، با چوب‌دست و یا حرکت چهارپایان و تراکتورهای کوچک از روی خرمن، محصول را می‌کوبند. با استفاده از غربال‌های دستی و باد دادن، دانه از کاه جدا می‌شود. این روش برداشت موجب صرف وقت و نیروی کار زیاد، از دست رفتن محصول به دلیل کوبیدن ناقص، کاهش کیفیت به لحاظ آلوده شدن با خاک و وجود کاه و کلش در محصول می‌گردد (Kafi *et al*., 2002).

استفاده از الک‌های دستی برای جداکردن دانه از کاه و کلش و تمیز کردن آنها پس از کوبش، با توجه به تولید بیش از ۵/۷ هزارتن زیره در سطح منطقه، موجب مشکلات عدیده‌ای از قبیل طولانی شدن زمان برداشت، افزایش هزینه‌های تولید و پایین آمدن کیفیت محصول می‌گردد. همچنین موجب خواهد گردید تا هزینهٔ جداگانه‌ای برای بوجاری و تمیز کردن دانه در کارخانهٔ بوجاری نیز صرف شود.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری تعدادی از خصوصیات دانه نخود نشان داده که سرعت حد برای دانه نخود در محدوده ۱۵-۱۰ متر بر ثانیه و برای برگ‌های خشک شده گیاه نخود و ساقه‌های خشک آن به ترتیب ۳ و ۵/۵ متر بر ثانیه است. همچنین ماکزیمم ضریب اصطکاک دانه‌های نخود با سطوح فلزی و فایبرگلاس به ترتیب برابر ۰/۲۸ و ۰/۳۳ رادیان است. با استفاده از اطلاعات به دست آمده در مورد خصوصیات فیزیکی دانهٔ نخود، دستگاه بوجاری و درجه‌بندی نخود نیز طراحی و ساخته شد. این دستگاه قابلیت تغییر شیب الک‌ها، نوع الک و همچنین سرعت جریان هوای بادبزن دارد و عملکرد آن ۸۴ درصد است (Tabatabaeefar *et al*., 2002).

در فرآیند جداسازی دانهٔ غلات با جریان هوا، خصوصیات آیرودینامیکی ذرات همانند سرعت حد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به منظور تحلیل و بررسی فرآیند جداسازی و تمیز کردن دانه‌های غلات، یک دستگاه جداساز نیوماتیکی با قابلیت کنترل عوامل موثر و شدت جریان هوا طراحی و ساخته شد. معادلات حرکت ذرات در جریان هوا به دست آمد که برای محاسبه و تعیین پارامترهای حرکت ذرات در کانال‌های نیوماتیکی قابل استفاده‌اند و می‌تواند در سیستم تمیزکنندهٔ کمباین‌ها به کار روند (Panasiewicz, M. *et al*. 2011).

در تحقیقی، با استفاده از یک کمباین مجهز به حسگرهای پیشرفته، اطلاعات مورد نیاز برای پیش‌بینی عملکرد سیستم تمیزکنندهٔ کمباین برداشت غلات جمع‌آوری شده است. نتایج تحقیق نشان داده که مقدار

Archive of SID
www.SID.ir

کاه و کلش موجود در مخزن دانهٔ کمباین به طور غیرخطی به سرعت بادبزن و همچنین بـه حجـم مـواد موجـود روی الک‌ها وابسته است (Craessaerts *et al*., 2007).

در پژوهشی دیگر، تأثیر دو سیستم تمیزکننده یکی با الک‌هـای ارتعاشـی دوار و دیگـری بـا سیـستم‌هـای رایـج (الک‌های با سیستم ارتعاشی رفـت و برگـشتی) بـر میـزان تمیز کردن دانه‌های غلات بررسی و نتیجه گرفته شـد کـه استفاده از الک‌های با سیستم ارتعاشی دوار موجب افزایش کارایی و عملکـرد سیـستم تمیزکننـده کمبـاین مـی‌شـود (Rothouy *et al*., 2003).

در این تحقیق به منظور دستیابی به مشخـصات فنـی مـورد نیـاز در طراحـی و سـاخت سیـستم جداکننـده و تمیزکنندهٔ کمباین ویژهٔ زیرهٔ سبز، تأثیر عوامل مؤثر شامل نوع کاه‌بر، سرعت جریان هوا، زاویهٔ پـره‌هـای الـک و زاویـهٔ قرارگیری الک نسبت به سطح افق، بر کیفیت جداسـازی و تمیز کردن دانه‌های زیره بررسـی شـد. از آنجـا کـه تمیـز کردن دانهٔ محـصولات کـشاورزی بـا نیـروی بـاد متـأثر از سرعت حد دانه و کاه و کلش ناشی از کوبش است، انتخاب سـرعت دوران و سـرعت بـاد ایجـاد شـده توسـط بـادبزن سیستم تمیزکنندهٔ کمباین، مستلزم انـدازه‌گیـری سـرعت حد دانه است که در این تحقیـق نیـز مـورد بررسـی قـرار گرفت.

مواد و روش‌ها

الف- اندازه‌گیری سرعت حد دانهٔ زیره

با استفاده از الک، دانه‌های زیره بر اساس اندازه در سه گروه ریز (مش ۸)، متوسط (مش ۱۰) و درشت (مش ۱۲) تقسیم‌بندی شدند. رطوبت نمونـه‌هـا بـه روش اسـتاندارد انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا اندازه‌گیری و به صورت درصـد وزن تـر و بـا اسـتفاده از رابطـهٔ ۱ بـه دسـت آمـد.

$$M_c = \frac{m_t - m_0}{m_t} \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن،

m_0 و m_t به ترتیب جرم خشک و جرم تر نمونه بـر حـسب گرم است (Anon, 1999).

برای اندازه‌گیری سرعت حد دانه زیره از ستون هوا بـا جریان دمشی استفاده گردید. این دستگاه متشکل از یـک موتور الکتریکی سه‌فاز، دمنده و اسـتوانهٔ جریـان هواسـت. سرعت جریان هوا با تغییر دور موتور سه‌فاز و با اسـتفاده از دستگاه مبدل فرکانسی[1] تنظیم می‌شود. برای اندازه‌گیری سرعت جریان هوا از یک حسگر سیم داغ[2] مدل Q116497 Lutron-Thiland, با دقت ۰/۱ متر بر ثانیـه اسـتفاده شـد. در این آزمایش دانه‌های زیره از بالا در مـسیر حرکـت هـوا رها می‌شدند و سرعت جریان هوا با تغییر دور موتور دمنده افزایش می‌یافت تا زمانی‌که دانـه زیـره در جریـان هـوا بـه صورت معلق قرار گیرد، در این هنگام سـرعت جریـان هـوا به عنوان سرعت حد دانـه توسـط سـرعت‌سـنج سـیم داغ اندازه‌گیری می‌شد. آزمایش‌های سـرعت حـد بـه صـورت فاکتوریل و در قالب طرح آماری کاملا تصادفی و با ۵ تکرار انجام گرفت. در این آزمایش‌ها، اثر رطوبت در سـه سـطح ۵/۷، ۹/۵ و ۱۵ درصد و اندازهٔ دانهٔ نیز در سـه سـطح ریـز، متوسط و درشت بر روی سرعت حد بررسی شدند.

ب- عوامل ماشینی مؤثر بر جدا کردن و تمیز کـردن دانه

بـرای اجـرای ایـن بخـش از تحقیـق از یـک دسـتگاه کمبـاین آزمایـشی غـلات مـدل Nurserymaster Elite ساخت کارخانه Wintersteiger کـشور کانـادا، موجـود در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان اسـتفاده شد. ایـن کمبـاین دارای عـرض بـرش ۱۵۰ سـانتی متـر،

1- Frequency Converter
2- HotWire

Archive of SID
www.SID.ir

کوبنده نوع سوهانی با قابلیت تغییر سرعت از ۳۳۰ تا ۱۵۰۰ دور در دقیقه، قابلیت تعویض نوع صفحات کاه‌بر، تغییر زاویهٔ پره‌های الک، زاویهٔ الک نسبت به افق و همچنین تغییر دور پروانه بادبزن است. دلیل انتخاب این مدل کمباین، کوچک بودن و کاربردی بودن آن برای برداشت محصولات ریزدانه همانند سورگوم و یونجه است. در این دستگاه با تغییر زاویهٔ قرارگیری پره‌ها با یک اهرم دستی امکان تنظیم اندازهٔ سوراخ‌های الک‌ها وجود دارد، و کمباین مذکور مجهز به صفحات کاه‌بر برای ریزدانه‌ها (سورگوم و یونجه) و نیز قابل استفاده برای دانه‌های ریز زیره است. سرعت پروانه بادبزن با یک پولی با قطر متغیر قابل تنظیم است. این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح آماری کامل تصادفی، با تیمارهای آزمایشی ذیل و سه تکرار اجرا شد:

۱- اندازهٔ سوراخ‌های کاه‌بر در دو سطح (صفحات کاه‌بر ویژه سورگوم- ویژه یونجه) به ترتیب دارای سوراخ‌هایی با قطر ۱۴ و ۱۰ میلی‌متر.

۲- سرعت جریان باد در زیر الک در سه سطح (۲/۲، ۳/۵ و ۵ متر بر ثانیه).

۳- زاویهٔ قرارگیری پره‌های الک نسبت به سطح افق در سه سطح (۱۰، ۲۰، و ۳۰ درجه).

۴- زاویهٔ قرارگیری الک نسبت به سطح افق در دو سطح (۵ و ۱۰ درجه، مطابق با دستورالعمل فنی کمباین موردنظر برای محصولات ریزدانه).

در هر آزمایش، ۵ کیلوگرم بوتهٔ زیره توزین شده و با کوبندهٔ آزمایشگاهی مجهز به تیغه‌های ساینده (موجود در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی) کوبیده و روی سکوی برداشت دستگاه به صورت یکنواخت پخش شد. به منظور انتقال آسان مواد به سیستم تمیزکننده، فاصلهٔ بین کوبنده و ضدکوبنده در بیشترین حالت ممکن تنظیم شد. دانه‌های تمیز شده، مواد خارج شده از انتهای کاه‌بر و همچنین مواد خارج شده از انتهای الک‌ها جداگانه جمع‌آوری شدند. در پایان درصد وزنی دانه‌های خارج شده از انتهای کاه‌بر، درصد وزنی دانه‌های خارج شده از انتهای سیستم تمیزکننده و درصد وزنی کاه و کلش موجود در مخزن دانه‌های تمیز شده برای هر آزمایش محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها شامل جدول آنالیز واریانس و آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها (آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد) با استفاده از نرم افزار SPSS و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

الف- سرعت حد

جدول ۱ نتایج تأثیر رطوبت و اندازهٔ دانه را بر سرعت حد نشان می‌دهد. نتایج آنالیز داده‌های سرعت حد دانه زیره نشان می‌دهد که میانگین سرعت حد دانه‌های زیره ۴/۹۱ متر بر ثانیه با دامنهٔ تغییر ۵/۹۴-۳/۷۱ متر بر ثانیه است. مشخص شد که با افزایش اندازهٔ دانه، سرعت حد دانه نیز افزایش می‌یابد (جدول ۱). وزن بالاتر دانه‌های بزرگتر، موجب افزایش سرعت حد آن‌ها می‌شود. از آنجا که دانه‌های زیره دوکی‌شکل هستند لذا افزایش ابعاد دانه نمی‌تواند تأثیری بر سرعت حد داشته باشد و سرعت حد بیشتر تحت تأثیر وزن دانه قرار می‌گیرد. همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود با افزایش رطوبت، سرعت حد دانه نیز افزایش می‌یابد که این امر به دلیل افزایش وزن دانه است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱- نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین‌های سرعت حد دانه‌های زیره با استفاده از آزمون دانکن

متغیر	سطوح مختلف	سرعت حد (متر بر ثانیه)
اندازهٔ دانه (قطر هندسی) (میلی‌متر)	۲/۱-۲/۵	۴/۵۱ a
	۲/۶-۳	۴/۹۴ b
	۳/۱-۳/۵	۵/۲۷ c
رطوبت دانه (درصد)	۵/۷	۴/۲۸ a
	۹/۵	۴/۸۶ b
	۱۵	۵/۵۸ c
میانگین کل		۴/۹۱

اعداد با حروف مشابه در هر ستون نشانهٔ نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

ب: عوامل ماشینی مؤثر بر جدا کردن و تمیز کـردن دانه

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان می‌دهد کـه سـرعت جریان باد، زاویهٔ پره‌های الک و زاویهٔ قرارگیری الک نسبت به سطح افق، تأثیر معنی‌داری در سطح احتمـال ۱ درصـد بر دانه‌های خارج شده از انتهای سیستم تمیزکننـده و کـاه و کلش موجود در مخزن دارند.

دانه‌های خارج شده از انتهای کاه‌بر تنهـا تحـت تـأثیر نوع کاه‌بر بوده و سـایر تیمـارهـا بـر آن تـأثیر معنـی‌داری نداشت (جدول ۲).

در زیر دربارهٔ تأثیر هر یک از متغیرها بر صـفات مـورد مطالعه به تفکیک بحث شده است.

- تأثیر نوع کاه‌بر

نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهـد کـه بـا کاهش قطر سوراخ‌های کاه‌بر از ۱۴ به ۱۰ میلی‌متر میـزان دانه‌های خارج شده از انتهای کاه‌بـر نیـز افـزایش مـی‌یابـد (جدول ۳). بزرگ بودن اندازهٔ سوراخ‌هـای کـاه‌بـر موجـب افزایش حجم مواد خروجی از آن و انتقال کامـل دانـه‌هـای جدا شده در اثر عملیات کـوبش بـه روی الـک مـی‌شـود و اجازهٔ خروج دانه از انتهای کاه‌بر را نمی‌دهد. بـزرگ بـودن بیش از اندازهٔ سوراخ‌های کاه‌بر می‌تواند موجب بیش بـاری روی الک‌ها شود و عملکرد سیـستم تمیزکننـده را دشـوار کند. در این‌صورت افزایش ناخالصی در مخزن دانـه دور از انتظار نیست.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات)

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات (درصد وزنی)		
		دانه‌های خارج شده از انتهای کاه‌بر	دانه‌های خارج شده از انتهای کمباین	کاه و کلش موجود در مخزن دانه
نوع کاه‌بر	۱	۲/۴۹**	۰/۷۹ ns	۰/۰۸۶ ns
سرعت جریان هوا	۲	۰/۰۰۶ ns	۱۹۱۰۵/۳۵**	۱۳۷۰/۳۸**
زاویهٔ پره‌های الک	۲	۰/۰۰۱۸ ns	۱۲۹/۸۲**	۱۸/۷۹**
زاویهٔ الک	۱	۰/۰۰۸ ns	۱۹/۱۳**	۷۳/۹۶**
نوع کاه‌بر × زاویهٔ پره‌های الک	۲	۰/۰۰۱۸ ns	۲/۶۲ ns	۰/۰۰۵ ns
سرعت جریان هوا × زاویهٔ پره‌های الک	۴	۰/۰۰۳ ns	۲۹/۴۴**	۲/۱۹**
سرعت جریان هوا× زاویهٔ الک	۲	۰/۰۰۷۵ ns	۲/۲۱ ns	۲۱/۵۷**
زاویهٔ پره‌های الک× زاویهٔ الک	۲	۰/۰۰۲۴ ns	۱۴/۰۹**	۰/۲۵ ns
نوع کاه‌بر × زاویهٔ پره‌های الک× زاویهٔ الک	۲	۰/۰۰۲۴ ns	۱/۷۶ ns	۰/۰۲۵ ns
سرعت جریان هوا × زاویهٔ پره‌ها × زاویهٔ الک	۴	۰/۰۰۰۸ ns	۵/۷۳**	۰/۱۹ ns
نوع کاه‌بر×سرعت هوا× زاویهٔ پره‌ها× زاویهٔ الک	۴	۰/۰۰۰۸ ns	۲/۳۴*	۰/۰۲۷ ns
خطا		۰/۰۰۳۴	۰/۹۱	۰/۰۸۸

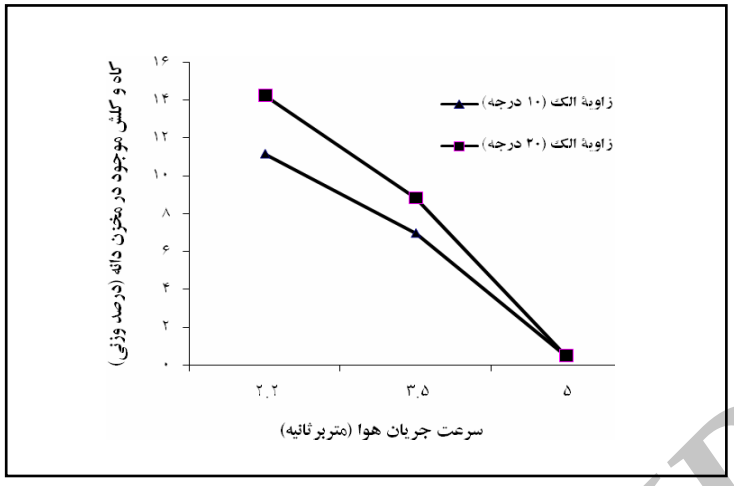
** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns نبود اختلاف معنی‌دار

- تأثیر سرعت جریان هوا

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که با افزایش سرعت جریان هوا از ۳/۵ متر بر ثانیه، میزان دانه‌های خارج شده از انتهای سیستم تمیزکننده افزایش می‌یابد. بین دو سطح ۲/۲ و ۳/۵ متر بر ثانیه، تفاوت معنی‌داری در خصوص درصد وزنی دانه‌های خارج شده از انتهای سیستم تمیزکننده مشاهده نمی‌شود و با افزایش سرعت جریان هوا به ۵ متر بر ثانیه، در حالی‌که متوسط سرعت حد دانه‌های زیره ۴/۹۱ متر بر ثانیه است، درصد وزنی دانه‌های خارج شده از انتهای سیستم تمیزکننده افزایش می‌یابد. سرعت جریان هوا همچنین بر درصد وزنی کاه و کلش موجود در مخزن دانه تأثیر می‌گذارد و افزایش سرعت جریان هوا موجب کاهش درصد ناخالصی در مخزن دانه می‌شود (شکل ۲). تنظیم سرعت جریان هوا بر مبنای سرعت حد دانه می‌تواند موجب افزایش کارایی سیستم تمیزکننده شود به‌طوری‌که ضمن جدا کردن مناسب کاه و کلش از دانه و باقی گذاشتن کمترین میزان ناخالصی در مخزن دانه، بادبردگی دانه را به حداقل می‌رساند. تنظیم سرعت جریان هوا به ۳/۵ متر بر ثانیه زمانی خواهد توانست بهترین کارایی را برای سیستم تمیزکننده به همراه داشته باشد که حجم و نوع مواد خروجی از سوراخ‌های الک نیز کنترل شود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- مقایسهٔ اثر متقابل سرعت جریان هوا و زاویهٔ الک بر درصد وزنی کاه و کلش موجود در مخزن دانه.

جدول ۳- نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها در سطوح مختلف متغیرها با استفاده از آزمون دانکن (درصد وزنی)

		دانه‌های خارج شده از انتهای کاه‌بر	دانه‌های خارج شده از انتهای سیستم تمیزکننده	کاه و کلش موجود در مخزن دانه
نوع کاه‌بر	۱۴	۰/۰۰ a	۱۵/۰۰ a	۷/۰۱ a
(قطر سوراخ، میلی‌متر)	۱۰	۰/۳۰b	۱۵/۱۷ a	۷/۰۷ a
سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه)	۲/۲	۰/۱۴ a	۱/۶۶ a	۱۲/۷۲ a
	۳/۵	۰/۱۵ a	۱/۹۱ a	۷/۹۲ b
	۵	۰/۱۶ a	۴۱/۶۹ b	۰/۴۸ c
زاویهٔ پره‌های الک (درجه)	۱۰	۰/۱۵ a	۱۷/۲۸ a	۶/۲۶ a
	۲۰	۰/۱۵ a	۱۴/۰۰ a	۷/۱۶ b
	۳۰	۰/۱۶ a	۱۳/۹۸ b	۷/۶۹ c
زاویهٔ قرارگیری الک (درجه)	۵	۰/۱۶ a	۱۵/۵۱ a	۶/۲۱ a
	۱۰	۰/۱۴ a	۱۴/۶۷ b	۷/۸۶ b

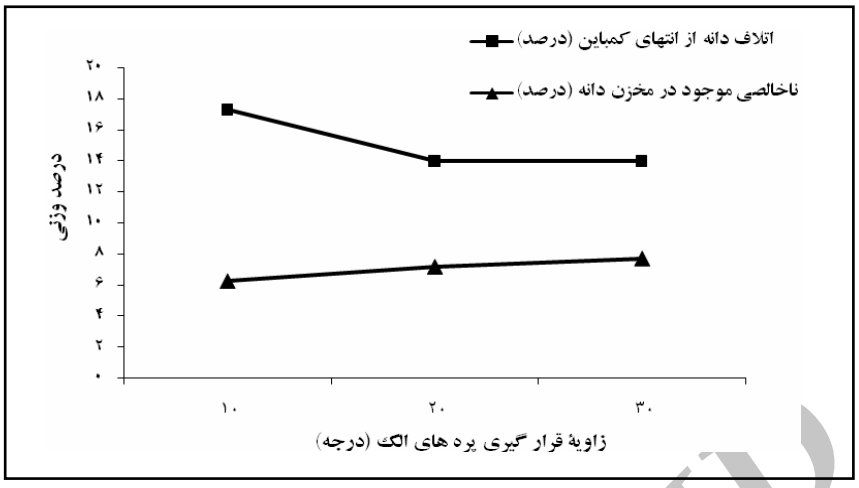
اعداد با حروف مشابه برای سطوح تیمارها در هر ستون نشانهٔ نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

- تأثیر زاویهٔ پره‌های الک

اندازهٔ سوراخ‌های الک با تغییر زاویهٔ پره‌های الک تغییر می‌کند؛ با افزایش زاویهٔ پره‌ها، مجرای خروج مواد از الک بزرگ‌تر و خروج مواد از الک راحت‌تر می‌شود. شکل ۳ نشان می‌دهد که با افزایش زاویهٔ پره‌های الک، درصد وزنی کاه و کلش موجود در مخزن دانه افزایش و درصد وزنی دانه‌های خارج شده از انتهای سیستم تمیزکننده کاهش می‌یابد. نتایج نشان داده شده در جدول ۲ تأثیر معنی‌دار آن‌ها را نشان می‌دهد.

حجم مواد و اندازهٔ کاه و کلش خروجی از سوراخ‌های الک بر اساس زاویهٔ پره‌های الک تغییر می‌کند. بررسی اثر متقابل سرعت جریان هوا در زاویهٔ پره‌های الک روی دانه‌های خارج شده از انتهای سیستم تمیزکننده و کاه و کلش موجود در مخزن دانه نشان می‌دهد که در سرعت‌های بالاتر از سرعت حد دانه (۵ متر بر ثانیه) تفاوت معنی‌داری بین زاویهٔ پره‌های الک وجود ندارد (جدول ۴).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- تأثیر زاویهٔ پره‌های الک بر درصد وزنی اتلاف دانه از انتهای کمباین و ناخالصی در مخزن دانه.

جدول ٤- نتایج مقایسهٔ میانگین اثر متقابل سرعت جریان هوا و زاویهٔ پره‌های الک بر صفات مورد مطالعه (درصد وزنی)

سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه)	دانه‌های خارج شده از انتهای سیستم تمیزکننده			کاه و کلش موجود در مخزن دانه		
	زاویهٔ پره‌های الک (درجه)			زاویهٔ پره‌های الک (درجه)		
	۱۰	۲۰	۳۰	۱۰	۲۰	۳۰
۲/۲	۴/۷۳ b	۰/۲۳ a	۰/۰۰۳ a	۱۱/۵۹ d	۱۲/۷۹ e	۱۳/۷۸ f
۳/۵	۵/۲۹ b	۰/۳۳ a	۰/۱۱ a	۷/۰۱ b	۸/۱۹ c	۸/۵۵ c
۵	۴۱/۸۲ c	۴۱/۳۸ c	۴۱/۸۶ c	۰/۱۹ a	۰/۵۰ a	۰/۷۴ a

اعداد با حروف مشابه در هر ستون یا ردیف نشانهٔ نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که افزایش زاویهٔ پره‌های الک از ۲۰ به ۳۰ درجه در هر یک از سطوح سرعت جریان هوا تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد مطالعه ندارد و در هر دو سطح ۲۰ و ۳۰ درجه در مقایسه با ۱۰ درجه، موجب افزایش معنی‌دار کاه و کلش در مخزن دانه می‌شود. از طرف دیگر، کاهش زاویه به ۱۰ درجه موجب افزایش درصد وزنی دانه‌های خارج شده از انتهای سیستم تمیزکننده خواهد شد. این تناقض ناکارایی الک‌های پره‌ای را برای محصول زیره نشان می‌دهد. کاه و کلش ناشی از کوبش زیره اغلب شامل ساقه‌های میله‌ای شکل با قطر ۵-۱ میلی‌متر و طول ۵۰-۱۰ میلی‌متر است (Saiedirad *et al.*, 2010)، لذا امکان عبور آسان و راحت ساقه‌ها از زیر پره‌های این‌گونه الک‌ها وجود دارد. با افزایش زاویهٔ قرارگیری الک نسبت به سطح افق، این مشکل حادتر می‌شود.

- تأثیر زاویهٔ قرارگیری الک

افزایش زاویهٔ قرارگیری الک‌ها نسبت به سطح افق موجب کند شدن حرکت مواد روی الک می‌شود و فرصت بیشتر برای عبور مواد از سوراخ‌های الک فراهم می‌آید. در این تحقیق، زاویهٔ قرارگیری الک‌ها نسبت به سطح افق در دو سطح ۵ و ۱۰ درجه روی عملکرد سیستم تمیزکننده بررسی شد. نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که با افزایش زاویه از ۵ به ۱۰ درجه، درصد

Archive of SID
www.SID.ir

وزنی دانه‌های خارج شده از انتهای سیستم تمیزکننده کاهش و درصد وزنی کاه و کلش موجود در مخزن دانه افزایش می‌یابد. هرچند افزایش زاویه موجب کاهش ضایعات دانه شده است ولی میزان ناخالصی‌ها هم در مخزن به طور معنی‌داری افزایش یافته است.

نتیجه گیری

موارد زیر را به‌صورت کلی می‌توان از این تحقیق نتیجه گرفت:

۱- میانگین سرعت حد دانه‌های زیره ۴/۹۱ متر بر ثانیه به دست آمد و مشخص شد که با افزایش اندازه و رطوبت دانه، سرعت حد دانه نیز افزایش می‌یابد.

۲- مقایسهٔ بین دو نوع کاه‌بر نشان داد که سوراخ‌های با قطر ۱۴ میلی‌متر (کاه‌بر ویژه سورگوم) نسبت به سوراخ‌های با قطر ۱۰ میلی‌متر (کاه‌بر ویژه یونجه) دارای برتری نسبی است. کاه‌بر با سوراخ‌های ۱۴ میلی‌متری توانایی جداسازی مناسب دانه‌ها از کاه و کلش را دارد بی‌آنکه موجب بیش‌باری روی الک‌ها شود.

۳- از بین سه سطح سرعت جریان هوا، استفاده از سرعت ۳/۵ متر بر ثانیه موجب تمیز شدن بهتر دانه‌ها با حداقل میزان بادبردگی دانه به خارج از کمباین می‌شود.

۴- با توجه به اینکه با کاهش زاویهٔ پره‌های الک میزان خروج دانه از انتهای سیستم تمیزکننده تغییری نمی‌کند و درصد کاه و کلش موجود در مخزن دانه نیز کاهش می‌یابد، بنابراین زاویه مناسب برای پره‌های الک ۱۰ درجه انتخاب می‌شود.

۵- با مقایسهٔ صفات مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که الک‌ها با زاویهٔ ۵ درجه نسبت به سطح افق نسبت به الک‌ها با زاویهٔ ۱۰ درجه، کارایی بهتری دارند.

مراجع

Anon. 1999. Moisture Measurment-Unground Grain and Seeds. ASAE Standard.

Anon. 2010. Agricultural Statistical Bulletin. Ministry of Jihad-E-Agriculture. Province of Khorasan Razavi. (in Farsi)

Craessaerts, G., Saeys, W. and Missotten, B. 2007. A genetic input selection methodology for identification of the cleaning process on a combine harvester. Bios. Eng. 98(3): 297-303.

Kafi, M., Rashed, M., Kocheki, A. and Molafilabi, A. 2002. Cumin Cultivation. Mashhad University Pub. (in Farsi)

Panasiewicz, M., Sobczak, P., Mazur, J., Zawislak, K. and Andrejko, D. 2011. The technique and analysis of the process of separation and cleaning grain materials. J. Food Eng. 109, 603-608.

Rothouy, S., Wacker, P., Yin, W. and Kutzbachi, H. D. 2003. Capacity increase of cleaning unit by circular oscillation. International Conference on Crop Harvesting and Processing. ASABE. USA.

Saiedirad, M. H., Javadi, A. and Mahdinia, A. 2010. Effect of Drum and Concave Characteristics and Crop Moisture on Cumin Threshing Quality. J. Agric. Eng. Res. 10(4): 51-60. (in Farsi)

Tabatabaeefar, A., Aghagoolzadeh, H. and Mobli, H. 2002. The design and development of a chickpea second sieving and grading machine. ASAE Annual Meeting. Paper No. 021175.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.13/No.2/2012/P:109-118

Effect of Wind Speed, Straw Walker and Sieve Conditions on Quality of Cumin Seed Cleaning

M.H. Saeidirad *, B. Emadi, M. Naseri and S. Zarifneshat

* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resource Research Center, P.O. Box: 488, Khorasan Razavi, Iran. Email: Saiedirad@yahoo.com
Received: 17 May 2011, Accepted: 25 February 2012

Cumin is an annual plant suitable for cultivation in dry and semi-dry lands of Iran. It is harvested in two periods to prevent seed loss. Manual harvesting either by hand or using a scythe forms the initial stage. After drying and threshing, in the final stage, the seeds are manually sieved to be cleaned and separated from foreign material. This harvesting method is time-consuming and labor intensive and causes high loss, decreasing quality and increasing seed pollution. A combine harvester was used to study the function of effective factors on the separation and cleaning of cumin seeds after threshing. The effect of independent variables (type of straw walker, wind speed, sieve blade angle, sieve angle) on dependent parameters (percent of seed loss by weight from straw walker, from cleaner system, percent of straw by weight in seed hopper) was investigated using a randomized complete block design. As the size and moisture content of cumin seed increased, terminal velocity increased. The results showed that wind speed, sieve blade angle and sieve angle had significant effects ($P < 0.01$) on percent of seed loss by weight in the cleaner system and percent of straw by weight in the seed hopper. The percent of seed loss in the straw walker was also affected by the type of straw walker used.

Keywords: Cumin, Physical properties, Seed cleaning, Seed separation

Archive of SID

www.SID.ir