

## بررسی یکنواختی فاصله کاشت و دینامیک سقوط بذر تحت شرایط آزمایشگاهی در کارنده نیوتیکی با کمک بینایی ماشین

زهرا عبدالله زارع<sup>۱\*</sup> و سامان آبدانان مهدی‌زاده<sup>۲</sup>

### چکیده

بررسی یکنواختی فاصله بین بذور یکی از معیارهای مهم در ارزیابی عملکرد کارنده است، به‌طوری‌که 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) بررسی شد برای این دو روش به‌ترتیب شتابی برابر با ۹/۴۷ متر بر مجذور ثانیه و ۱۵/۷۵ متر بر مجذور ثانیه به دست آمد. برای اثبات درستی مقادیر به دست آمده، مکان بذر در طول زمان‌های یکسان برای هر دو روش با استفاده از رابطه مکان- زمان محاسبه و با مقادیر به دست آمده از پردازش تصویر مقایسه شد که به‌ترتیب با ضریب تبیین ۰/۸۹ و ۰/۹۹ و ریشه میانگین مربعات خطا  $10^{-2} \times 3/09$  و  $10^{-2} \times 1/22$  برای روش دوم نتیجه بهتری را نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** پردازش تصویر، دینامیک سقوط بذر، کارنده نیوماتیکی، یکنواختی فاصله بین بذور.

**ارجاع:** عبدالله زارع ز. و آبدانان مهدی‌زاده س. ۱۳۹۳. بررسی یکنواختی فاصله کاشت و دینامیک سقوط بذر تحت شرایط آزمایشگاهی در کارنده نیوتیکی با کمک بینایی ماشین. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۵: ۱۹-۲۸.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.  
۲- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان.

\* نویسنده مسئول: [zarezahra2013@gmail.com](mailto:zarezahra2013@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۲

## 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 روی خطوط کشت نقش تعیین کننده‌ای در عملکرد محصولات دارد. به طوری که ایجاد فضای مناسب برای هر گیاه می‌تواند به دلیل کاهش رقابت بین بوته‌های سبب افزایش عملکرد شود. از طرفی آماده‌سازی بستر بذر و استفاده از کارنده‌های دقیق، می‌تواند این افزایش عملکرد را تا بیش از ۸۰٪ فراهم کند (هیگ و همکاران، ۱۹۹۳ و تامسون، ۱۹۸۶). از این‌رو در سال‌های اخیر کاشت دقیق، محور عمده پژوهش‌های مهندسی کشاورزی بوده و بیشتر پژوهش‌ها و پیشرفت‌های کاری بر توسعه و ارزیابی بذرکارهای محصولات کشاورزی (زراعی) متمرکز شده است. بین کارنده‌های دقیق (شامل مکانیکی و نیوماتیکی)، کارنده‌های نیوماتیکی به دلیل کیفیت کار بهتر، کاهش نرخ بذر، کاهش صدمات بذر و همچنین قابلیت استفاده برای بذور مختلف دارای محبوبیت بیشتری بین کشاورزان هستند (سوس و همکاران، ۱۹۸۹).

از معیارهای مهم در ارزیابی عملکرد کارنده، یکنواختی فاصله بین بذور است. به طوری که در کارنده‌های دقیق مکانیزم انتخاب بذریاد بذر را به صورت 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 هزار دانه، 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 کرد. از بین موارد بالا سرعت پیشروی مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر عملکرد کارنده است (عفی و همکاران، ۲۰۰۹ و اکسوان و همکاران، ۲۰۱۰). درحقیقت تغییرپذیری در فاصله کاشت با افزایش سرعت پیشروی افزایش می‌یابد به طوری که کارایل و اوزمرزی (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 برای کشت دقیق خریزه و خیار نشان می‌دهد. در دقیق‌کارهای نیوماتیکی یکی دیگر

از پارامترهای مهم و تأثیرگذار بر یکنواختی فاصله بذر میزان مکش مورد نیاز است. سیگ و همکاران (سینگ و همکاران، ۲۰۰۵) در بررسی‌های خود بر کاشت پنبه با استفاده از دقیق‌کار نیوماتیکی دریافتند که در سرعت‌های کمتر، با افزایش مکش میزان کاشت چندگانه افزایش می‌یابد و در سرعت‌های بالاتر با افزایش مکش میزان نکاشت کاهش می‌یابد.

بررسی‌های زیادی روی بذرکارها در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای انجام شده است. از آنجایی که شرایط آزمایشگاه به طور کامل کنترل شده است می‌توان به راحتی با ابزار دقیق و تسمه روغنی یکنواختی فاصله کاشت را بررسی کرد. 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 فاصله بذور کاشته شده توسط بذرکار در مزرعه استفاده شود (کوچر و همکاران، ۱۹۹۳؛ لان و همکاران، ۱۹۹۹ و رحمان و سینگ، ۲۰۰۳). کوچر و همکاران (۱۹۹۸) و لان و همکاران (۱۹۹۹) یک سیستم حسگر نوری الکترونیکی طراحی کردند که توانایی اندازه‌گیری فواصل زمانی بین بذرها و شناسایی موقعیت نسبی بذر خارج شده از لوله سقوط نسبت به کارنده برای تعیین سریع یکنواختی فاصله 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. در بررسی‌های انجام شده توسط کارایل و همکاران (۲۰۰۶) به این نتیجه رسیدند که با دوربین سرعت بالا می‌توان این مشکل را حل کرد. به طوری که آن‌ها از سیستم دوربین سرعت بالا برای ارزیابی آزمایشگاهی یکنواختی فاصله بذور کاشته شده توسط خطی‌کار و سرعت سقوط بذر در هنگام عملیات استفاده کردند. 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 کردند که سیستم دوربین سرعت بالا در به دست آوردن فاصله بین بذور و 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 و همکاران (۱۹۹۱) برای اندازه‌گیری نوسانات دو بعدی بذور در جریان شیب محور گرانش از

نیوماتیکی انجام شد. قبل از اجرای آزمون لازم دیده شد که بذرکار نیوماتیکی یونیسیم به ابزار دقیق برای داده‌برداری آنلاین تجهیز شود.

قبل از اجرای آزمون، ردیفکار و همچنین محیط آزمایش برای اجرا و داده‌برداری آماده شد. برای 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 ( $DAS^1$ ) دریافت و به‌صورت بی‌سیم<sup>۲</sup> روی لپ‌تاپ کاربر قابل نمایش و ذخیره‌سازی بود. در همین راستا یک دستگاه دورسنگ نوری برای اندازه‌گیری سرعت چرخش چرخ کارنده و از یک دستگاه ترنس‌میتور<sup>۳</sup> مکش برای اندازه‌گیری دقیق فشار منفی کارنده نیوماتیکی به  $DAS$  متصل شد.

همچنین برای نظارت و ثبت کامل رفتار بذور از روش فیلم‌برداری استفاده شد. برای نصب دوربین به بذرکار، شیاربازکن از واحد کارنده جدا شد و دوربین به‌صورت عمود بر جهت حرکت روی یک بازوی افقی در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از سمت راست واحد کارنده قرار گرفت. همچنین از دو لامپ ال ای دی<sup>۴</sup> برای روشن‌سازی ناحیه سقوط بذر استفاده شد.

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

دوربین سرعت بالا و پردازش تصویر استفاده کردند. در پژوهشی دیگر آزمون ثابت تسمه روغنی مجهز به سیستم دوربین برای بهینه‌سازی پارامترهای عملکردی مکانیزم تقسیم بذر کارنده نیوماتیکی برای بذر کلزا توسط لیو و همکاران (۲۰۰۹) توسعه داده شد. آن‌ها بیان کردند که هیچ بذر خسارت دیده‌ای با این کارنده مشاهده نشد و کیفیت یکنواختی فاصله کاشت به طور زیادی تحت تأثیر سرعت چرخش صفحه تقسیم بذر و مکش هوا قرار داشت. یانگ 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 بررسی و ارزیابی کردند برای سیستم دوربین سرعت بالا خطای نسبی دقت و ضریب تغییرات انحراف استاندارد به ترتیب کمتر از ۳ و ۵ درصد به دست آمد. این مسئله بیانگر دقت بالای سیستم تشخیص آنلاین بود. در بررسی دیگر ژان و همکاران (۲۰۱۰) عملکرد کارنده سیلندری نیوماتیکی برای کاشت دقیق بذر کلزا را ارزیابی کردند. 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°، ۰° و ۳۰° درجه و ۴ سطح مکش با آنالیز عددی پیش‌بینی شده و با مقادیر به دست آمده با سیستم دوربین سرعت بالا مقایسه شد. در تمامی تیمارهای مصور یک رفتار منحنی شکل از بذور دیده شد. براساس نتایج خطای نسبی جابجایی و زمان به‌ترتیب 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 بذر در هنگام سقوط است؛ مسیر بذر در هنگام کاشت در جهت محور گرانش است به طوری که انتظار می‌رود با شتاب ۹/۸ متر بر مجذور ثانیه به زمین برسد، اما با توجه به جرم اندک بذور مورد بررسی و همچنین کوتاه بودن ارتفاع سقوط، در این پژوهش تلاش شده به تحلیل رفتار بذر، محاسبه سرعت سقوط بذر و تعیین شتاب بذر هنگام سقوط پرداخته شود.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۲ در محیط آزمایشگاهی در کارگاه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان با استفاده از یک ردیفکار

1- Data Acquisition System

2- Wireless

3- Vacuum Transmitter

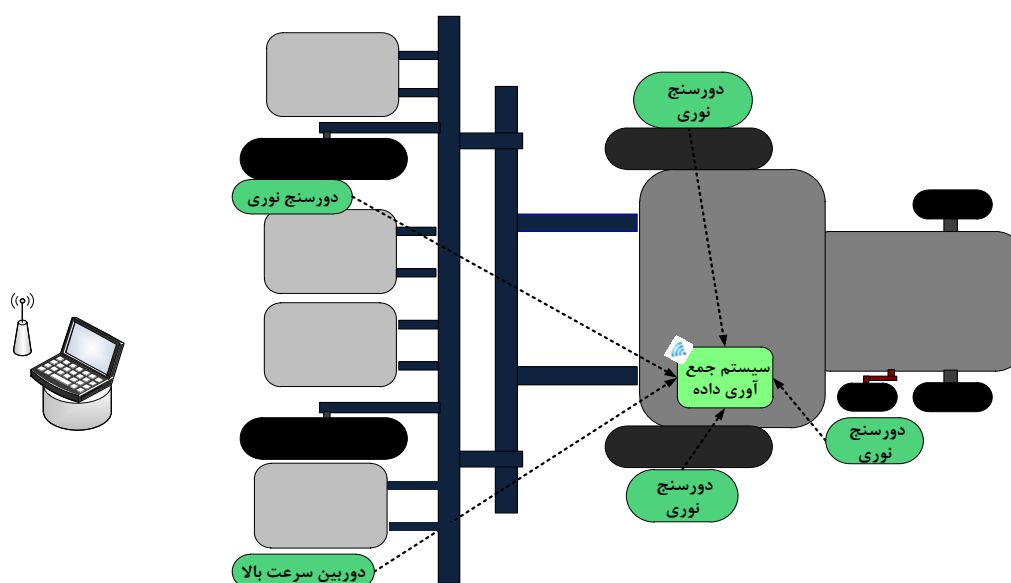
4- LED

که در آن  $x$  و  $g$  و  $b$  کانال‌های قرمز، سبز و آبی تصویر ۸ بیتی هستند و  $x$  و  $y$  به‌عنوان عملگرهای مختصات دکارتی تصویر قدیمی و تصویر جدید با بذور جدا شده هستند. این تصویر جدا شده یک تصویر باینری (دودویی) است که صفر (سیاه) و ۱ (سفید) به‌ترتیب به معنای پس‌زمینه و بذر است.

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

جدول ۱- مشخصات ابزار دقیق مورد استفاده برای تجهیز بذرکار

| نام حسگر                         | مدل                       | محل نصب           |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------|
| شفت انکودر                       | S48-8-0360ZT (TK1)        | چرخ کارنده        |
| فشارسنج                          | 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

چگالی و وزن هزار دانه دارای اختلاف قابل توجهی هستند.

#### روش اندازه‌گیری سرعت سقوط بذر

برای تعیین سرعت سقوط بذر، مکانیزم تقسیم بذر نسبت به سرعت چرخ کارنده با سرعت ثابت به حرکت در آورده شد، در حقیقت 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 بررسی شد.

#### 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 به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب کرت‌های کاملاً تصادفی برای دو بذر ذرت و کرچک در شرایط آزمایشگاهی و برای بررسی سرعت سقوط بذر انجام شد. میانگین خصوصیات فیزیکی بذور ذرت و کرچک و خطای استاندارد آن‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است که می‌توان مشاهده کرد برای این دو بذر فقط دو خصوصیت

که  $\Gamma$  شعاع صفحه تقسیم بذر،  $\omega$  سرعت چرخشی صفحه تقسیم بذر،  $V_f$  سرعت پیشروی کارنده،  $\alpha$  زاویه بین خط افقی با صفحه تقسیم بذر و مسیر بذر در لحظه سقوط،  $\beta$  زاویه بین خط افقی و مسیر بذر برای هر نسبت به فریم قبلی،  $V_{0y}$  و  $V_{0x}$  به ترتیب سرعت افقی و عمودی در لحظه صفر،  $t$  زمان سقوط بذر،  $V_x$  و  $V_y$  سرعت نهایی افقی و عمودی در هر فریم و  $V$  سرعت نهایی است.

سرعت سقوط بذر بر اساس معادلات سقوط آزاد با استفاده از روابط ۲ تا ۶ تعیین شد:

$$V_{0x} = r\omega \cos \alpha - V_f \quad (۲)$$

$$V_{0y} = r\omega \sin \alpha + gt \quad (۳)$$

$$V_x = V_0 \cos \beta \quad (۴)$$

$$V_y = V_0 \sin \beta + gt \quad (۵)$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (۶)$$

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

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

## نتایج و بحث

براساس 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 است، البته مقدار کیفیت تغذیه به دست آمده برای بذر کرچک در سرعت پیشروی ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش ۴ کیلوپاسکال (با میانگین ۹۸/۳۱٪) از نظر آماری با سه تیمار مذکور دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد است؛ این در صورتی است که برای دو شاخص نکاشت و چندانگانه در مکش ۴ کیلوپاسکال و سرعت پیشروی ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت کمترین مقدار (به‌ترتیب برابر با صفر و ۱/۶۸٪) به دست آمد که مطلوب و مورد نظر 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 چندانگانه در سرعت بالاتر کاهش اما با افزایش مکش، افزایش یافته (سینگ و همکاران، ۲۰۰۵)، در این پژوهش نیز بالاترین مقدار شاخص نکاشت در سرعت پیشروی ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش ۳ کیلوپاسکال برای دو ذرت و کرچک به‌ترتیب با میانگین ۶۰/۱۷٪ و ۴۱/۸٪ به دست آمد. رفتارهای مختلف بذر برای دو بذر مذکور به‌عنوان نمونه

در شکل (۳- الف) نشان داده شده است که با توجه به مشاهدات انجام شده، برای بذر کرچک به طور تقریبی ۶۷/۳۹٪ از بذور به سمت چپ (با زاویه ۲۰ درجه) انحراف پیدا کرده و ۳۲/۶٪ از بذور به طور مستقیم 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.

همچنین در سرعت پیشروی ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش ۳ کیلوپاسکال برای هر دو بذر مورد بررسی مقدار شاخص چندانگانه 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٪) دیده شد که از نظر آماری بین این دو مقدار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

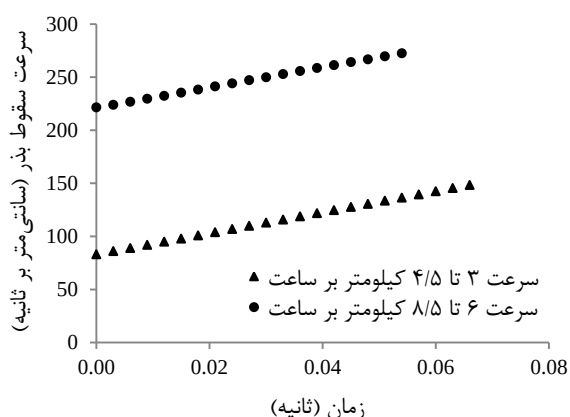
در سرعت‌های پیشروی بالاتر علاوه بر چرخش سریع‌تر صفحه تقسیم بذر، تلاطم بذور درون مخزن نیز افزایش می‌یابد. پس به دو دلیل بذور فرصت کمتری برای اتصال به حفره‌های صفحه بذر را داشته، در نتیجه میزان نکاشت افزایش و یکنواختی فاصله کاشت کاهش می‌یابد. علاوه بر شرایط کاری، وزن هزار دانه، چگالی، ابعاد و شکل بذر نیز

بر یکنواختی کاشت تأثیرگذار است به طوری که برای دو  
بذر مورد بررسی ذرت و کرچک، در شرایط یکسان بذر

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 (کیلومتر بر ساعت) |            |                     |                     |                     |                     |                    |                  |
| (۸/۵ تا ۶)             | (۴/۵ تا ۳) | (۸/۵ تا ۶)          | (۴/۵ تا ۳)          | (۸/۵ تا ۶)          | (۴/۵ تا ۳)          | (۸/۵ تا ۶)         | مکش (کیلوپاسکال) |
| ذرت                    |            |                     |                     |                     |                     |                    |                  |
| ۱۹                     | ۱۹         | ۳۹/۸۳ <sup>g</sup>  | ۷۴/۳۹ <sup>cd</sup> | ۶۰/۱۷ <sup>a</sup>  | ۲۵/۶ <sup>d</sup>   | .                  | ۳                |
| ۱۶                     | ۱۴         | ۹۰/۳۴ <sup>b</sup>  | ۹۱/۶۲ <sup>b</sup>  | ۹/۶۶ <sup>e</sup>   | ۱۴ <sup>e</sup>     | ۱/۶۳ <sup>c</sup>  | ۴                |
| ۲۴                     | ۲۷         | ۵۴/۷۶ <sup>f</sup>  | ۶۹/۵۶ <sup>de</sup> | ۴۰/۲۳ <sup>bc</sup> | ۲۸/۲۶ <sup>cd</sup> | ۵/۰۱ <sup>a</sup>  | ۵                |
| ۳۲                     | ۲۵         | ۶۸/۶۶ <sup>de</sup> | ۷۴/۴۲ <sup>cd</sup> | ۲۹/۱۶ <sup>cd</sup> | ۲۱/۶۵ <sup>d</sup>  | ۲/۱۶ <sup>bc</sup> | ۶                |
| کرچک                   |            |                     |                     |                     |                     |                    |                  |
| ۲۴                     | ۲۳         | ۵۸/۱۹ <sup>ef</sup> | ۸۱/۳۲ <sup>c</sup>  | ۴۱/۸ <sup>b</sup>   | ۱۸/۶۸ <sup>d</sup>  | .                  | ۳                |
| ۱۵                     | ۸/۸        | ۹۰/۹۲ <sup>b</sup>  | ۹۸/۳۱ <sup>a</sup>  | ۹/۰۷ <sup>e</sup>   | .                   | ۱/۶۸ <sup>c</sup>  | ۴                |
| ۲۴                     | ۱۵         | ۷۸/۵۶ <sup>cd</sup> | ۷۶/۹ <sup>cd</sup>  | ۱۹/۴۵ <sup>d</sup>  | ۲۳/۰۹ <sup>d</sup>  | ۱/۹۹ <sup>bc</sup> | ۵                |
| ۲۵                     | ۱۹         | ۸۱/۵۴ <sup>c</sup>  | ۷۸ <sup>cd</sup>    | ۱۸/۴۵ <sup>d</sup>  | ۲۲ <sup>d</sup>     | .                  | ۶                |

\* حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

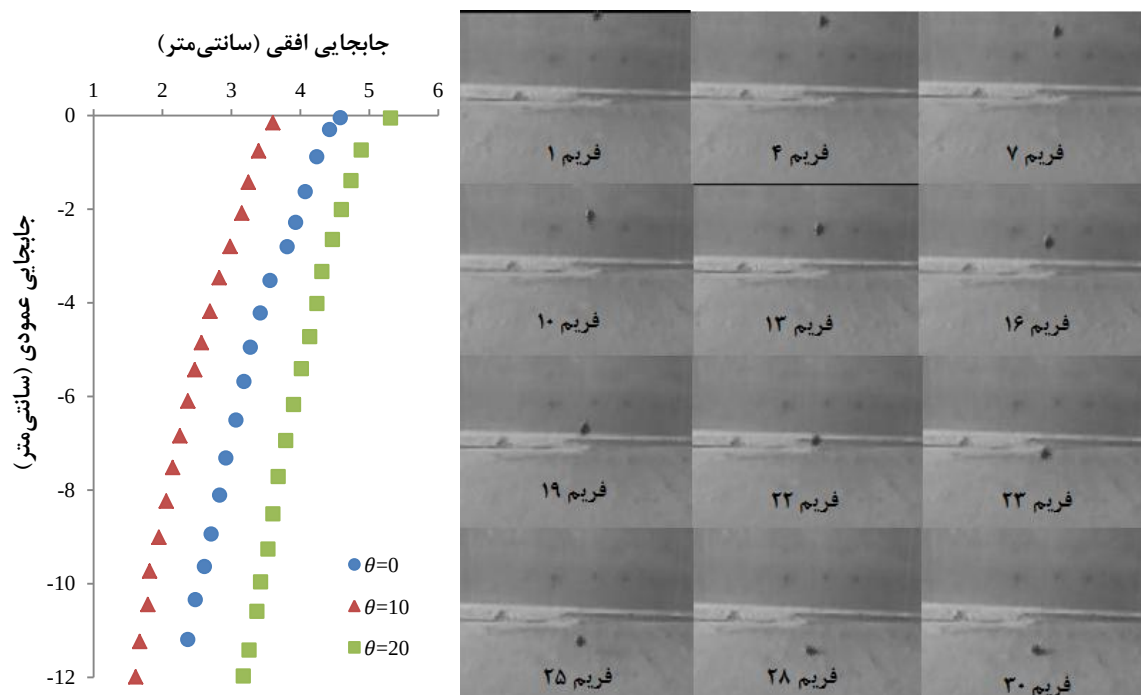


شکل ۲- مقایسه سرعت سقوط بذر در دو سطح سرعت  
پیشروی ۳ تا ۴/۵ و ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت

شماتیک رفتار بذر (به طور کلی) در هنگام سقوط در  
شکل (۳- الف) قابل مشاهده است که این نمودار از توالی  
تصویر فرآیند سقوط بذر که با دوربین سرعت بالا به دست  
آمده، رسم شده است. توالی تصاویر مذکور در شکل (۳-  
ب) نشان داده شده است.

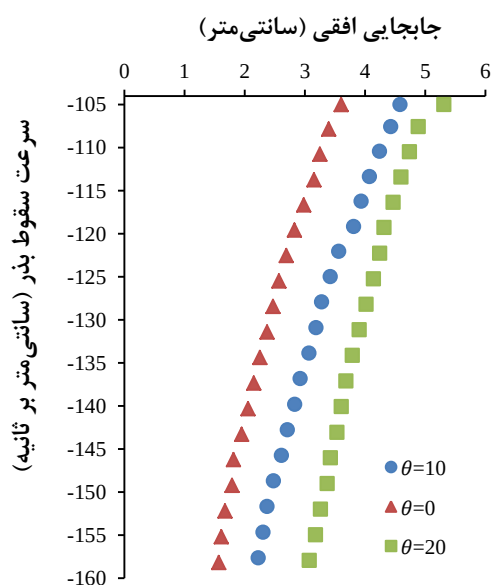
از طرف دیگر چرخش سریع‌تر صفحه تقسیم بذر، سبب  
رها شدن بذور با سرعت اولیه بیشتری می‌شود، در نتیجه  
سرعت سقوط بذر افزایش می‌یابد (شکل ۲). پس با علم  
به سرعت سقوط بذر که تحت تأثیر پارامترهای عملیاتی و  
خصوصیات فیزیکی بذراست، می‌توان رفتار بذر و در نتیجه  
یکنواختی کاشت را تا حدودی پیش بینی و برای کاهش  
غیریکنواختی کاشت اقدام کرد. به عنوان مثال با استفاده از  
بذور پلت شده تا حدودی می‌توان اثر خصوصیات فیزیکی  
بذر را کاهش داد.

سرعت سقوط بذر یکی از عوامل تأثیرگذار بر مسیر سقوط  
بذر و در نتیجه یکنواختی فاصله کاشت است، از این رو  
تلاش 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. برای بررسی سرعت  
سقوط بذر ابتدا باید اطلاعات و تصاویری روشن از رفتار  
بذر در اختیار باشد.



شکل ۳ (الف) - شماتیک رفتار بذر (به‌عنوان نمونه) در هنگام سقوط تحت زوایای مختلف نسبت به صفحه تقسیم بذر و (ب) - توالی تصاویر فرآیند سقوط بذر (یک بذر به‌عنوان نمونه) با استفاده از دوربین سرعت بالا

انجام شد، فاصله زمانی بین دو فریم برابر  $0.003$  ثانیه است.



شکل ۴ - شماتیک جابجایی افقی بذر بر حسب سرعت

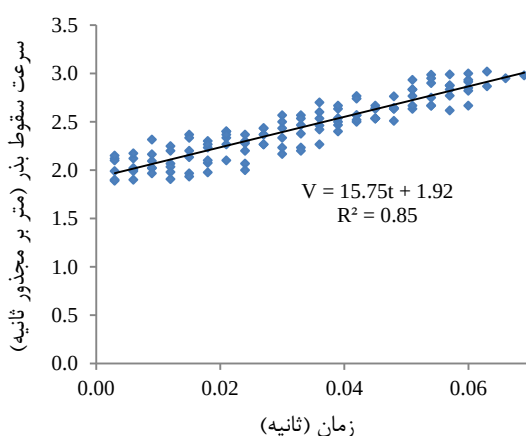
با توجه به اینکه سقوط آزاد یک حرکت شتاب دار با شتاب  $9.8$  متر بر مجذور ثانیه است پس انتظار می‌رود که بذر نیز با چنین شتابی سقوط کند. نمودار جابجایی افقی-سرعت سقوط بذر (شکل ۴) نشان می‌دهد که بذر در هنگام سقوط مسیر منحنی شکلی را طی کرده است، در این نمودار مقادیر مختلف جابجایی عمودی بذر در فریم‌های پی‌درپی و براساس جابجایی افقی نشان داده شده که بیانگر سرعت بذر در مکان‌های مختلف از مسیر و در  $\Delta t$ ‌های یکسان است. سرعت بذر در هر فریم با استفاده از روابط ۲ تا ۶ محاسبه شد. همان‌طور که دیده 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، به‌عنوان 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 به کار گرفته شد. با توجه به اینکه فیلم‌برداری با دوربین سرعت بالای  $320$  فریم بر ثانیه

از آنجایی که سقوط بذر حرکتی شتابدار است، رابطه بین جابجایی عمودی بذر و زمان بر اساس شکل ۶، رابطه درجه دو با ضریب تعیین ۰/۹۹ به دست آمد. همچنین در زمان‌های یکسان، میزان جابجایی عمودی بذر (بر حسب متر) به نسبت کوچک بوده است به طوری که به نظر می‌رسد بذر با سرعت ثابت در حال سقوط است، اما در حقیقت چنین نیست. برای بررسی دقیق‌تر این موضوع، رابطه بین تغییرات مکان براساس تغییرات زمانی که بیانگر سرعت سقوط بذراست با استفاده از رابطه ۷ به دست آمد:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (7)$$

$$\Delta x = v \times \Delta t$$

بر این اساس شکل ۷ که بیانگر رابطه تغییرات سرعت در زمان‌های یکسان است رسم شد. همان طور که دیده می‌شود بین تغییرات زمان و سرعت رابطه خطی با ضریب تعیین ۰/۸۵ وجود دارد.



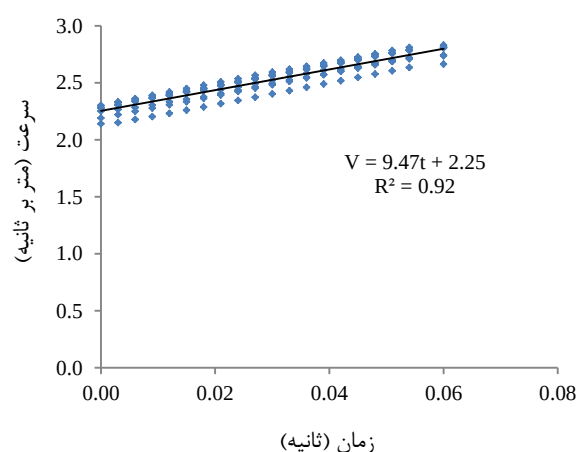
شکل ۷- رابطه سرعت سقوط بذر بر حسب زمان با استفاده از نسبت تغییرات مکان به زمان

همان طور که دیده می‌شود در اینجا ضریب  $t$  که شتاب بذر است برابر ۱۵/۷۵ متر بر مجذور ثانیه به دست آمد و بزرگ‌تر از شتاب گرانش است. برای هر دو روش محاسبه سرعت سقوط بذر، با استفاده از رابطه ۸ میزان جابجایی در زمان یکسان (۰/۰۳ ثانیه) بررسی شد. سپس مقادیر به دست آمده برای هر دو روش با مکان بذر در فریم‌های متوالی شد.

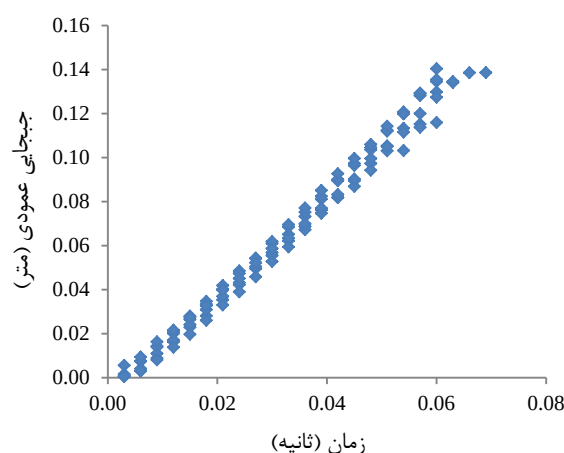
$$X = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t \quad (8)$$

### سقوط در سه زاویه نسبت به صفحه تقسیم بذر

برای رسم نمودار سرعت (سرعت سقوط بذر)- زمان با استفاده روش مذکور سرعت محاسبه و برای  $\Delta t$  های ۰/۰۳ ثانیه رسم شد که به صورت شکل ۵ است. با توجه به شکل ۵ رابطه 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. براساس رابطه  $v = 9.47t + 2.25$  برای سقوط بذر شتابی برابر با ۹/۴۷ متر بر مجذور به دست آمد. برای روشن‌تر شدن موضوع به بررسی مکان‌های مختلف بذر در مدت زمان سقوط بذر پرداخته می‌شود. شکل ۶ بیانگر رابطه مکان بذر براساس زمان است.



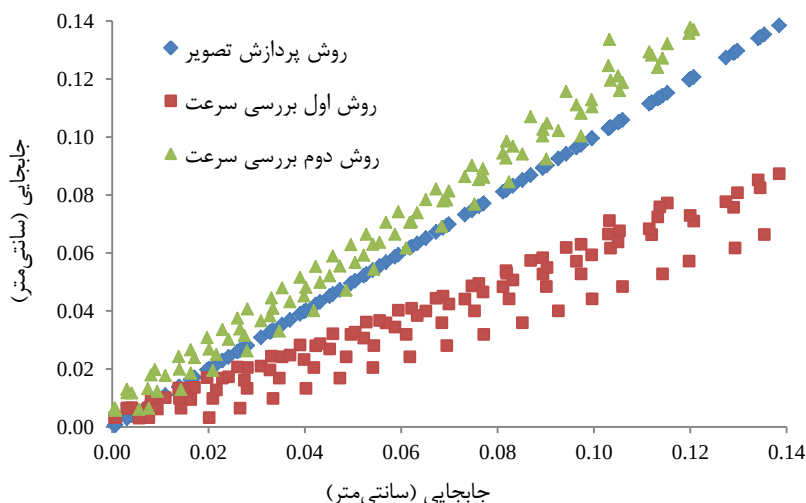
شکل ۵- رابطه سرعت سقوط بذر بر حسب زمان با استفاده از روابط سقوط آزاد



شکل ۶- رابطه جابجایی عمودی بر حسب زمان با استفاده از پردازش تصویر

نزدیک‌تر است. به طوری که برای این دو روش به ترتیب دارای همبستگی ۰/۹۹ و ۰/۸۹ با مقدار واقعی به دست 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 هستند که شتابی بزرگ‌تر از شتاب گرانش است.

رابطه مقادیر به دست آمده از معادله مکان برای هر دو روش با مقادیر قبل از توسعه معادله به صورت شکل ۸ نشان داده شده است. براساس شکل ۸ 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



شکل ۸- رابطه مقادیر به دست آمده از معادله مکان برای هر دو روش با مقادیر قبل از توسعه معادله

متوالی (روش دوم)، به ترتیب شتابی برابر با ۹/۴۷ متر بر مجذور ثانیه و ۱۵/۷۵ متر بر مجذور ثانیه به دست آمد. براساس نتایج می‌توان دریافت که بذر در هنگام سقوط (اگرچه مسیر حرکت بذر در راستای محور گرانش است) فقط تحت تأثیر شتاب گرانش نیست، بلکه به دلیل چرخش صفحه تقسیم بذر که سبب اعمال نیروی گریز از مرکز و سرعت اولیه زیادی به بذر می‌شود، رفتار بذر در هنگام سقوط به طور کامل پیش‌بینی نبوده و در نهایت سبب افزایش شتاب بذر می‌شود.

### نتیجه‌گیری

بررسی‌های انجام شده نشان داد بهترین یکنواختی کاشت برای هر دو بذر در مکش ۴ کیلوپاسکال و سرعت محدوده ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت، همچنین بالاترین مقدار شاخص نکاشت در سرعت پیشروی ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش ۳ کیلوپاسکال برای بذرهای ذرت و کرچک به ترتیب با میانگین ۶۰/۱۷٪ و ۴۱/۸٪ به دست آمد. برای سرعت سقوط بذر با استفاده از روابط سقوط آزاد (روش اول) و سرعت با استفاده از تغییرات مکان بذر در فریم‌های

### منابع

1. Afify M. El-Haddad Z. Hassan G. and Shaaban Y. 2009. Mathematical model for predicting vacuum pressure of onion seeds precision seeder. Journal of Agricultural Engineering. 26(4): 1776-1799.
2. Drake T. G. 1991. Granular flow: physical experiments and their implications for microstructural theories. Journal of Fluid Mechanics. 225(1): 121-152.
3. Heege H. 1993. Seeding methods performance for cereals, rape, and beans. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 36(3): 653-661.
4. Karayel D. and Ozmerzi A. 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. Karayel D. Wiesehoff M. Özmerzi A. and Müller J. 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. Kazemi N. 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 8<sup>th</sup> National Congress on Agriculture Machinery Engineering (Biosystem) and Mechanization. 982-996.
7. Kocher M. Lan Y. Chen C. and Smith J. A. 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. Lan Y. Kocher M. F. and Smith A. 1999. Opto-electronic sensor system for laboratory measurement of planter seed spacing with small seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 72(2): 119-127.
9. Liao Q. X. Li J. B. and Qin G. L. 2009. Experiment of pneumatic precision metering device for rapeseed. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*. 40(8): 44-48.
10. Raheman H. and Singh U. 2003. A sensor for seed flow from seed metering mechanisms. *IE. (1), Journal-AG*. 84(1): 6-8.
11. Singh R. C. Singh G. and Saraswat D. C. 2005. Optimization of design an operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting cottonseeds. *Biosystems Engineering*. 92(4): 429-438.
12. Soos P. Szuule Z. S. and Fuuzy J. 1989. A comparative evaluation of modern sugar beet drills. *Bulletin of the university of agricultural science, goodoollo*. 1(2): 166-170.
13. Thomson M. 1986. Drill performance assessments. *British Sugar Beet Review*. 54(4): 11-14.
14. Xiaoyan D. Xu L. Caixia Sh. Haidong H. and Qingxi L. 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.
15. Yang D. Y. Hu J. P. and Xie Z. Q. 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. Zhan Z. Li Y. Chen J. and Xu L. 2010. Numerical analysis and laboratory testing of seed spacing uniformity performance for vacuum-cylinder precision seeder. *Journal of Biosystems Engineering*. 106(4): 344-351.