

## ساخت و ارزیابی عملکرد موزع استوانه‌ای بادی تحت فشار (مجهز به جداکننده بادی) برای کشت ردیفی بذر ماش با گریس‌بالت

امیر امیریان، عباس رضایی اصل\* و ابراهیم اسماعیل زاده\*\*

\* نگارنده مسئول: گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.  
تلفن: ۰۱۷)۳۲۴۲۳۳۰۳، پیام‌نگار: arezaeiasl@gau.ac.ir  
\*\* به ترتیب: دانش‌آموخته کارشناسی ارشد؛ استادیار؛ و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران  
تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۳

### چکیده

در این تحقیق یک موزع بادی استوانه‌ای تحت فشار ویژه کشت بذر ماش (رقم پرتو) ساخته و کارکرد آن با دستگاه گریس‌بالت ارزیابی شد. دو فاکتور یکی سرعت گریس‌بالت، با سه سطح ۵/، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه، و دیگری سه سطح فشار درون استوانه موزع ۶۰۰، ۸۵۰ و ۱۰۵۰ پاسکال با روش جداکننده بادی و در سه تکرار ارزیابی شد. نتایج آزمون در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی بررسی و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در نرم‌افزار SAS انجام شد. اثر فشار درون استوانه و سرعت پیشروی کارنده بر درصد پُرشدگی، چند دانه‌کاری، نکاشت، میزان انحراف از خط کشت و یکنواختی توزیع بذر ماش بررسی گردید. نتایج آزمون نشان می‌دهد که با افزایش فشار درون استوانه یا کاهش سرعت، درصد پُرشدگی افزایش می‌یابد. درصد نکاشت و چند دانه‌کاری نیز عکس درصد پُرشدگی عمل می‌کند. اندازه فشار درون استوانه و سرعت بر میزان انحراف از خط کشت تأثیری ندارند و توزیع بذر در فشار کمتر یکنواخت‌تر است. با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، استفاده از کارنده بادی با موزع استوانه‌ای تحت فشار، برای کشت محصولات ردیفی، به‌ویژه ماش، توصیه می‌شود.

### واژه‌های کلیدی

درصد پُرشدگی، توزیع بذر، خط کشت، کارنده، موزع استوانه‌ای بادی

### مقدمه

حذف بوته‌های اضافی، افزایش هزینه تولید را در پی خواهد داشت. تراکم بیش از حد و نکاشت در ردیف کشت، از ویژگی‌های کارکرد خطی کارهایی است که به‌عنوان ردیف‌کار استفاده می‌شوند. نورقلی‌پور و همکاران (Nourgholipour et al., 2013) در تحقیقاتی روی کارنده بادی به این نتیجه رسیدند که در این نوع کارنده‌ها چون اختلاف فشار هوا در دو طرف جداره موزع، تنها عامل انتخاب بذر است، کمترین آسیب به بذر وارد می‌شود و امکان تنظیم دقیق فاصله بذرهای روی ردیف کاشت نیز

کارنده‌های مورد استفاده کشاورزان به‌ویژه کشاورزان خُرده‌پا برای کشت محصولات ردیفی (مثل سویا، ماش و ...)، معمولاً خطی کارها هستند. این کارنده‌ها بذر را به‌صورت خطی و نواری روی زمین می‌ریزند، بی‌آنکه فاصله بذر از همدیگر تنظیم شده باشد. در نتیجه، مقدار بذر مصرفی در اثر استفاده از خطی کارها بسیار بیشتر از مقدار بذر مصرفی در کارنده‌های دقیق است. به‌علاوه، استفاده از خطی کارها با توجه به لزوم تنک‌سازی برای

موزع تحت خلأ را روی بذر پنبه با استفاده از سطح پاسخ بررسی کردند. در این تحقیق شاخص پُرشدگی، چند دانه کاری و نکاشت بررسی شد. نتایج بررسی نشان داد که کمترین سرعت محیطی، بالاترین عملکرد را از نظر شاخص‌های مورد بررسی داراست.

اونال و همکاران (Önal *et al.*, 2012) در آزمایش جداگانه روی بذر ذرت و پنبه، کیفیت شاخص تغذیه، میزان پرشدگی موزع، چند دانه کاری و دقت را با استفاده از موزع دقیق نوع خلأ، از لحاظ تئوری و عملی بررسی کردند. این محققان دریافتند که با افزایش سرعت موزع، درصد نکاشت و چند دانه کاری افزایش و درصد پرشدگی کاهش می‌یابد؛ بیشترین پرشدگی موزع ۹۷/۸۵ درصد و کمترین نکاشت و چند دانه کاری به ترتیب ۱/۲۹ و ۰/۸۶ درصد در سرعت محیطی موزع ۰/۱۷ متر بر ثانیه و سرعت پیشروی ۱/۵ متر بر ثانیه محاسبه شده است.

گرولا و همکاران (Guarella *et al.*, 1996) عملکرد تئوری و آزمایشگاهی نازل (بردارنده) یک کارنده نیوماتیکی خلأی را برای بذر سبزی‌ها بررسی کردند. این محققان اختلاف فشار در محدوده صفر تا ۸۰ کیلوپاسکال را برای دستگاه بردارنده خلأی اعمال و آزمایش‌ها را برای چهار نوع مختلف دانه سبزی‌ها با شکل‌ها و خصوصیات متفاوت و هفت نازل با قطرهای مختلف دنبال کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که بیشترین فاصله که ممکن است دانه‌ها با نازل برداشته شوند، بستگی دارد به قطر نازل به کار رفته در آن و همچنین به شکل و ابعاد دانه‌ها. این فاصله در اختلاف فشار بیشتر از ۲۰ کیلوپاسکال چندان افزایش نمی‌یابد. رحمتی و حاجی‌احمد (Rahmati & Hajiahmad, 2008) تحقیقاتی در خصوص بهینه‌سازی دستگاه ردیف‌کار بادی ویژه بذر گوجه‌فرنگی انجام دادند که در آن چرخ‌های زمین‌گرد باعث حرکت دستگاه و سیستم موزع می‌شد. در دستگاه مذکور، دمنده‌ای با استفاده از محور توان‌دهی تراکتور فشار هوای

وجود دارد. یاسیر و همکاران (Yasir *et al.*, 2012) یک موزع دقیق نیوماتیک برای بذر گندم ساختند. این موزع در آزمایشگاه و با استفاده از شاسی تست مجهز به سیستم دوربین آزمایش شد. این محققان نشان دادند که سرعت دورانی موزع و فشار منفی و اثر متقابل آنها روی عملکرد موزع موثر است. ژان و همکاران (Zhan *et al.*, 2010) با آنالیز عددی و تست آزمایشگاهی، عملکرد کارنده دقیق استوانه‌ای خلأی را بررسی کردند و با استفاده از خواص فیزیکی دانه‌ها مانند کرویت، وزن هزار دانه و آنالیز خط سیر افتادن آنها پی بردند که فشار تفاضلی مثبت، زاویه رهایی و سرعت دورانی استوانه بر یکنواختی پخش بذر روی ردیف تأثیری معنی‌دار دارد. دنگ و همکاران (Deng *et al.*, 2010) مدل ریاضی و بهینه‌سازی ساختار و پارامترهای مهم موزع دقیق نیوماتیک را برای کشت کلزا بررسی کردند. در مدل آنان یک تقریب مناسب برای اختلاف فشار نازل جهت ایجاد حداقل نیروی لازم برای آنکه بذر به موزع بچسبد با توجه به قطر دانه، زاویه مخروطی، و قطر نازل ارائه شده است.

کارایل و همکاران (Karayel *et al.*, 2004) مدل ریاضی فشار خلأ را در کارنده دقیق بررسی کردند. هدف از این پژوهش تعیین فشار خلأ با در نظر گرفتن برخی خواص فیزیکی دانه مانند جرم هزار دانه، ضریب کرویت و چگالی بذر در کارنده بود. نتایج تست آزمایشگاهی روی بذرهای ذرت، پنبه، سویا، هندوانه، خربزه، خیار، چغندر قند و دانه پیاز نشان داد که مدل ریاضی با راندمان ۰/۹۹ فشار خلأ لازم برای کارنده دقیق را پیش‌بینی می‌کند. عفیفی و همکاران (Afify *et al.*, 2009) یک مدل ریاضی پیش‌بینی فشار خلأ لازم برای کارنده دقیق نیوماتیک ویژه بذر پیاز را مطالعه کردند. مدل پیشنهادی آنان توانست به‌طور رضایت‌بخش فشار خلأ را در روزنه کارنده دقیق خلأی با راندمان ۰/۹۹ پیش‌بینی کند. یازگی و دیگرمنسقلو (Yazgi & Degirmencioglu, 2007) بهینه‌سازی عملکرد

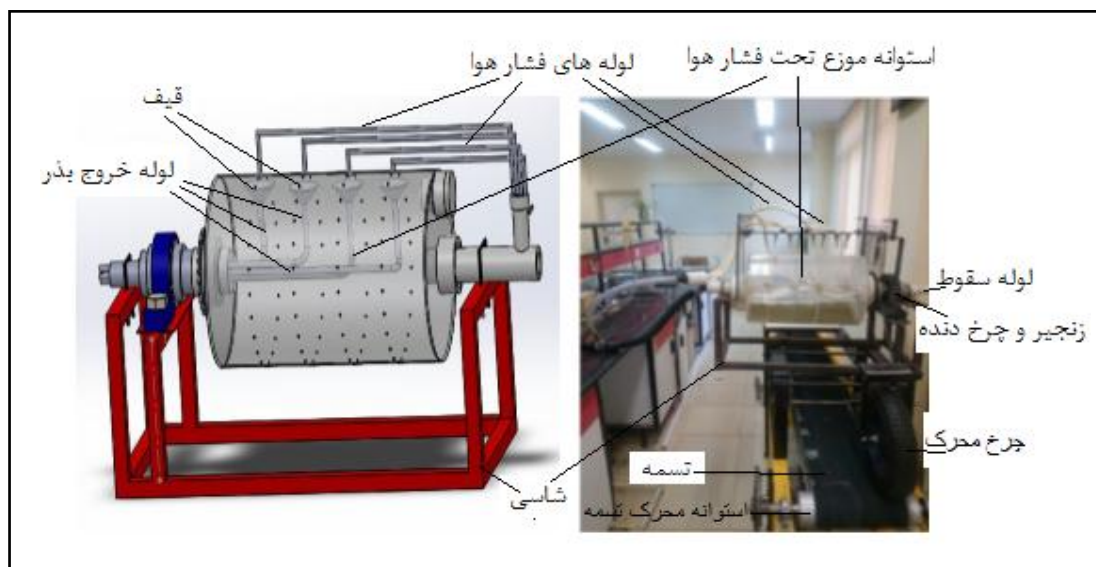
دوران موزع (با احتساب ۸۰ درصد پُرشدگی سلول موزع) و برابر ۱/۸ متر بر ثانیه است.

کارنده‌های مکانیکی به‌علت آسیب‌هایی که بر بذر وارد می‌کنند و نیز به‌دلیل کشت غیرکنترل شده، به مرور جای خود را به کارنده‌های بادی می‌دهند. با توجه به اهمیت کشت دقیق محصولات کشاورزی و جلوگیری از هدررفت بذر و صرف هزینه‌های اضافی برای تنک‌کاری، در این تحقیق از بین کارنده‌های بادی، کارنده نوع استوانه تحت فشار هوا، به‌علت استفاده از یک موزع مرکزی برای کلیه ردیف‌های کشت و نظارت بهتر بر عملکرد آن در هنگام کار، به‌کار گرفته شد. یک دستگاه موزع استوانه‌ای چهار ردیفه تحت فشار هوا مجهز به جداکننده بادی، ویژه کشت ماش، ساخته و با گریس‌بالت ارزیابی شد.

### مواد و روش

در این تحقیق، یک دستگاه موزع استوانه بادی چهار ردیفه ویژه کاشت بذر ماش در محل کارگاه ساخت و تولید گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ساخته شد. شکل ۱ شمای کلی موزع را نشان می‌دهد.

لازم را برای نگاه‌داشتن بذرها در پشت روزنه‌های موزع استوانه‌ای تأمین می‌کرد. این محققان ضریب یکنواختی توزیع بذر را حول فاصله تنظیمی دستگاه ۹۷/۵ درصد و حول فاصله میانگین ۹۵/۲ درصد گزارش کردند. نورقلی‌پور و همکاران (Nourgholipour et al., 2013) یک موزع استوانه‌ای تحت فشار الکترونیوماتیک ویژه بذر سویا طراحی کردند و ساختند و آن را با سه سرعت جریان هوای ۲۳، ۲۷ و ۳۲ متر بر ثانیه و سرعت‌های مختلف پیشروی ارزیابی کردند. هدف این محققان تعیین بیشترین سرعت پیشروی کارنده با حداقل ۹۵ درصد پُرشدگی سلول‌های موزع بوده است. نتایج تحقیقات آنان نشان داد که در سرعت جریان هوای ثابت، با افزایش سرعت پیشروی کارنده، درصد پُرشدگی کاهش می‌یابد. ممی‌زاده و همکاران (Mamizadeh et al., 2014) یک موزع استوانه‌ای تحت خلاء الکترونیوماتیک ویژه بذر سویا را طراحی کرده و ساختند و آن را با گریس‌بالت و با سه سطح فشار خلاء ۱، ۲ و ۴ کیلو پاسکال در آزمایشگاه ارزیابی کردند و به‌ازای اندازه‌های مختلف فشار خلاء، سرعت‌های مختلف دوران موزع نیز ارزیابی شد. نتایج تحقیقات نشان داد که در فشار منفی ۴ کیلو پاسکال، بیشترین سرعت



شکل ۱- موزع استوانه‌ای تحت فشار مجهز به جداکننده بادی بذر سمت چپ: موزع طراحی شده به کمک نرم‌افزار و سمت راست: دستگاه ساخته شده

طریق یک الکتروپمپ، ساخت شرکت MAHAK Electric Blower مدل BVC-۲/۸ تأمین شد. الکتروپمپ مجهز به امکاناتی است که با آنها سرعت‌های مختلف جریان هوا را می‌توان تامین کرد. با روشن شدن الکتروپمپ، جریان هوا از لوله ورودی به استوانه موزع و از لوله خروجی به لوله سقوط وارد می‌شود. در عین حال جریان هوا از روزنه‌های ایجاد شده پیرامون استوانه می‌گذرد. فشار داخل استوانه موزع با مانومتر اندازه‌گیری می‌شود. در اثر نیروی حاصل از اختلاف فشار در دو طرف جداره استوانه، با چرخش استوانه، بذرها چسبیده به روزنه‌ها همراه استوانه می‌چرخند، هنگامی بذر به محل قیف می‌رسد که به لوله خروجی متصل است، به کمک جریان هوای خارج شده از لوله جداکننده بادی، اختلاف فشار هوای دو طرف روزنه از بین می‌رود و بذر در اثر نیروی وزن خود از روزنه جدا و به همراه جریان هوای عبوری از لوله خروجی و لوله سقوط (که تا فاصله چند سانتی‌متری گریس‌بالت ادامه دارد) جابه‌جا می‌شود. بذر جابه‌جا شده به کمک جریان هوا، با برخورد به لایه گریس روی تسمه در محل برخورد متوقف می‌گردد. شکل ۲ تسمه گریس اندود شده و وضعیت بذرها چسبیده به گریس را نشان می‌دهد. در این شکل سعی گردید به کمک یک نخ، وضعیت توزیع بذر در خط کشت نشان داده شود.

روش کار دستگاه به این شرح است: با روشن شدن دستگاه گریس‌بالت و حرکت تسمه، چرخ محرک دستگاه کارنده که در تماس با تسمه است شروع به دوران می‌کند. دوران چرخ از طریق زنجیر و چرخ‌دنده به دستگاه موزع منتقل می‌شود و استوانه شروع به دوران می‌کند. با تنظیم نسبت چرخ‌دنده‌های چرخ محرک و چرخ‌دنده‌های محور موزع استوانه‌ای و مشخص بودن تعداد روزنه‌های موجود در محیط استوانه، نسبت سرعت خطی تسمه نقاله و سرعت دوران موزع تعیین می‌شود. اساس تنظیمات نسبت چرخ‌دنده‌های نیروگیرنده متصل به محور استوانه موزع با چرخ‌دنده‌های نیرودهنده متصل به چرخ محرک دستگاه کارنده، فاصله پنج سانتی‌متر دو بذر کنار هم روی ردیف کشت است. مطابق تنظیمات، به‌ازای سرعت خطی یک متر بر ثانیه برای تسمه گریس‌بالت، سرعت دوران استوانه موزع یک دور بر ثانیه است (بدون لحاظ کردن لغزش). در هر ردیف استوانه ۲۰ روزنه وجود دارد بنابراین فاصله دو بذر کنار هم ریخته شده روی گریس‌بالت پنج سانتی‌متر است. حرکت گریس‌بالت به کمک یک الکتروموتور سه فاز ۱/۵ کیلووات و تغییرات سرعت گریس‌بالت به کمک فرکانس چنجر تأمین می‌شود که دور الکتروموتور را تغییر می‌دهد. با دورسنج، سرعت دوران استوانه محرک تسمه گریس‌بالت اندازه‌گیری و به‌دنبال آن سرعت خطی گریس‌بالت محاسبه می‌شود. جریان هوا از



شکل ۲- توزیع بذر روی گریس‌بالت

۱۲ و ۱۵ میلی‌متر اجرا شد. مقدار انحراف از خط کشت با استفاده از روابط ۲ و ۳ محاسبه گردید (Rahmati & Hajiahmad, 2008).

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

که در آن‌ها،

$x_i$  = فاصله دو بذر کنار هم؛  $\bar{x}$  = میانگین فاصله؛  
 $n$  = تعداد بذر؛ و  $SD$  = انحراف معیار.

#### تعیین ضریب یکنواختی توزیع بذر

برای تعیین ضریب یکنواختی توزیع بذر دستگاه موزع حول فاصله میانگین و همچنین حول فاصله تنظیمی (۵ سانتی‌متر)، در سرعت‌های مختلف پیشروی دستگاه در هر نوبت آزمایش فاصله بین ۲۰ عدد بذر اندازه‌گیری شد و ضریب یکنواختی توزیع بذر از رابطه ۴ به‌دست آمد (Rahmati & Hajiahmad, 2008).

$$Se = (1 - Y/D) \times 100 \quad (4)$$

که در آن،

$Se$  = ضریب یکنواختی توزیع بذر (درصد)؛  $D$  = میانگین فاصله به‌دست‌آمده یا تنظیمی بین بذرها (سانتی‌متر)؛ و  $Y$  = میانگین قدرمطلق تفاضل داده از میانگین آنها و فاصله تنظیمی.

آزمون دستگاه موزع در سه سطح فشار درون استوانه ۶۰۰، ۸۵۰ و ۱۰۵۰ پاسکال، (سرعت جریان هوای ۴۷، ۵۳ و ۵۷ متر بر ثانیه) و در سه سرعت پیشروی ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه و به شیوه جداکننده بادی اجرا شد.

#### تعیین درصد پُرشدگی موزع

برای تعیین درصد پُرشدگی موزع، بذره‌های خارج شده از لوله سقوط در درون یک ظرف جمع‌آوری و به‌ازای دوران مشخص موزع، تعداد بذر خارج شده از لوله سقوط شمارش شد. با محاسبه تعداد بذری که باید خارج می‌شد، درصد پُرشدگی موزع تعیین گردید (رابطه ۱). این آزمایش در سه تکرار و برای همه حالت‌های مختلف هنگام ارزیابی دستگاه دنبال شد.

$$D = \frac{n}{n'} \times 100 \quad (1)$$

که در آن،

$n$  = تعداد بذر خارج شده از لوله سقوط و  $n'$  = تعداد روزنه عبور کرده از زیر چرخ جداکننده یا تعداد بذری که باید ریخته می‌شد.

هنگام تعیین درصد پُرشدگی موزع، بذره‌های آسیب‌دیده خارج شده از لوله سقوط (شکسته، له شده و ...) نیز بررسی شدند.

#### تعیین چند دانه‌کاری

برای تعیین چند دانه‌کاری و نکاشت، بذره‌های ریخته شده روی گریس‌بلت به طول چهار متر با دقت بررسی شد. برای پی بردن به علت چند دانه‌کاری، جدای نظارت دقیق بر بذره‌های چسبیده به پشت روزنه موزع در هنگام کار، با متوقف کردن موزع در زمان‌های متوالی، تعداد بذره‌های چسبیده به پشت روزنه‌های موزع، با چشم به دقت واریسی شد.

#### تعیین میزان انحراف از خط کشت

برای تعیین میزان انحراف از خط کشت، فاصله ۲۰ عدد بذر از خط کشت با خط کش اندازه‌گیری شد. این آزمایش در سه قطر مختلف لوله سقوط ۱۰،

بود. بهترین اندازه قطر لوله سقوط، بدون آنکه گرفتگی در آن اتفاق بیفتد (برای بذر ماش، رقم پرتو)، ۱۰ میلی‌متر به دست آمد.

### نتایج و بحث

#### پُرشدگی روزنه موزع

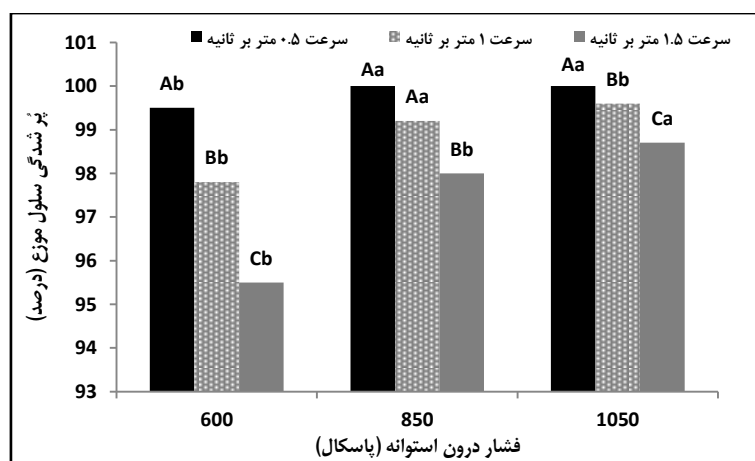
نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تفاوت بین سطوح فشار درون استوانه و سرعت پیشروی و اثر متقابل آنها از نظر درصد پُرشدگی روزنه‌های موزع در سطح ۱ درصد معنادار است (جدول ۱).

شاخص‌های مورد بررسی عبارت بودند از: اثر فشار درون استوانه نیوماتیک و سرعت پیشروی کارنده بر درصد پُرشدگی سلول موزع، درصد چند دانه کاری، نکاشت، میزان انحراف از خط کشت و یکنواختی توزیع بذر. داده‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در نرم‌افزار SAS آنالیز و تحلیل شدند. در ارزیابی دستگاه، برای محدود کردن تعداد متغیرها از پارامتر قطر لوله سقوط چشم‌پوشی شد. اما در آزمون جداگانه، اثر قطرهای مختلف لوله سقوط بررسی گردید. بیشترین تاثیر قطر لوله سقوط بر انحراف از خط کشت

جدول ۱- نتایج آنالیز واریانس اثر فشار درون استوانه و سرعت پیشروی بر درصد پُرشدگی سلول موزع

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
فشار درون استوانه	۲	۱۷/۴۵۹۰**
سرعت	۲	۲۸/۳۵۴۸**
فشار درون استوانه × سرعت	۴	۶/۷۵۴۱**
خطا	۸	۰/۰۹

\*تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد (CV=۰/۴۲۲)



شکل ۳- مقایسه میانگین سطوح اثر متقابل فشار درون استوانه و سرعت پیشروی کارنده بر درصد پُرشدگی سلول‌های موزع میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

نیروی وارد شده به بذر در کمترین فشار آنقدر زیاد است که به راحتی بذر را پشت روزنه نگه دارد و درصد پُرشدگی بالایی را به وجود آورد. بین فشار درون استوانه ۸۵۰

مقایسه میانگین تیمارها نشان می‌دهد که بین فشار درون استوانه، در سرعت نیم‌متر بر ثانیه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۳- حروف بزرگ)، زیرا

۳ این موضوع را به‌خوبی نشان می‌دهد). سرعت دوران استوانه موزع تا حد مجاز می‌تواند افزایش یابد زیرا نیروی گریز از مرکز اعمال شده به بذرها در اثر دوران موزع در سرعت ۱/۸ متر بر ثانیه بدون نیاز به فشار درون استوانه، بذرها را به پشت روزنه استوانه می‌چسباند و بذرها همراه با استوانه خواهند چرخید. که البته این موضوع برای کشت دقیق مناسب نیست. در سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه، فشار درون استوانه ۱۰۵۰ پاسکال تفاوت معنی‌داری با فشار درون استوانه ۶۰۰ و ۸۵۰ پاسکال دارد زیرا با افزایش فشار درون استوانه، نیروی فشاری اعمال شده به بذرها افزایش می‌یابد و بذرها با نیروی فشاری بیشتری به پشت روزنه می‌چسبند. نتایج آزمون (Singh et al., 2005) روی بذرها پنبه نشان داده است که با افزایش فشار خلاً به ۲ کیلوپاسکال، شاخص تغذیه (درصد پُرشدگی) بهبود می‌یابد و به ۹۴/۷ درصد می‌رسد که نتایج فوق را تأیید می‌کند.

### چند دانه‌کاری

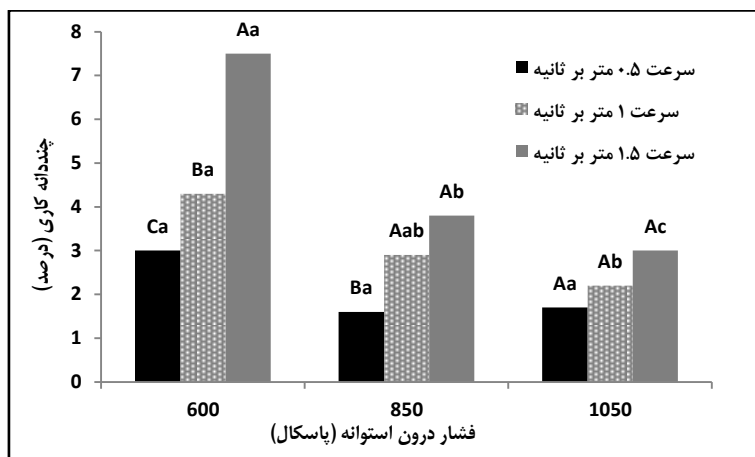
نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد که تفاوت بین سطوح فشار درون استوانه و سرعت و اثر متقابل آنها از نظر شاخص چند دانه‌کاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۲).

پاسکال با فشار درون استوانه ۶۰۰ و ۱۰۵۰ پاسکال، در سرعت یک و ۱/۵ متر بر ثانیه اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار درصد پُرشدگی روزنه موزع وجود دارد. در یک سرعت ثابت، با افزایش فشار درون استوانه، درصد پُرشدگی افزایش می‌یابد. در فشار درون استوانه ثابت، هرچه سرعت بالاتر رود درصد پُرشدگی کمتر می‌شود زیرا آشفته‌گی و به‌هم خوردگی بذرها بیشتر می‌شود. در سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه، بین فشار درون استوانه ۱۰۵۰ پاسکال و ۸۵۰ پاسکال اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (شکل ۳- حروف کوچک). اما بین فشار ۶۰۰ پاسکال با ۸۵۰ و ۱۰۵۰ پاسکال اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در سرعت یک متر بر ثانیه، فشار درون استوانه ۸۵۰ پاسکال، تفاوت معنی‌داری با فشار درون استوانه ۶۰۰ و ۱۰۵۰ پاسکال دیده می‌شود. با وجود افزایش درصد پُرشدگی سلول‌های موزع در اثر افزایش فشار درون استوانه در یک سرعت ثابت، درصد پُرشدگی سلول موزع بر اثر دو عامل مهم مشخص می‌شود: یکی اغتشاش و به‌هم خوردن و غلتیدن بذرها روی هم، که در این حالت هرچه سرعت دوران (سرعت پیشروی) افزایش یابد درصد پُرشدگی سلول موزع کاهش خواهد یافت. دیگری اینکه در سرعت ثابت، هرچه فشار درون استوانه افزایش یابد نیروی حاصل از اختلاف فشار درون و بیرون استوانه موزع افزایش پیدا می‌کند و درصد پُرشدگی به‌تبع آن افزایش می‌یابد (شکل

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس اثر فشار درون استوانه و سرعت پیشروی بر درصد چند دانه‌کاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
فشار درون استوانه	۲	۳۴/۸۳۷۹**
سرعت	۲	۳۲/۰۶۰۱**
فشار درون استوانه × سرعت	۴	۱۰/۶۴۸۱**
خطا	۸	۰/۳۴

\*\* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد (CV=۱۹/۳۶)



شکل ۴- مقایسه میانگین سطوح اثر متقابل فشار درون استوانه و سرعت پیشروی کارنده از نظر درصد چنددانه کاری میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

مختلف وجود ندارد. هنگام دوران موزع، هیچ روزنه‌ای با دو یا چند بذر مشاهده نشده است. دلیل همه چنددانه‌کاری‌ها (به این معنی که فاصله دو بذر کنار هم کمتر از نصف فاصله تنظیمی باشد)، مسیر نابرابر و تصادفی عبور بذر در درون لوله خروج بذر و لوله سقوط، از لحظه جدا شدن بذر از پشت روزنه تا لحظه افتادن روی گریس‌بالت است. نحوه وارد شدن بذر به درون لوله خروج (دهانه قیف) و محل برخورد بذر با قیف (که کاملاً تصادفی است) از عوامل چنددانه‌کاری است. در یک فشار درون استوانه ثابت، هرچه سرعت پیشروی بیشتر شود چنددانه‌کاری نیز بیشتر می‌شود که دلیل آن بی‌نظمی ورود بذر به لوله خروج در استوانه است. اما در سرعت دوران ثابت موزع (سرعت ثابت کارنده)، هرچه فشار درون استوانه بالاتر رود، به دلیل افزایش سرعت جریان هوا، بذر راحت‌تر و سریع‌تر وارد لوله خروج می‌شود و در نتیجه درصد چنددانه‌کاری کاهش می‌یابد.

#### نکاشت

نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد که تفاوت بین سطوح فشار درون استوانه و سرعت و اثر متقابل آنها بر درصد نکاشت، در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۳).

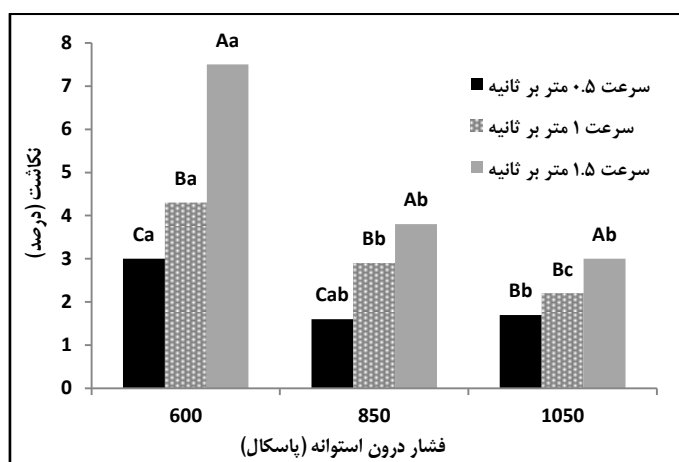
مقایسه میانگین تیمارها نشان می‌دهد که بین فشارهای مختلف درون استوانه، در سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۴- حروف بزرگ) و در سرعت ۱ متر بر ثانیه در فشار درون استوانه ۶۰۰ پاسکال اختلاف معنی‌داری در مقایسه با فشار درون استوانه ۸۵۰ و ۱۰۵۰ پاسکال وجود دارد و در سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه اختلاف معنی‌دار در سطح مختلف فشار درون استوانه وجود دارد. در فشار درون استوانه ۱۰۵۰ پاسکال، در هر سه سرعت تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. در فشار درون استوانه ۸۵۰ پاسکال، سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه اختلاف معنی‌داری نسبت به سرعت‌های ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه وجود دارد و همچنین در فشار درون استوانه ۶۰۰ پاسکال در هر سه سرعت تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه تفاوت معنی‌داری در بین فشار درون استوانه ۶۰۰ و ۸۵۰ پاسکال وجود ندارد (شکل ۴- حروف کوچک). همچنین، در فشار درون استوانه ۱۰۵۰ پاسکال تفاوت معنی‌داری بین سرعت‌های مختلف دیده می‌شود. در فشار درون استوانه ۸۵۰ و ۶۰۰ پاسکال، تفاوت معنی‌داری بین سرعت‌های



جدول ۳- آنالیز واریانس اثر فشار درون استوانه و سرعت بر درصد نکاشت

میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۱۰۷/۲۹۱۶**	۲	فشار درون استوانه
۱۲۶/۳۸۸۸**	۲	سرعت
۲۸/۸۱۹۴**	۴	فشار درون استوانه × سرعت
۰/۲۷	۸	خطا

\*\* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد (CV=۱۳/۴۷)



شکل ۵- مقایسه میانگین سطوح اثر متقابل فشار درون استوانه و سرعت پیشروی کارنده از نظر درصد نکاشت در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

۸۵۰ و ۱۰۵۰ پاسکال، اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در سرعت ۱ متر بر ثانیه، تفاوت معنی‌دار بین سطوح مختلف فشار درون استوانه وجود دارد. همین‌طور، در سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه اختلاف معنی‌دار بین سه سطح فشار درون استوانه وجود ندارد. همچنین فشار درون استوانه ۱۰۵۰ پاسکال، سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه تفاوت معنی‌داری نسبت به دو سرعت دیگر دارد و در فشار درون استوانه ۶۰۰ و ۸۵۰ پاسکال تفاوت معنی‌داری در بین سرعت‌ها وجود ندارد. در بررسی نکاشت، ذکر این نکته بسیار مهم است که مقدار نکاشت در واقع باید به اندازه، کاهش درصد پُرشده‌گی باشد. یعنی اگر در یک حالت ارزیابی دستگاه، پُرشده‌گی موزع برابر ۹۵ درصد است، مقدار نکاشت باید ۵ درصد باشد. منتها به علت ذکر شده در بخش چنددانه‌کاری، بذرها‌ی خارج شده از لوله سقوط به

مقایسه میانگین تیمارها نشان می‌دهد که بین هر سه سطح فشار درون استوانه در سرعت ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه اختلاف معنی‌دار وجود ندارد (شکل ۵ - حروف بزرگ). در سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه، فشار درون استوانه ۱۰۵۰ پاسکال اختلاف معنی‌داری نسبت به فشار درون استوانه ۶۰۰ و ۸۵۰ پاسکال وجود دارد. در فشار درون استوانه ۱۰۵۰ پاسکال، سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه اختلاف معنی‌داری نسبت به دو سرعت ۰/۵ و ۱ متر بر ثانیه دیده می‌شود و در فشار درون استوانه ۶۰۰ و ۸۵۰ پاسکال در هر سه سرعت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه، اختلاف معنی‌دار بین فشار درون استوانه ۸۵۰ و ۱۰۵۰ پاسکال وجود ندارد (شکل ۵- حروف کوچک). در این سرعت، بین فشار درون استوانه ۶۰۰ پاسکال با فشار درون استوانه

مخزن (موزع استوانه‌ای) تا قرار گیری روی سطح گریس‌بلت بوده است.

#### انحراف از خط کشت

نتایج حاصل از آنالیز واریانس اثر فشار درون استوانه و سرعت بر میزان انحراف از خط کشت در جدول ۴ آمده است. این جدول نشان می‌دهد که اثر فشار درون استوانه و سرعت روی میزان انحراف معنادار نیست. ارزیابی‌ها روی سه قطر لوله سقوط ۱۲، ۱۰ و ۱۵ میلی‌متر نشان می‌دهد که میزان انحراف در آنها به ترتیب ۱/۰۰۲، ۱/۳۰ و ۲/۳۴ میلی‌متر است (جدول ۵)، یعنی هرچه قطر لوله کمتر باشد میزان انحراف معیار نیز کمتر است.

فاصله‌های یکسان روی گریس‌بلت نمی‌افتند و به همین دلیل به اندازه تعداد بذرهای کنار هم افتاده نیز به نکاشت اضافه می‌گردد. از این‌روست که مقدار نکاشت در شکل ۵ برای تمام حالات ارزیابی دستگاه، تقریباً برابر مجموع چنددانه کاری (شکل ۴) و باقی‌مانده درصد پُرشدگی از ۱۰۰ درصد (شکل ۳) شده است. علل نکاشت دقیقاً همان عواملی هستند که در بخش پُرشدگی موزع و چنددانه کاری گفته شد. نتایج به دست آمده از این آزمون با نتایج تحقیقات (Önal et al., 2012) همخوانی دارد. هرچند آزمایش‌های آنها روی بذر پنبه بوده است.

در بررسی‌ها معلوم شد که هیچ نوع آسیب مکانیکی به بذر وارد نشده است. دلیل این امر استفاده از جریان هوا، و نه نیروی مکانیکی، برای جابه‌جایی بذر از درون

جدول ۴- آنالیز واریانس اثر فشار درون استوانه و سرعت بر میزان انحراف از خط کشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
فشار درون استوانه	۲	۰/۷۱۱۱ <sup>ns</sup>
سرعت	۲	۰/۰۴۴۴ <sup>ns</sup>
فشار درون استوانه×سرعت	۴	۰/۲۲۲۲ <sup>ns</sup>

ns: نبود اختلاف معنی‌دار

جدول ۵- میزان انحراف معیار از خط کشت

میزان انحراف معیار (میلی‌متر)	قطر لوله (میلی‌متر)
۱/۰۰۲	۱۰
۱/۳۰	۱۲
۲/۳۴	۱۵

می‌دهد. ضریب یکنواختی بذر به صورت درصد، حول فاصله تنظیمی (فاصله‌ای که بر اساس نسبت سرعت خطی گریس‌بلت و سرعت دوران استوانه تنظیم شد) و میانگین فاصله بذرهای ریخته شده روی گریس‌بلت، گزارش گردید.

رحمتی و حاجی‌احمد (Rahmati & Hajiahmad, 2008) میزان انحراف معیار از خط کشت را برای موزع نیوماتیک بذر گوجه‌فرنگی ۳/۱ میلی‌متر به دست آوردند. جدول ۶، ضریب یکنواختی توزیع بذر را در فشارهای مختلف درون استوانه و سرعت‌های مختلف کارنده نشان

جدول ۶- ضریب یکنواختی توزیع بذر فشارهای مختلف درون استوانه و سرعت‌های مختلف گریس‌بلت

			سرعت گریس‌بلت (متر بر ثانیه)	فشار درون استوانه (پاسکال)
۱/۵	۱	۰/۵		
۸۱/۷۵	۸۵/۷۳	۹۳/۶۲	Se <sub>1</sub> حول فاصله تنظیمی (درصد)	۶۰۰
۸۰/۲۷	۸۳/۸۷	۹۱	Se <sub>2</sub> حول میانگین فاصله (درصد)	
۷۰/۹۲	۸۰/۱۵	۸۸/۵۱	Se <sub>1</sub> حول فاصله تنظیمی (درصد)	۸۵۰
۶۹/۵۱	۸۲/۷۲	۸۸/۹۳	Se <sub>2</sub> حول میانگین فاصله (درصد)	
۶۹/۵۷	۸۰/۹۳	۸۴/۸۵	Se <sub>1</sub> حول فاصله تنظیمی (درصد)	۱۰۵۰
۶۷/۲۴	۷۹/۴۵	۸۶/۲۴	Se <sub>2</sub> حول میانگین فاصله (درصد)	

(Rahmati & Hajiahmad, 2008) نیز ضریب یکنواختی توزیع بذر برای موزع نیوماتیک بذر گوجه‌فرنگی را حول فاصله تنظیمی دستگاه ۹۷/۵ درصد و حول فاصله میانگین ۹۵/۲ درصد گزارش کردند؛ در این دستگاه، طول لوله سقوط بسیار بلندتر از طول لوله سقوط دستگاه مورد ارزیابی سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2005) و رحمتی و حاجی احمد (Rahmati & Hajiahmad, 2008) بود. به همین دلیل مقادیر گزارش شده آنان وضعیت بهتری دارد.

#### نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان می‌دهد که با افزایش سرعت پیشروی، میزان نکاشت و چنددانه‌کاری افزایش و درصد پرشدگی سلول موزع کاهش خواهد یافت و با افزایش فشار درون استوانه (افزایش سرعت جریان هوا) درصد پرشدگی افزایش و درصد نکاشت و چنددانه‌کاری کاهش می‌یابد. با در نظر گرفتن حد مطلوب پرشدگی سلول موزع (بیش از ۹۵ درصد)، سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه کارنده با فشار درون استوانه ۱۰۵۰ پاسکال پیشنهاد می‌گردد.

با نتایج به‌دست آمده معلوم شد که در فشار درون استوانه کمتر (سرعت جریان هوای کمتر)، بذرها توزیع یکنواخت‌تری دارند و در فشار درون استوانه مشخص،

با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول ۶ معلوم شد که بذرها در فشار درون استوانه کمتر (سرعت جریان هوای کمتر) توزیع یکنواخت‌تری دارند. در فشار درون استوانه بیشتر (سرعت‌های جریان هوای بالاتر)، توزیع یکنواختی بذر وضعیت بدی دارد. در سرعت جریان هوای کمتر، بذرها به‌علت برخورد کمتر به جداره داخلی لوله سقوط، با نظم بهتری همراه جریان هوا مسیر درون لوله خروج و لوله سقوط را طی می‌کنند. در سرعت جریان هوای بالاتر، با اغتشاش به‌وجود آمده در لوله خروج بذر و لوله سقوط، بذرها دائماً به جداره داخلی لوله‌ها برخورد می‌کنند و در نتیجه هنگام جابه‌جا شدن در درون لوله نظم خوبی ندارند و به همین دلیل در فشار درون استوانه بالاتر نیوماتیک (سرعت بالاتر جریان هوا) ضریب یکنواختی توزیع بذر کمتر است. وقتی فشار درون استوانه یکسان است، هرچه سرعت پیشروی بیشتر باشد ضریب یکنواختی بذر کمتر می‌شود که علت آن نیز به هم ریختگی در مسیر حرکت بذر از لحظه جدا شدن از استوانه تا لحظه قرار گرفتن روی گریس‌بلت است.

سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2005) ضریب یکنواختی توزیع بذر را برای موزع پنوماتیکی مخصوص کشت دانه‌های پنبه در شرایط آزمایشگاهی ۸۸ درصد به‌دست آوردند. رحمتی و حاجی‌احمد

درون لوله اتفاق نیفتاده است، قطر ۱۰ میلی‌متر برای لوله سقوط پیشنهاد می‌شود.

از آنجا که کارنده‌های بادی دقت کشت بالایی دارند و کمترین آسیب را به بذر وارد می‌کنند، استفاده از آنها رو به افزایش است. موزع بادی نوع استوانه‌ای تحت فشار هوا، به‌علت آنکه یک موزع مرکزی می‌تواند چندین ردیف کشت را پوشش دهد قیمت تمام شده پایینی دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، استفاده از کارنده بادی با موزع استوانه‌ای تحت فشار هوا برای کشت محصولات ردیفی، به‌ویژه ماش، توصیه می‌شود.

هرچه سرعت پیشروی بیشتر باشد ضریب یکنواختی توزیع بذر کمتر می‌شود. برای بهبود ضریب یکنواختی بذر پیشنهاد می‌شود که لوله سقوط دارای انحنای ملایم‌تر باشد به گونه‌ای که در جابه‌جایی بذر اغتشاش کمتری در مسیر حرکتش به‌وجود آید.

ارزیابی دستگاه نشان می‌دهد که سرعت کارنده و فشار درون استوانه بر میزان انحراف از خط کشت تأثیری ندارند و کمترین میزان انحراف با ۱ میلی‌متر مربوط به قطر لوله سقوط ۱۰ میلی‌متر است. با توجه به اینکه در آزمون با قطر ۱۰ میلی‌متر، هی‌چگونه گرفتگی بذر در

## مراجع

- Afify, M. T., El-haddad, Z. A., Hassan, G. E. and Shaaban y. A. 2009. Mathematical model for predicting vacuum pressure of onion seeds precision seeder. *Misr. J. Agric. Eng.* 26(4): 1776-1799.
- Deng, X., Li, X., Shu, C., Huang, H. and Liao, Q. 2010. Mathematical model and optimization of structure and operating parameters of pneumatic precision metering device for rapeseed. *Int. J. Food Agric. Environ.* 8(3-4): 318-322.
- Guarella, P., Pellerano, A. and Pascuzzi, S. 1996. Experimental and theoretical performance of a vacuum seeder nozzle for vegetable seeds. *J. Agr. Eng. Res.* 64(1): 29-36.
- Karayel, D., Barut, Z. B. and Ozmerzi, A. 2004. Mathematical modelling of vacuum pressure on a precision seeder. *Biosystem. Eng.* 87(4): 437-444.
- Mamizadeh, A. K., Rezaeiasl, A., Esmailzadeh, E. and Rahmati, M. H. 2014. Design, fabrication and evaluation of the electro-pneumatic vacuum-cylinder metering device. Eighth National Congress of Agricultural Engineering (Bio systems) and mechanization of Iran. (in Persian)
- Nourgholipour, E. M., Rezaeiasl, A., Esmailzadeh, E. and Rahmati, M. H. 2013. Design, fabrication and evaluation of a row crop electro-pneumatic seed metering device. *The first International Conference on Science, Industry and Trade cotton*. Cotton Research Institute of Iran. Gorgan, Iran. (in Persian)
- Önal, I., Degirmencioglu, A. and Yazgi, A. 2012. An evaluation of seed spacing accuracy of a vacuum type precision metering unit based on theoretical considerations and experiments. *Turk. J. Agr. Forest.* 36(2): 133-144.
- Rahmati, M. H. and Hajiahmad, A. 2008. Modification and comparison of a tomato seed pneumatic planter with a mechanical planter. *J. Agric. Sci. Nat. Res.* 14 (6), 78-88. (in Persian)
- Singh, R., Singh, G. and Saraswat, D. 2005. Optimisation of design and operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting cottonseeds. *Biosystem. Eng.* 92(4): 429-438.
- Yasir, S. H., Liao, Q., Yu, J. and He, D. 2012. Design and test of a pneumatic precision metering device for wheat. *Agr. Eng. Int. CIGR J.* 14(1): 16-25.

- Yazgi, A. and Degirmencioglu, A. 2007. Optimization of the seed spacing uniformity performance of a vacuum-type precision seeder using response surface methodology. *Biosystem. Eng.* 97, 347-356.
- Zhan, Z., Yaoming, L., Jin, C. and Lizhang, X. 2010. Numerical analysis and laboratory testing of seed spacing uniformity performance for vacuum-cylinder precision seeder. *Biosystem. Eng.* 106(4): 344-351.

## **Fabrication and Performance Evaluation of Pressurized Pneumatic Cylinder Distributor Equipped with a Wind Separator for Row Cultivated Mung Bean using Grease Belt**

**A. Amirian, A. Rezaei-Asl\* and E. Esmailzadeh**

\* Corresponding Author: Assistant Professor, Biosystems Engineering Department, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Gorgan, Iran. Email: arezaeiasl@yahoo.com

Received: 23 February 2017, Accepted: 25 September 2017

In this study, a distributor of the pressurized pneumatic cylinder for seed sowing machine was fabricated and the device was evaluated by a grease belt. In order to evaluate the distributor, two factors were investigated: grease belt speed, with three levels of 0.5, 1 and 1.5 meters per second and three levels of air pressure inside of the distributor cylinder of 600, 850 and 1050 Pa, using wind separation method. The results of a factorial experiment in a completely randomized test design were evaluated by using SAS software and comparison of data was performed using LSD test. The effect of cylinder pressure and planter forward speed on the percentage of distributor pore filling, multi-planting, no-Planting, deviation from the line of cultivation and seed distribution uniformity were evaluated. The results showed that the filling percentage increases by an increase in cylinder pressure or by a decrease in velocity. The no-planting and multi-planting percentage had a reverse effect on the filling percentage. Furthermore, cylinder pressure and velocity did not affect the amount of deviation from the line of cultivation and also seeds were distributed more uniformly at low-pressure. According to the results of this study, the use of pneumatic planter by using a pressurized cylinder distributor for planting row crops, particularly mung bean is recommended.

**Keywords:** Filling Percentage, Line of Cultivation, Planter, Seed Distribution, Wind Cylindrical Distributor