



بررسی و تعیین دینامیک سقوط بذر به منظور مطالعه یکنواختی کاشت تحت شرایط آزمایشگاهی در کارنده نیوماتیکی

زهرا عبدالله زارع^۱ و سامان آبدانان مهدی‌زاده^{۲*}

۱. فارغ التحصیل کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه

کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۲. استادیار دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

*ایمیل نویسنده مسئول: saman.abdanan@gmail.com

چکیده

بررسی یکنواختی فاصله بین بذور یکی از معیارهای مهم در ارزیابی عملکرد کارنده است، بطوریکه این معیار مهم تحت تأثیر میزان مکش کارنده متناسب با اندازه و وزن بذر، خصوصیات فیزیکی بذر، سرعت پیشروی، کیفیت بذر، و البته سرعت سقوط بذر قرار می‌گیرد. بنابراین در این پژوهش اثرات سرعت پیشروی واقعی در دو سطح (محدوده ۳ تا ۴/۵ و ۶ تا ۸/۵ کیلومتر در ساعت) و مکش در سه سطح (۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ میلی‌بار) برای دو بذر ذرت و کرچک با هدف تعیین سرعت سقوط بذر با استفاده از روابط سقوط آزاد (روش اول) و تعیین سرعت با استفاده از تغییرات مکان بذر در فریم‌های متوالی با کمک پردازش تصویر (روش دوم) مورد بررسی قرار گرفت، بطوریکه برای این دو روش به ترتیب شتابی برابر با ۹/۴۷ متر بر مجذور ثانیه و ۱۵/۷۵ متر بر مجذور ثانیه بدست آمد. جهت اثبات درستی مقادیر بدست آمده، مکان بذر در طول زمان‌های یکسان برای هر دو روش با استفاده از رابطه مکان-زمان محاسبه و با مقادیر بدست آمده از پردازش تصویر مقایسه شد که به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۸۹ و ۰/۹۹ و ریشه میانگین مربعات خطا $۱۰^{-۲} \times ۳/۰۹$ و $۱۰^{-۲} \times ۱/۲۲$ برای روش دوم نتیجه بهتری را نشان داد.

کلمات کلیدی: کارنده نیوماتیکی، یکنواختی فاصله بین بذور، دینامیک سقوط بذر، پردازش تصویر

مقدمه

کاربرد ماشین در تولید محصولات کشاورزی یکی از مهم‌ترین رخدادهای جهان کشاورزی بوده است. از جمله ماشین‌های تأثیرگذار بر افزایش عملکرد در تولید محصولات کشاورزی و کاهش مصرف نهاده‌های مصرفی از جمله کود و بذر، ماشین‌های کاشت هستند. توزیع یکنواخت گیاهان بر روی خطوط کشت نقش تعیین کننده‌ای در عملکرد محصولات دارد. بطوریکه ایجاد فضای مناسب برای هر گیاه می‌تواند به دلیل کاهش رقابت بین بوته‌ای سبب افزایش عملکرد گردد. از طرفی آماده سازی بستر بذر و استفاده از کارنده‌های دقیق، می‌تواند این افزایش عملکرد را تا بیش از ۸۰٪ فراهم کند (هیگ و همکاران، ۱۹۹۳؛ تامسون، ۱۹۸۶). از این رو در سال‌های اخیر کاشت دقیق، محور عمده تحقیقات مهندسی کشاورزی بوده و اغلب تحقیقات و پیشرفت‌های کاری بر توسعه و ارزیابی بذرکارهای محصولات کشاورزی (زراعی) متمرکز شده



است. بین کارنده‌های دقیق (شامل مکانیکی و نئوماتیکی)، کارنده‌های نیوماتیکی به دلیل کیفیت کار بهتر، کاهش نرخ بذر، کاهش صدمات بذر و همچنین قابلیت استفاده برای بذور مختلف از محبوبیت بیش‌تری بین کشاورزان برخوردار هستند (سوس و همکاران، ۱۹۸۹).

از معیارهای مهم در ارزیابی عملکرد کارنده، یکنواختی فاصله بین بذور است. بطوریکه در کارنده‌های دقیق مکانیزیم انتخاب بذر بایستی بذر را بصورت تکی انتخاب و در مکان مناسب رها کند. از فاکتورهای مؤثر بر فاصله کاشت می‌توان به میزان مکش کارنده متناسب با خصوصیات فیزیکی بذر (از جمله چگالی حجمی، چگالی بذر، قطر میانگین هندسی، وزن هزارانه، کرویت و ابعاد بذر که از عوامل مهم در تعیین میزان مکش بهینه بذرکار دقیق هستند)، سرعت پیشروی، کیفیت بذر، شرایط خاک و مهارت راننده اشاره نمود. از بین موارد فوق‌الذکر سرعت پیشروی مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر عملکرد کارنده می‌باشد (عفیفی و همکاران، ۲۰۰۹؛ اکسوان و همکاران، ۲۰۱۰). در واقع تغییرپذیری در فاصله کاشت با افزایش سرعت پیشروی افزایش می‌یابد بطوریکه کارایل و اوزمرزی^۱ (کارایل و اوزمرزی، ۲۰۰۱) بیان کردند سرعت پیشروی ۱ متر بر ثانیه به طور پیوسته الگوی بذر بهتری نسبت به سرعت پیشروی ۱/۵ و ۲ متر بر ثانیه جهت کشت دقیق خربزه و خیار نشان می‌دهد. در دقیق‌کارهای نیوماتیکی یکی دیگر از پارامترهای مهم و تأثیرگذار بر یکنواختی فاصله بذر میزان مکش مورد نیاز است. سینگ و همکاران (۲۰۰۵) طی بررسی‌های خود بر کاشت پنبه با استفاده از دقیق‌کار نیوماتیکی دریافتند که تحت سرعت‌های کم‌تر، با افزایش مکش میزان کاشت چندگانه افزایش می‌یابد و تحت سرعت‌های بالاتر با افزایش مکش میزان نکاشت کاهش می‌یابد.

مطالعات زیادی روی بذرکارها تحت شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای انجام شده است. از آنجایی که شرایط آزمایشگاه کاملاً کنترل شده است می‌توان به راحتی با استفاده از ابزار دقیق و تسمه روغنی یکنواختی فاصله کاشت را بررسی نمود. همچنین نتایج حاصل از روش آزمایشگاهی اختلاف قابل توجهی با نتایج حاصل از روش مزرعه‌ای داشته و گویای این است که روش آزمون آزمایشگاهی نمی‌تواند برای پیش‌بینی یکنواختی فاصله‌ی بذور کاشته شده توسط بذرکار در مزرعه استفاده شود (کوچر و همکاران، ۱۹۹۳؛ لان و همکاران، ۱۹۹۹؛ رحمان و سینگ، ۲۰۰۳). کوچر و همکاران (۱۹۹۸) و لان و همکاران (۱۹۹۹) یک سیستم حس‌گر نوری الکترونیکی طراحی نمودند که توانایی اندازه‌گیری فواصل زمانی بین بذرها و شناسایی موقعیت نسبی بذر خارج شده از لوله‌ی سقوط نسبت به کارنده برای تعیین سریع یکنواختی فاصله‌ی بذر در آزمایشگاه، را داشت. این سیستم دارای دو محدودیت بود: سیستم طراحی شده قادر به تشخیص بذور با قطر کوچکتر از ۳ میلی‌متر و همچنین سقوط دوتایی بذر نبود. طی بررسی‌های انجام شده توسط کارایل^۲ و همکاران (۲۰۰۶) به این نتیجه رسیدند که با استفاده از دوربین سرعت بالا می‌توان این مشکل را حل نمود. بطوریکه آن‌ها از سیستم دوربین سرعت بالا برای ارزیابی آزمایشگاهی یکنواختی فاصله بذور کاشته شده توسط خطی‌کار و سرعت سقوط بذر در حین عملیات استفاده نمودند. عملکرد سیستم دوربین سرعت بالا از نظر ارزیابی فاصله بذور با آزمون ثابت تسمه روغنی به عنوان مبنا مقایسه شد. به طور کلی آن‌ها بیان نمودند که سیستم دوربین سرعت بالا در بدست آوردن فاصله بین بذور و

¹-Ozmerzi

²-Karayel



سرعت سقوط بذر به خوبی عمل می‌کند تا آنجا که در همه آزمون‌های انجام شده روی دو بذر گندم و سویا، سیستم دوربین سرعت بالا هیچ بذری را از دست نداد. پیش از این دریک^۳ و همکاران (۱۹۹۱) برای اندازه‌گیری نوسانات دو بعدی بذور در جریان شیب محور گرانش از دوربین سرعت بالا و پردازش تصویر استفاده نمودند. در پژوهشی دیگر آزمون ثابت تسمه روغنی مجهز به سیستم دوربین جهت بهینه‌سازی پارامترهای عملکردی مکانیزم تقسیم بذر کارنده نئوماتیکی برای بذر کلزا توسط لیو^۴ و همکاران (۲۰۰۹) توسعه داده شد. آن‌ها اظهار نمودند که هیچ بذر خسارت دیده‌ای با این کارنده مشاهده نشد و کیفیت یکنواختی فاصله کاشت به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر سرعت چرخش صفحه تقسیم بذر و مکش هوا قرار داشت. یانگ^۵ و همکاران (۲۰۱۰) عملکرد مکانیزم تقسیم بذر یک کارنده نوع مغناطیسی مجهز به سیستم دوربین سرعت بالا را در مقایسه با روش بینایی ماشین و روش اندازه‌گیری دستی مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. برای سیستم دوربین سرعت بالا خطای نسبی دقت و ضریب تغییرات انحراف استاندارد به ترتیب کمتر از ۳ و ۵ درصد بدست آمد. این مساله بیانگر دقت بالای سیستم تشخیص آنالیز بود. در بررسی دیگر ژان^۶ و همکاران (۲۰۱۰) عملکرد کارنده سیلندری نئوماتیکی برای کاشت دقیق بذر کلزا را ارزیابی نمودند. بدین منظور یک سیستم دوربین سرعت بالا برای ثبت سقوط بذور بالای تسمه روغنی قرار داده شد. سپس جابجایی افقی و زمان سقوط بذور تحت سه زاویه ۳۰-، صفر و ۳۰ درجه و ۴ سطح مکش با استفاده از آنالیز عددی پیش بینی شده و با مقادیر بدست آمده با استفاده از سیستم دوربین سرعت بالا مورد مقایسه قرار گرفت. در تمامی تیمارهای مصور یک رفتار منحنی شکل از بذور دیده شد. طبق نتایج خطای نسبی جابجایی و زمان به ترتیب با مقادیر کمتر از ۵/۵٪ و ۶/۵٪ توافق خوبی را با مقادیر واقعی نشان دادند. سرعت سقوط بذر متأثر از سرعت چرخش صفحه تقسیم بذر و رفتار منحنی شکل از بذور می‌باشد؛ اگرچه مسیر بذر در هنگام کاشت در جهت محور گرانش می‌باشد بطوریکه انتظار می‌رود با شتاب ۹/۸ متر بر مجذور ثانیه به زمین برسد، اما با توجه به اینکه بذرهاي مورد بررسی دارای جرم اندک بوده و همچنین کوتاه بودن ارتفاع سقوط، در پژوهش حاضر سعی شده به تحلیل رفتار بذر، محاسبه سرعت سقوط بذر و تعیین شتاب بذر هنگام سقوط پرداخته شود.

مواد و روش

تحقیق حاضر در سال ۱۳۹۲ در محیط آزمایشگاهی در کارگاه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان با استفاده از یک ردیفکار نئوماتیکی انجام شد. قبل از اجرای آزمون لازم دیده شد که بذرکار نئوماتیکی یونیسیم را به ابزار دقیق جهت داده‌برداری آنالیز تجهیز شود. قبل از اجرای آزمون، ردیفکار و هم‌چنین محیط آزمایش برای اجرا و داده‌برداری آماده گردید. جهت راه‌اندازی بذرکار از یک تراکتور MF399 مجهز به انواع حسگرهای اندازه‌گیری لحظه‌ای پارامترهای عملکردی تراکتور-ادوات هم‌چون دور موتور، درصد بکسواد کلیه چرخ‌ها، سرعت پیشروی واقعی، نیروی کششی و مصرف سوخت استفاده شد. هم‌چنین داده‌های مربوط به کلیه این پارامترها از طریق یک سامانه جمع‌آوری داده (DAS^۷) دریافت و به صورت بی‌سیم^۸ بر روی لپ‌تاپ کاربر قابل نمایش و ذخیره سازی بود [۶]. در همین

3-Drake

4-Liao

5-Yang

6- Zhan

2-Data Acquisition System

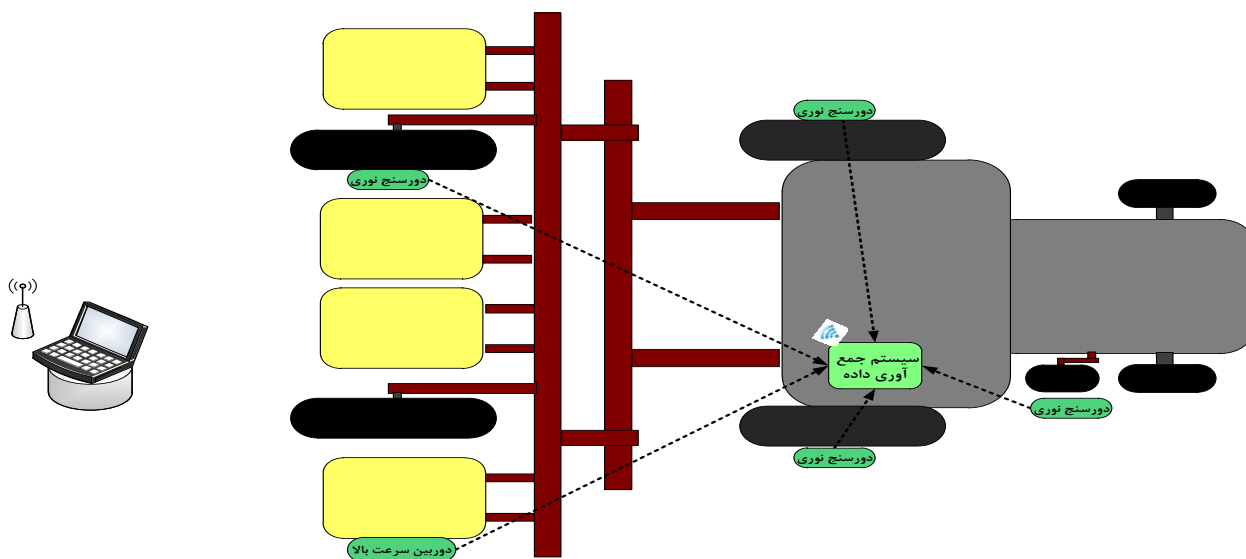


راستا یک دستگاه شفت انکودر و جهت اندازه‌گیری دقیق فشار منفی دستگاه از یک دستگاه ترنسمیتر مکش به DAS متصل گردید.

همچنین جهت نظارت و ثبت کامل رفتار بذور از تکنیک فیلم‌برداری استفاده شد. برای نصب دوربین به بذرکار، شیاربازکن از واحد کارنده جدا شد و دوربین به صورت عمود بر جهت حرکت روی یک بازوی افقی در فاصله ۳۰ سانتی-متری از سمت راست واحد کارنده قرار گرفت. همچنین از دو لامپ ال ای دی ۱' جهت روشن‌سازی ناحیه سقوط بذر استفاده شد.

جدول ۱: مشخصات ابزار دقیق مورد استفاده جهت تجهیز بذرکار

نام حسگر	مدل	محل نصب
شفت انکودر	S48-8-0360ZT (TK1)	چرخ کارنده
فشار سنج	BT 10-210 ۱۰۰۰- میلی‌بار	پنکه مکنده کارنده
دوربین با سرعت ۳۲۰ فریم بر ثانیه	Fujif660	پشت شیار بازکن



شکل ۱- شماتیک تجهیز بذرکار به ابزار دقیق

عملکرد دوربین سرعت بالا از نظر یکنواختی سقوط بذر با داده‌های بدست آمده از انباره خاک (به مبنا) که در قالب تصویر جمع آوری گردید، مقایسه شد. پس از ثبت داده‌ها از تکنولوژی پردازش تصویر با اهداف تفکیک نمودن بذرها از زمینه‌ی قرار گرفته روی آن، تعیین موقعیت بذرها در سیستم متناسب با موقعیت واقعی آن‌ها در تصویر، تعیین مساحت، ابعاد بذرها، محاسبه‌ی فواصل بین بذور و بررسی حرکت بذر (تعیین دینامیک سقوط بذر) استفاده گردید. بدین منظور فیلم‌های با فرمت AVI به رشته‌ای از فایل‌های JPEG در فریم‌ها از هم تفکیک شدند. تصاویر رنگی به طور خودکار به شیء موردنظر (بذر) و و پس‌زمینه (بخش‌های دیگر موجود در تصویر) با استفاده از الگوریتم‌های زیر تقسیم شدند:

$$I_{new} = \begin{cases} 1 & \text{if } \begin{cases} 10 \leq r_{x,y} < 85 \\ 0 \leq g_{x,y} \leq 80 \\ b_{x,y} \in [0 \ 255] \end{cases} \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases}$$

که r, g, b کانال‌های قرمز، سبز و آبی تصویر ۸ بیتی هستند و X و Y به عنوان عملگرهای مختصات دکارتی تصویر قدیمی و تصویر جدید با بذور تفکیک شده می‌باشند. این تصویر تفکیکی شده یک تصویر باینری (دودویی) است که صفر (سیاه) و ۱ (سفید) به ترتیب به معنای پس‌زمینه و بذر می‌باشد.

بررسی پارامترهای عملکردی و خصوصیات فیزیکی بذر ذرت و کرچک

آزمون‌های مورد نظر تحت دو سرعت پیشروی ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت و ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت، ۴ سطح مکش ۳۰- میلی‌بار، ۴۰- میلی‌بار، ۵۰- میلی‌بار و ۶۰- میلی‌بار برای دو بذر ذرت و کرچک تحت شرایط آزمایشگاهی جهت بررسی سرعت سقوط بذر انجام گردید.

میانگین خصوصیات فیزیکی بذور ذرت و کرچک و خطای استاندارد آن‌ها در جدول (۲) نشان داده شده که می‌تواند مشاهده نمود برای این دو بذر تنها دو خصوصیت چگالی و وزن هزاردانه از اختلاف قابل توجهی برخوردار می‌باشند.



جدول ۲: ابعاد و خصوصیات فیزیکی دو بذر ذرت و کرچک

خصوصیات فیزیکی	طول (میلی-متر)	ضخامت (میلی-متر)	عرض (میلی-متر)	وزن هزار دانه (گرم)	سطح بذر (میلی-متر مربع)	کرویت (%)	چگالی (کیلوگرم بر متر مکعب)	قطر میانگین هندسی (میلی-متر)	نوع بذر
									ذرت
	۱۱/۲±	۴/۷±	۷/۷±	۲۸۲/۵±	۷۳/۵±	۶۶/۱±	۱۱۷۶/۴±	۷/۴±۰/۰۴	ذرت
	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۸	۱/۷	۱/۹۵	۰/۶۱	۱۱		ذرت
	۱۱/۵±	۵/۶±	۷/۴±	۱۸۳±	۷۹/۴±	۶۷/۸±	۸۰۰±۷۰	۷/۸±۰/۰۳	کرچک
	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۱/۱۱	۱/۳۱	۰/۳			کرچک

روش اندازه‌گیری سرعت سقوط بذر

به منظور تعیین سرعت سقوط بذر، مکانیزم تقسیم بذر نسبت به سرعت چرخ کارنده با سرعت ثابت به حرکت در آورده شد، در واقع با تغییر سرعت پیشروی، دور بر دقیقه مکانیزم تقسیم بذر نیز تغییر می‌کرد. بنابراین، سرعت اولیه سقوط بذر در تیمارهای مختلف تحت تأثیر دو پارامتر سرعت پیشروی و مکش قرار داشت. با توجه به مکان جدایی بذر از صفحه بذر، سرعت اولیه افقی سقوط بذر تحت سه زاویه صفر، ۱۰ و ۲۰ درجه مورد بررسی قرار گرفت.

سرعت سقوط بذر بر اساس معادلات سقوط آزاد با استفاده از روابط (۱) تا (۵) تعیین شد:

$$v_{0x} = r\omega \cos \alpha - v_f \quad (1)$$

$$v_{0y} = r\omega \sin \alpha + gt \quad (2)$$

$$v_x = v_0 \cos \beta \quad (3)$$

$$v_y = v_0 \sin \beta + gt \quad (4)$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (5)$$

که r شعاع صفحه تقسیم بذر، ω سرعت چرخشی صفحه تقسیم بذر، v_f سرعت پیشروی کارنده، α زاویه بین خط افقی با صفحه تقسیم بذر و مسیر بذر در لحظه سقوط، β زاویه بین خط افقی و مسیر بذر برای هر نسبت به فریم قبلی، v_{0x} و v_{0y} به ترتیب سرعت افقی و عمودی در لحظه صفر، t زمان سقوط بذر، v_x و v_y سرعت نهایی افقی و عمودیدر هر فریم و v سرعت نهایی می‌باشد.

نتایج و بحث

طبق جدول (۳) بیش‌ترین مقدار شاخص کیفیت تغذیه در مکش ۴ کیلوپاسکال و نیز دو محدوده سرعت پیشروی ۳ تا ۴/۵ و ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت برای دو بذر ذرت و کرچک می‌باشد، البته مقدار کیفیت تغذیه بدست آمده برای بذر کرچک در سرعت پیشروی ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش ۴ کیلوپاسکال (۹۸/۳۱٪) از نظر آماری با سه تیمار مذکور



دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد؛ این در صورتیست که برای دو شاخص نکاشت و چندگانه دارای در مکش ۴ کیلوپاسکال و سرعت پیشروی ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت کم‌ترین مقدار (به ترتیب برابر با صفر و ۱/۶۸٪) بدست آمد که مطلوب و موردنظر است.

با توجه به اینکه میزان نکاشت با افزایش مکش، کاهش یافته و با افزایش سرعت پیشروی افزایش می‌یابد و از طرفی دیگر، میزان کاشت چندگانه در سرعت بالاتر کاهش اما با افزایش مکش، افزایش یافته (سینگ و همکاران، ۲۰۰۵)، در تحقیق حاضر نیز بالاترین مقدار شاخص نکاشت در سرعت پیشروی ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش ۳ کیلوپاسکال برای دو ذرت و کرچک به ترتیب با میانگین ۶۰/۱۷٪ و ۴۱/۸٪ بدست آمد. رفتارهای مختلف بذر برای دو بذر مذکور به عنوان نمونه در شکل (۲-الف) نشان داده شده است که با توجه به مشاهدات انجام شده، برای بذر کرچک تقریباً ۶۷/۳۹٪ از بذور به سمت چپ (با زاویه ۲۰ درجه) انحراف پیدا کرده و ۳۲/۶٪ از بذور مستقیماً روی سطح بستر خاکی سقوط کردند اما برای بذر ذرت حدود ۶۲/۹۶٪ از بذور به سمت چپ (۱۱/۴۲٪ با زاویه ۱۰ درجه و ۵۱/۵۴٪ با زاویه ۲۰ درجه) منحرف شده و ۳۶/۰۴٪ در مسیر مستقیم سقوط کردند.

جدول ۳: نتایج یکنواختی کاشت کارنده مکشی با دو بذر ذرت و کرچک برای مکش‌ها و سرعت‌های مختلف

	شاخص دقت		شاخص کیفیت تغذیه		شاخص نکاشت		شاخص چندگانه	
	سرعت	سرعت	سرعت	سرعت	سرعت	سرعت	سرعت	سرعت
	(دامنه ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت)	(دامنه ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت)	(دامنه ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت)	(دامنه ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت)	(دامنه ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت)	(دامنه ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت)	(دامنه ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت)	(دامنه ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت)
ذرت								
۳	۱۹	۱۹	۷۴/۳۹ ^{cd}	۶۰/۱۷ ^a	۲۵/۶ ^d	۰	۰	
۴	۱۶	۱۶	۹۱/۶۲ ^b	۹/۶۶ ^e	۱۴ ^e	۰	۱/۶۳ ^c	
۵	۲۴	۲۴	۶۹/۵۶ ^{de}	۴۰/۲۳ ^{bc}	۲۸/۲۶ ^{cd}	۵/۰۱ ^a	۲/۱۷ ^{bc}	
۶	۳۲	۲۵	۷۴/۴۲ ^{cd}	۲۹/۱۶ ^{cd}	۲۱/۶۵ ^d	۲/۱۶ ^{bc}	۳/۹۲ ^{ab}	
کرچک								
۳	۲۴	۲۳	۸۱/۳۲ ^c	۴۱/۸ ^b	۱۸/۶۸ ^d	۰	۰	
۴	۱۵	۸/۸	۹۸/۳۱ ^a	۹/۰۷ ^e	۰	۰	۱/۶۸ ^c	
۵	۲۴	۱۵	۷۶/۹ ^{cd}	۱۹/۴۵ ^d	۲۳/۰۹ ^d	۱/۹۹ ^{bc}	۰	
۶	۲۵	۱۹	۷۸ ^{cd}	۱۸/۴۵ ^d	۲۲ ^d	۰	۰	

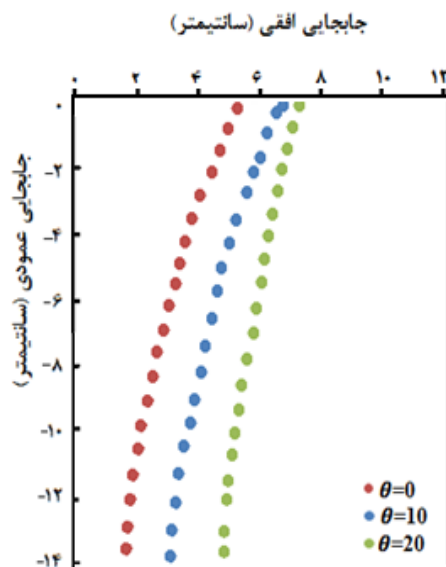
همچنین در سرعت پیشروی ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش ۳ کیلوپاسکال برای هر دو بذر مورد بررسی مقدار شاخص چندگانه برابر با صفر شد. البته برای این شاخص بیش‌ترین مقادیر در دو تیمار مکش ۷ کیلوپاسکال و سرعت ۳ تا



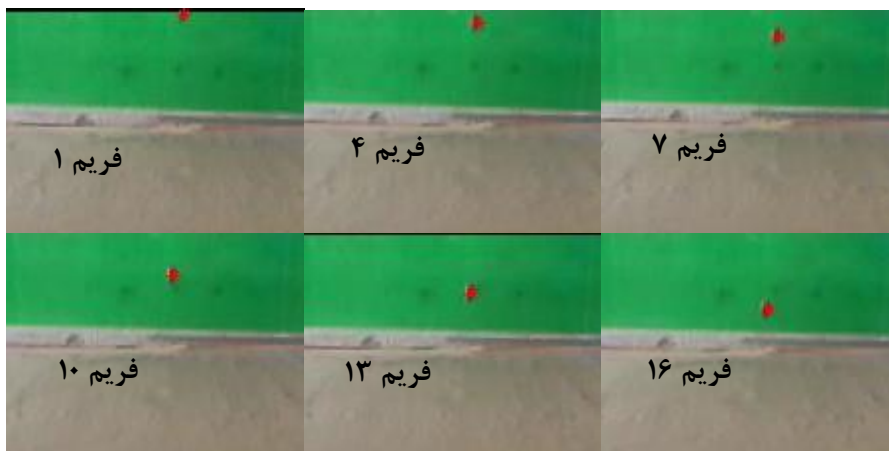
۴/۵ کیلومتر بر ساعت (برابر با ۳/۹۲٪) و سرعت پیشروی ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش ۵ کیلوپاسکال (برابر با ۵/۰۱٪) مشاهده گردید که از نظر آماری بین این دو مقدار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

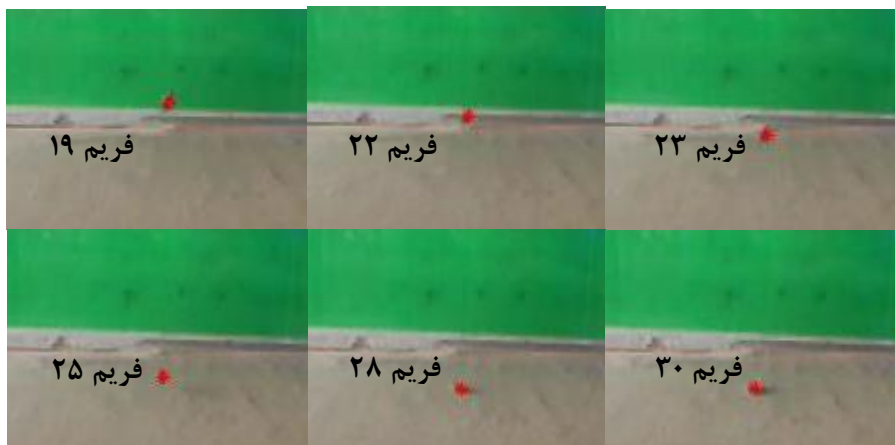
سرعت سقوط بذر یکی از عوامل تأثیرگذار بر مسیر سقوط بذر و در نتیجه یکنواختی فاصله کاشت می‌باشد، از این رو سعی شده که سرعت سقوط بذر نسبت به زمان، نسبت به جابجایی افقی و همچنین تأثیر شتاب گرانش بر سرعت سقوط بذر به تفصیل بررسی شود. جهت بررسی سرعت سقوط بذر ابتدا بایستی اطلاعات و تصاویری واضح از رفتار بذر در اختیار باشد.

شماتیک رفتار بذر (به طور کلی) در هنگام سقوط در شکل (۲ - الف) قابل مشاهده است که این نمودار از توالی تصویر فرآیند سقوط بذر که با استفاده از دوربین سرعت بالا بدست آمده، رسم شده است. توالی تصاویر مذکور در شکل (۲-ب) نشان داده شده است.



شکل ۲ (الف): شماتیک رفتار بذر (به عنوان نمونه) در هنگام سقوط تحت زوایای مختلف نسبت به صفحه تقسیم بذر



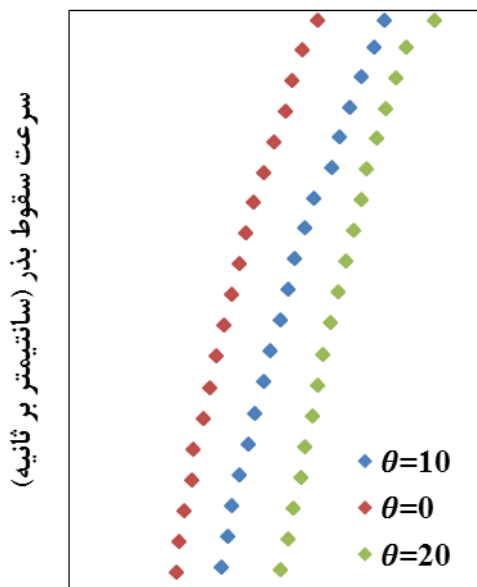


شکل ۲ (ب): توالی تصاویر فرآیند سقوط بذر (یک بذر به عنوان نمونه) با استفاده از دوربین سرعت بالا

با توجه به اینکه سقوط آزاد یک حرکت شتاب دار با شتاب $9/8$ متر بر مجذور ثانیه می‌باشد پس انتظار می‌رود که بذر نیز با چنین شتابی سقوط کند. نمودار جابجایی افقی - سرعت سقوط بذر (شکل ۳) نشان می‌دهد که بذر در هنگام سقوط مسیر منحنی شکلی را طی کرده است، در این نمودار مقادیر مختلف جابجایی عمودی بذر در فریم‌های پی در پی و بر اساس جابجایی افقی نشان داده شده که بیانگر سرعت بذر در مکان‌های مختلف از مسیر و در Δt های یکسان می‌باشد. سرعت بذر در هر فریم با استفاده از روابط (۱) تا (۵) محاسبه گردید. همانطور که ملاحظه می‌شود سرعت سقوط بذر با استفاده از روابط سقوط آزاد محاسبه شده است. بدین صورت که ابتدا سرعت اولیه بذر (در لحظه جدایی بذر از صفحه تقسیم بذر) که از برآیند سرعت چرخش صفحه تقسیم بذر و سرعت پیشروی حاصل می‌شود، به عنوان سرعت اولیه بذر در اولین فریم و سپس سرعت نهایی در اولین فریم برابر سرعت بذر در ابتدای فریم دوم در نظر گرفته شد و همین روند تا لحظه رسیدن بذر تا بستر بکار گرفته شد. با توجه به اینکه فیلم برداری با استفاده از دوربین سرعت بالای 320 فریم بر ثانیه انجام گردید، فاصله زمانی بین دو فریم برابر $0/003$ ثانیه می‌باشد.

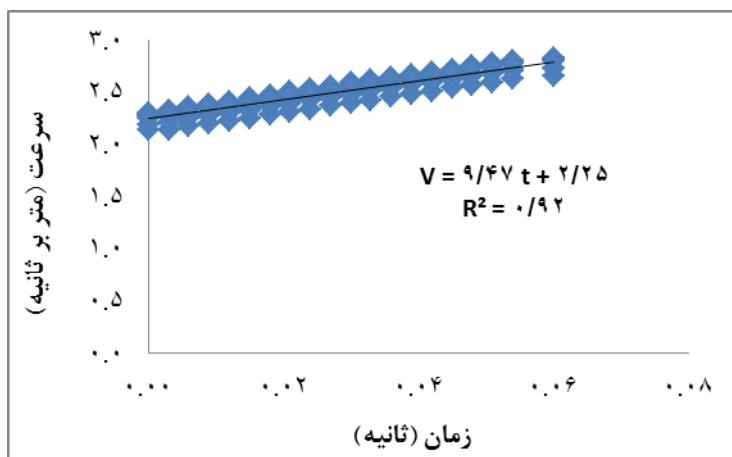


جابجایی افقی (سانتیمتر)



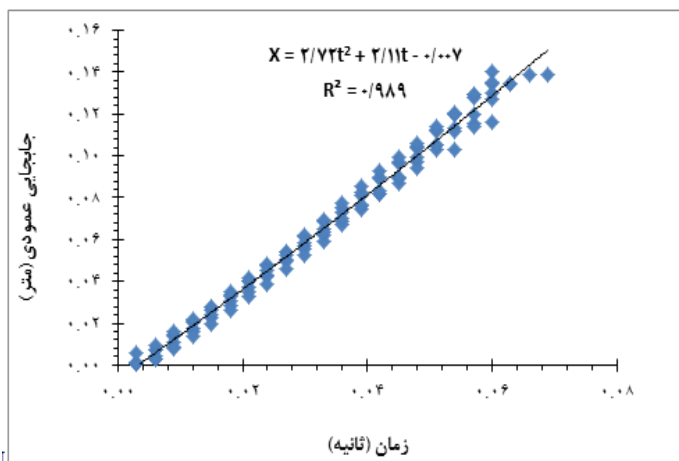
شکل ۳: شماتیک جابجایی افقی بذر بر حسب سرعت سقوط در سه زاویه نسبت به صفحه تقسیم بذر

جهت رسم نمودار سرعت (سرعت سقوط بذر) - زمان با استفاده روش مذکور سرعت محاسبه و برای Δt های ۰/۰۰۳ ثانیه رسم گردید که به صورت شکل (۴) می‌باشد:



شکل ۴: رابطه سرعت سقوط بذر بر حسب زمان با استفاده از روابط سقوط آزاد

با توجه به شکل (۴) رابطه‌ی خطی قوی بین سرعت سقوط بذر با زمان وجود دارد، از طرفی سقوط هر جسمی از ارتفاعی بالاتر از سطح زمین دارای شتابی برابر شتاب گرانش است. طبق رابطه $V = 9/47t + 2/25$ برای سقوط بذر شتابی برابر با ۹/۴۷ متر بر مجذور بدست آمد. جهت روشن‌تر شدن موضوع به بررسی مکان‌های مختلف بذر در مدت زمان سقوط بذر پرداخته می‌شود. شکل (۵) بیانگر رابطه مکان بذر بر اساس زمان می‌باشد.

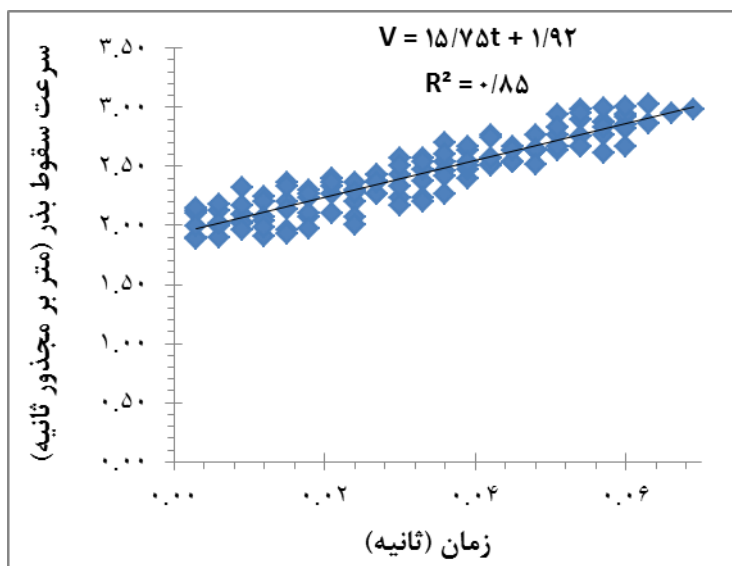


شکل ۵: رابطه جابجایی عمودی بر حسب زمان با استفاده از پردازش تصویر

از آنجاییکه سقوط بذر حرکتی شتابدار است، رابطه بین جابجایی عمودی بذر و زمان بر اساس شکل (۵)، رابطه درجه دو با ضریب تعیین ۰/۹۹ بدست آمد. همچنین طی زمان‌های یکسان، میزان جابجایی عمودی بذر (بر حسب متر) نسبتاً کوچک بوده است بطوریکه به نظر می‌رسد بذر با سرعت ثابت در حال سقوط است، اما در واقع چنین نیست. جهت بررسی دقیق‌تر این موضوع، رابطه بین تغییرات مکان بر اساس تغییرات زمانی که بیانگر سرعت سقوط بذر می‌باشد با استفاده از رابطه (۶) بدست آمد:

$$\Delta x = V \times \Delta t \quad \longrightarrow \quad V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (۶)$$

بر این اساس شکل (۶) که بیانگر رابطه تغییرات سرعت طی زمان‌های یکسان است رسم شد. همانطور که دیده می‌شود بین تغییرات زمان و سرعت رابطه خطی با ضریب تعیین ۰/۸۵ وجود دارد.



شکل ۶: رابطه سرعت سقوط بذر بر حسب زمان با استفاده از نسبت تغییرات مکان به زمان



همانطور که ملاحظه می‌شود در اینجا ضریب t که شتاب بذر است برابر $۱۵/۷۵$ متر بر مجذور ثانیه بدست آمد و بزرگتر از شتاب گرانش می‌باشد.

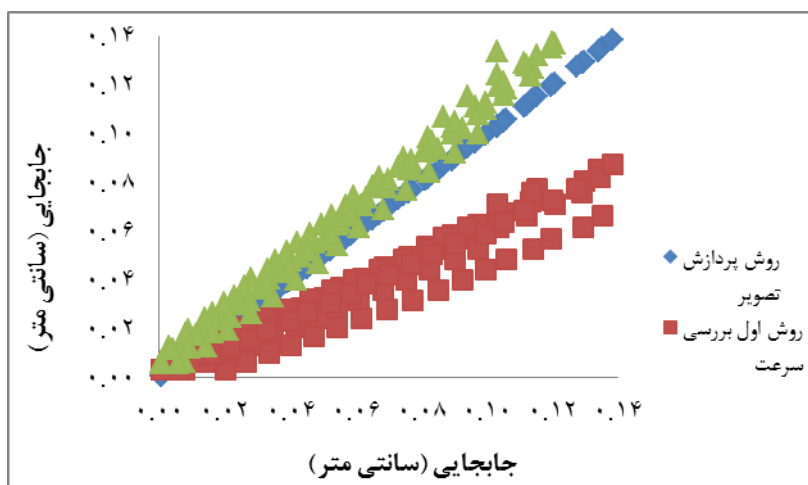
برای هر دو روش محاسبه سرعت سقوط بذر، با استفاده از رابطه (۷) میزان جابجایی در زمان یکسان ($۰/۰۰۳$ ثانیه) مورد بررسی قرار گرفت. سپس مقادیر بدست آمده برای هر دو روش با مکان بذر در فریم‌های متوالی شد.

$$X = 0.5 a t^2 + v_0 t$$

(۷)

رابطه مقادیر بدست آمده از معادله مکان برای هر دو روش با مقادیر قبل از توسعه معادله به صورت شکل (۷) نشان

داده شده است.



شکل ۷: رابطه مقادیر بدست آمده از معادله مکان برای هر دو روش با مقادیر قبل از توسعه معادله

مطابق شکل (۷) روش دوم (تعیین سرعت و شتاب با استفاده از تغییرات مکان بذر در فریم‌های متوالی) تعیین جابجایی

نسبت به روش اول که با استفاده از روابط سقوط آزاد تعیین شد، به مقدار واقعی برگرفته از پردازش تصویر نزدیک‌تر می‌باشد. بطوریکه برای این دو روش به ترتیب دارای همبستگی $۰/۹۹$ و $۰/۸۹$ با مقدار واقعی بدست آمد. در نتیجه می‌توان گفت که سقوط بذر یک حرکت سقوط آزاد نبوده و بذور با توجه به حرکت چرخشی صفحه موزع دارای شتاب $۱۵/۷۵$ متر بر مجذور ثانیه می‌باشند که شتابی بزرگتر از شتاب گرانش است.

جمع‌بندی

بررسی‌های انجام شده نشان داد بهترین یکنواختی کاشت برای هر دو بذر در مکش ۴ کیلوپاسکال و سرعت محدوده ۳ تا $۴/۵$ سانتی‌متر بدست آمد. همچنین بالاترین مقدار شاخص نکاشت در سرعت پیشروی ۶ تا $۸/۵$ کیلومتر بر ساعت و مکش ۳ کیلوپاسکال برای دو ذرت و کرچک به ترتیب با میانگین $۶۰/۱۷\%$ و $۴۱/۸\%$ بدست آمد. طبق بررسی انجام شده بر سرعت سقوط بذر با استفاده از روابط سقوط آزاد (روش اول) و تعیین سرعت با استفاده از تغییرات مکان بذر در فریم‌های متوالی (روش دوم)، به ترتیب شتابی برابر با $۹/۴۷$ متر بر مجذور ثانیه و $۱۵/۷۵$ متر بر مجذور ثانیه بدست آمد که جهت اثبات درستی مقادیر بدست آمده، مکان بذر در طول زمان‌های یکسان برای هر دو روش با استفاده از رابطه مکان-زمان محاسبه و با مقادیر بدست آمده از پردازش تصویر مقایسه شد که به ترتیب با ضریب تبیین $۰/۸۹$ و $۰/۹۹$ و ریشه میانگین



مربعات خطا $1/22 \times 10^{-2}$ و $3/09 \times 10^{-2}$ برای روش دوم نتیجه بهتری را نشان داد. طبق نتایج بدست آمده می‌توان دریافت که بذر در هنگام سقوط (اگرچه مسیر حرکت بذر در راستای محور گرانش می‌باشد) تنها تحت تأثیر شتاب گرانش نمی‌باشد، بلکه به دلیل چرخش صفحه تقسیم بذر که منجر به اعمال نیروی گریز از مرکز و سرعت اولیه قابل ملاحظه‌ای به بذر می‌شود، رفتار بذر در حین سقوط کاملاً قابل پیش بینی نبوده و در نهایت باعث افزایش شتاب بذر می‌شود.

مراجع

1. M. Afify, Z. El-Haddad, G. Hassan, and Y. Shaaban, , 2009. "Mathematical model for predicting vacuum pressure of onion seeds precision seeder", Journal of Agricultural Engineering. 26(4):1776 – 1799.
2. T.G. Drake, "Granular flow: physical experiments and their implications for microstructural theories", J. Fluid Mech. 225, 121–152, 1991.
3. H. Heege, 1993. "Seeding methods performance for cereals, rape, and beans", American Society of Agricultural and Biological Engineers. 36(3):653–661.
4. D. Karayel, and A. Ozmerzi, 2001. "Effect of forward speed and seed spacing on seeding uniformity of a precision vacuum metering unit for melon and cucumber seeds", Journal of the Faculty of Agriculture. 14(2): 63–67.
5. D. Karayel, M. Wiesehoff, A. Özmerzi, and J. Müller, 2006. "Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system", Computers and Electronics in Agriculture. 50(2): 89-96.
6. N. Kazemi, M. Almasi., H. Bahrami., M. J. Shaykh Davoodi., and M. Mesgarbashi, 2014. "Efficacy analysis of management major factors affecting on overall energy efficiency of tractor implement by real-time performance monitoring", The 8th National Congress on Agriculture Machinery Engineering (Biosystem) and Mechanization. 982-996.
7. M. Kocher, Y. Lan, C. Chen, and J.A. Smith, 1998. "Optoelectronic sensor system for rapid evaluation of planter seed spacing uniformity", Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers. 41(1):237-245.
8. Y. Lan, M.F. Kocher, and A. Smith, 1999. "Opto-electronic sensor system for laboratory measurement of planter seed spacing with small seeds", Journal of Agricultural Engineering Research. 72:119–127.
9. Q. X. Liao, J. B. Li, and G. L. Qin, 2009. "Experiment of pneumatic precision metering device for rapeseed", Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery. 40(8): 44-48.
10. H. Raheman, and U. Singh, 2003. "A sensor for seed flow from seed metering mechanisms", IE. (1), Journal- AG. 84:6-8.
11. R.C. Singh, G. Singh, and D.C. Saraswat, 2005. "Optimization of design an operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting cottonseeds", Biosystems Engineering. 92(4): 429-438.
12. P. Soos, Z.S. Szuule, and J. Fuzuzy, 1989. "A comparative evaluation of modern sugar beet drills", Bulletin of the university of agricultural science, goodoollo. 1,166–170.
13. M. Thomson, 1986. "Drill performance assessments", British Sugar Beet Review. 54(4):11-14.
14. D. Xiaoyan, L. Xu, Sh. Caixia, H. Haidong, and L. Qingxi, 2010. "Mathematical model and optimization of structure and operating parameters of pneumatic precision metering device for rapeseed", Journal of Food, Agriculture and Environment. 8(3&4): 318 -322.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



15. D.Y. Yang, J. P. Hu, and Z. Q. Xie, 2010. "Detection technology for precision metering performance of magnetic-type seeder based on machine vision. Computer and Computing Technologies in Agriculture IV", 4th IFIP TC 12 conference, CCTA, selected papers, part 1: 555-562.
16. Z. Zhan, Y. Li, J. Chen, and L. Xu, 2010. "Numerical analysis and laboratory testing of seed spacing uniformity performance for vacuum-cylinder precision seeder", Journal of Biosystems engineering. 106: 344-351.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



Study and Determination of Seed Falling Dynamics to Evaluate Seed Spacing Uniformity of a Pneumatic Planter under Laboratory Conditions

Abstract

An important criterion in evaluating seeder performance is seed spacing uniformity; so that, it is affected by the vacuum pressure value of the pneumatic seeder, proportional to seed weight and size, the physical properties of the seeds, the forward speed, quality of seed, and seed fall speed. Therefore, in this study, the effects of two levels of actual forward speed and three levels of vacuum pressure for both maize and castor seeds were evaluated to determine the speed of falling of seed by using of free fall equations (first method) and seed displacement during consecutive frames by image processing (second method); so that, the acceleration values obtained for two mentioned methods equal to 9.47 m.s^{-2} and 15.75 m.s^{-2} , respectively. To confirm accuracy of the values obtained, locations of seeds were calculated by using of the equation of -time-position for the both methods and it was compared to the obtained values of image processing. According to the correlation coefficient of 0.89 and 0.99, and root mean square error of $3/09 \times 10^{-2}$ and $1/22 \times 10^{-2}$, for the first and second method, respectively, the second method shows better results than the first method.

Keywords: Pneumatic planter, Seed spacing uniformity, Seed fall dynamic, Image processing