

## The Study of Effective Parameters in Pneumatic Transfer on Quality Properties of Corn Seeds

SAHAR SOHRABI<sup>1</sup>, RASOUL MEAMAR DASTJERDI<sup>2\*</sup>, MAJID RAHNAMA<sup>3</sup>, AMIN LOTFI JALAL ABADI<sup>4</sup>

1. M.Sc. Graduated, Department mechanic of agricultural machinery Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran
  2. Assistant Professor, Department mechanic of agricultural machinery Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran
  3. Assistant Professor, F Department mechanic of agricultural machinery Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran
  4. Assistant Professor, Department mechanic of agricultural machinery Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran
- (Received: Nov. 5, 2017- Revised: May. 6, 2018- Accepted: July. 25, 2018)

### ABSTRACT

Mechanical damage in grains and seeds during harvesting, trashing and transporting stages affects germination seed vigor seriously as well as ultimately affects the quality of the product. The general objective of this study was to investigate the effect of parameters of pneumatic transfer (transfer velocity, path length and mass flow rate) on quality properties of corn seeds (germination percentage, seed vigor, germination speed, mass loss and electrical conductivity). At the first time, a dilute phase pneumatic conveyor was constructed. Then, corn transfer an experiment was performing at different levels of pipe length (1, 2 and 3 m), inlet air velocity (13, 17 and 20 m/s) and mass flow rate (200, 250 and 300 kg/h). The experimental design was factorial based on completely randomized design. The results of the experiments showed that with increasing pipe length and mass flow rate, the percentage of germination decreased significantly ( $p \leq 0.01$ ). The interaction of length, velocity and mass flow rate on seed vigor was significant ( $p \leq 0.01$ ). The highest seed vigor index was obtained at a 1m length of pipe, 13 m / s velocity and mass flow rate of 300 kg / h ; and the lowest seed vigor index at 3 m of length, 13 m / s vlocity and mass flow rate of 300 kg / h. The effect of pipe length on seed electrical conductivity was significant ( $p \leq 0.05$ ), and other parametrs had no significant effect on the electrical conductivity of seed.

**Key words:** Penmumatic transfer, Corn, Germination, Mechanical damage

## بررسی اثر پارامترهای مؤثر در انتقال نیوماتیک بر خصوصیات کیفی بذر ذرت

سحر سهرابی<sup>۱</sup>، رسول معمار دستجردی<sup>۲\*</sup>، مجید رهنما<sup>۳</sup>، امین لطفی جلال آبادی<sup>۴</sup>

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران

۲. استادیار، گروه ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران

۳. استادیار، گروه ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران

۴. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۸/۱۴ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۲/۱۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۵/۳)

### چکیده

آسیب مکانیکی که به دانه‌ها و غلات در طول مراحل برداشت، کوبیدن و حمل و نقل رخ می‌دهد، به‌طور جدی بر قوه نامیه، توان رشد و در نهایت بر کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد. هدف کلی از این پژوهش بررسی اثر فاکتورهای مؤثر در انتقال نیوماتیک (سرعت انتقال، طول مسیر و دبی جرمی) بر خصوصیات کیفی بذر ذرت (درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه، سرعت جوانه‌زنی، کاهش جرم و هدایت الکتریکی) است. بدین منظور ابتدا یک دستگاه انتقال نیوماتیک فاز رقیق ساخته شد. سپس آزمایش‌های انتقال ذرت در سطوح مختلف طول لوله (۱، ۲ و ۳ متر)، سرعت هوای ورودی (۱۳، ۱۷ و ۲۰ متر بر ثانیه) و دبی جرمی (۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در ساعت) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش طول لوله و دبی جرمی میزان درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد کاهش پیدا می‌کند. اثر متقابل طول، سرعت و دبی جرمی بر میزان شاخص بنیه بذر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بیشترین میزان شاخص بنیه بذر در طول یک متر سرعت ۱۳ متر بر ثانیه و دبی جرمی ۳۰۰ کیلوگرم در ساعت و کمترین میزان شاخص بنیه بذر در طول ۳ متر، سرعت ۱۳ متر بر ثانیه و دبی جرمی ۳۰۰ کیلوگرم در ساعت به دست آمد. اثر طول لوله انتقال بر میزان هدایت الکتریکی بذر در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و سایر سطوح اثر معنی‌داری بر میزان هدایت الکتریکی بذر نداشتند.

واژه‌های کلیدی: نیوماتیک، انتقال نیوماتیک، ذرت، جوانه زنی، آسیب مکانیکی

### مقدمه

ذرت از جمله غلات مهم و با ارزش مناطق گرمسیری و معتدل جهان است و با نام علمی (*Zea mays L.*) شناخته شده است و از نظر تولید در دنیا بعد از گندم و برنج سومین غله مهم محسوب می‌شود (Ashofteh Beiragi et al., 2011). در حال حاضر بیش از ۱۴۰ میلیون هکتار از اراضی دنیا به کشت ذرت اختصاص یافته است. از نظر سطح زیر کشت، ایران، رتبه سوم و از نظر تولید و عملکرد رتبه اول را در بین غلات به خود اختصاص داده است. ذرت به دلیل ویژگی‌های بسیار زیاد خود، به‌ویژه به دلیل قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون، بسیار زود در تمام دنیا گسترش یافت و مکان سوم را بعد از گندم و برنج از نظر سطح زیر کشت به خود اختصاص

داد (Noormohammadi et al., 2010). در زمینه‌ی حمل و نقل مواد جامد، روش‌های مختلفی از قبیل مکانیکی، هیدرولیکی و نیوماتیکی وجود دارد. روش مکانیکی متداول‌ترین روش انتقال به‌حساب می‌آید که از انواع آن می‌توان تسمه‌ای و مارپیچی را نام برد. این روش‌ها از انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار نیستند. به‌علاوه مسائلی از قبیل ایجاد انفجار، آلودگی مواد در حین عملیات انتقال، نیاز به مراقبت‌های زیاد در زمینه‌ی تأسیسات و خطوط انتقال و تلفات قابل‌ملاحظه را باید مد نظر داشت. انتقال مواد جامد به همراه سیال در داخل لوله، به نوع سیال بستگی دارد. این نوع از حمل و نقل به‌عنوان حمل و نقل هیدرولیکی و نیوماتیکی شناخته شده‌اند. در انتقال هیدرولیکی از مایعات و در نوع نیوماتیکی از گازها به‌عنوان سیال، همراه با مواد جامد در نقل و انتقال استفاده می‌شود (Imanmehr et al., 2008). حمل و نقل نیوماتیک غلات، از قرن نوزدهم به‌صورت حمل و نقل مکنشی شروع شد (Klinzing et al., 2011). با توسعه

\* نویسنده مسئول: rasoul.memar@gmail.com

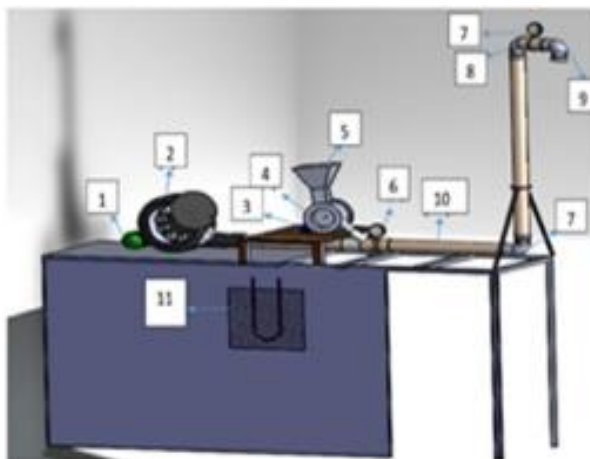
با تنش‌های محیطی درصد سبز شدگی و سرعت جوانه‌زنی بالاتری را داشته و در نهایت گیاهچه‌های نیرومندتری تولید نمایند. از این‌رو به آزمون کیفیت دانه‌های بومی قبل از کاشت بسیار تأکید می‌شود. کاشت بذرها با کیفیت بالا سبب موفقیت و بازده بالای مزرعه‌ای خواهد شد. همچنین کاشت بذر با درجه خلوص، قوه نامیه بالا و عاری از بذرهای مضر موفقیت در کاشت را به دنبال خواهد داشت. از عوامل مؤثر بر کیفیت بذر می‌توان به روش برداشت و انتقال، خشک‌کردن، پاک کردن و ذخیره‌سازی نیز اشاره کرد (Elias & Copeland, 1994). آسیب مکانیکی به دانه‌ها و غلات که در طول مراحل برداشت، کوبیدن و حمل‌ونقل رخ می‌دهد، به‌طور جدی بر قوه نامیه، توان رشد و در نهایت بر کیفیت محصول تأثیر می‌گذارد. همچنین می‌تواند عامل ضایعات مستقیم و غیرمستقیم باشد (Stroshine & Hamann, D. 1994). در پژوهشی که گونر به منظور انتقال نیوماتیک محصولات جو، گندم، آفتابگردان و عدس انجام داد مشخص گردید که خطر آسیب مکانیکی به تمام بذور با افزایش سرعت انتقال افزایش می‌یابد. کمترین آسیب مکانیکی مربوط به دانه گندم و بیشترین آن مربوط به بذر عدس بود. جوانه زنی و شاخص بنیه بذور با افزایش سرعت انتقال در تمام بذور کاهش یافت. بیشترین میزان کاهش جوانه زنی در بذر آفتابگردان ایجاد شد و کمترین میزان جوانه زنی در بذر گندم رخ داد. در حالیکه بیشترین کاهش در شاخص بنیه در بذر گندم ایجاد شد و آفتابگردان کمترین کاهش شاخص بنیه را داشت. بنابراین می‌توان گفت سرعت جریان هوا باید به عنوان فاکتوری بسیار بحرانی و مهم در بررسی میزان آسیب مکانیکی در نظر گرفته شود (Guner, 2007). هدف کلی از این پژوهش بررسی اثر فاکتورهای مؤثر در انتقال نیوماتیک (سرعت انتقال، طول مسیر و دبی جرمی) بر خصوصیات کیفی بذر ذرت (درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه، سرعت جوانه‌زنی، کاهش جرم و هدایت الکتریکی) است.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر پارامترهای مؤثر در انتقال نیوماتیک بر خصوصیات کیفی بذر ذرت ابتدا دستگاه انتقال نیوماتیک در بخش کارگاهی گروه ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان ساخته شد (شکل ۱). مقاله نیوماتیکی ساخته شده در این پژوهش از نوع فاز رقیق بود. با توجه به اینکه برای انتقال مواد به‌صورت فاز رقیق باید نسبت جرمی بین ۱۵-۰ باشد، در این تحقیق مقدار ۱۰ برای آن انتخاب گردید. حداکثر دبی جرمی برای

کمپرسورها و مکنده‌ها و کاربرد نیروی حاصل از آن‌ها در سال ۱۹۲۰ حمل‌ونقل نیوماتیکی مواد جامد از رشد قابل‌توجهی برخوردار گردید. در اواسط قرن بیستم حمل‌ونقل کننده‌های نیوماتیکی بیشترین سهم را در بازار انتقال مواد به خود اختصاص دادند امروزه این سیستم انتقال با توجه به مزایای خاص و برتری‌هایی که نسبت به سایر سیستم‌ها دارد یکی از برترین روش‌های انتقال مواد محسوب می‌گردد (Araghi, 1994). عامل محدودیت عمده در کاربرد نقاله‌های نیوماتیک معمولاً در نوع موادی است که بایستی انتقال یابند. این مواد بایستی در گروه مواد خشک و نسبتاً آسان جاری شونده قرار گرفته و خاصیت جاری شوندگی آزاد آن‌ها خیلی دقیق اندازه‌گیری شود، چون برخی از مواد گرچه در حالت عادی آزاد جاری نمی‌شوند اما تحت اثر نیروی بادی می‌توانند نسبتاً آزادانه جاری شوند. طراحی صحیح و منطقی تجهیزات انتقال، برداشت، فرآوری، ذخیره‌سازی، جداسازی، طبقه‌بندی و تمیز کردن محصولات کشاورزی نیازمند دانش کافی از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن محصولات می‌باشد (Baryeh, & Mangope, 2002; Perez et al., 2007). در طراحی سیستم‌های انتقال نیوماتیک مخصوص محصولات کشاورزی ویژگی‌هایی نظیر طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین حسابی و هندسی، کرویت، حجم، وزن هزار دانه، چگالی توده و حقیقی، تخلخل، سطح تصویر شده، توان مورد نیاز و آسیب‌های مکانیکی بذر در طی فرایند انتقال بسیار دارای اهمیت هستند. اولین گام در طراحی سیستم‌های انتقال نیوماتیک تخمین صحیح افت فشار در طول لوله‌ها می‌باشد (Chand & Ghosh, 1968). مقاومت به ضربه در بین سایر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی نقش مهمی در طراحی کوبنده‌ها، تجهیزات مربوط به پر کردن و تخلیه‌سازی، سیلواها، ماشین‌های برداشت، خشک‌کن‌ها و نقاله‌ها دارد. دلیل این امر آن است که در طی کار با این تجهیزات دانه‌ها در معرض ضربه ناشی از برخورد با یکدیگر و برخورد با سطوح فلزی، چوبی یا پلاستیکی در طی مسیر قرار می‌گیرند که در نتیجه دچار آسیب مکانیکی می‌گردند (Baryeh, 2002). کیفیت نامناسب، جوانه‌زنی و استقرار ناکافی از معضله‌هایی است که گیاهان زراعی در مناطق مختلف با آن مواجه هستند. این کیفیت تحت تأثیر عوامل بسیاری از جمله رقم، خلوص ژنتیکی، خلوص فیزیکی، قوه نامیه و قدرت جوانه‌زنی قرار می‌گیرد. عوامل دیگری مانند محیط، مراحل رسیدگی در زمان برداشت، صدمات مکانیکی، سن و فرسودگی نیز بر میزان جوانه‌زنی و قدرت بذر تأثیر دارد (Macdonald et al., 2004). بذرها با کیفیت و قدرت بالاتر می‌توانند بهتر سبز شده و در مواجه شدن

ایست که وظیفه تولید جریان هوا و غلبه بر افت‌های فشار را برعهده دارد. باید در انتخاب نوع دمنده و توانایی آن در تولید فشار و دبی مورد نیاز توجه کرد. توان مورد نیاز دمنده پس از مشخص شدن افت فشار در قسمت های مختلف سیستم محاسبه شد و از یک دمنده با توان اسمی ۷۰۰ وات و حداکثر سرعت جریان هوا ( ۲۰ متر بر ثانیه) استفاده گردید. جهت کنترل سرعت هوای ورودی به سیستم، دریچه ی ورودی دمنده درجه بندی گردید. تمام محاسبات با در نظر گرفتن سرعت حد و چگالی ذرت که به ترتیب  $10/4$  (m/s) و  $1148$  (kg/m<sup>3</sup>) می باشد، انجام گرفت (Ghafori et al., 2011). با تکمیل و ساخت دستگاه، جهت ارزیابی، آزمایش‌های انتقال ذرت در سطوح مختلف طول لوله (۱، ۲ و ۳ متر)، سرعت هوای ورودی (۱۳، ۱۷ و ۲۰ متر بر ثانیه) و دبی جرمی ( ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در ساعت) و تأثیر آن بر خصوصیات کیفی ذرت (درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه، سرعت جوانه‌زنی، کاهش جرم و هدایت الکتریکی) انتقال داده شده، انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش و سطوح آن به صورت فاکتوریل و در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی ارزیابی گردید. سپس تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در هر مورد در سطح ۵ درصد صورت گرفت. تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SAS و ترسیم نمودارها توسط نرم‌افزار EXCEL2016 انجام شد.



شکل ۱. سیستم انتقال نیوماتیک عمودی ذرت، (۱) الکتروموتور، (۲) دمنده، (۳) موتور موزع، (۴) موزع، (۵) مخزن موزع، (۶) فشارسنج، (۷) خم اول، (۸) خم دوم، (۹) خم سوم، (۱۰) لوله‌های انتقال، (۱۱) مانومتر

استفاده گردید. در این آزمون‌ها مؤلفه‌های درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و سرعت جوانه‌زنی اندازه‌گیری شد. برای انجام آزمون تعداد ۱۰۰ بذر از هر انتقال توسط دستگاه را داخل پتری دیش قرار داده و میزان ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه گردید، سپس به انکوباتور منتقل و به مدت یک هفته در دمای

بذر ذرت به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم بر ساعت در نظر گرفته شد. جهت انتقال مواد از لوله‌های PVC استاندارد با قطر داخلی ۵۸ و قطر خارجی ۶۳ میلی‌متر استفاده گردید. نکته مورد توجه در مورد لوله‌های انتقال آن است که این لوله‌ها باید در کل مسیر تنها به صورت کاملاً عمودی یا کاملاً افقی قرار گیرند. برای اتصال لوله‌های افقی به عمودی و بالعکس از زانوهای با مقطع دایره‌ای دقیق استفاده شد. برای اندازه‌گیری فشار کل از یک فشارسنج مدل EN 837-3 با محدوده نمایش فشار ۰-۲۵ میلی بار و قدرت تشخیص ۰/۵ میلی بار استفاده شد که ورودی آن توسط یک لوله‌ی برنجی یک‌چهارم اینچی در راستای جریان هوا قرار گرفت و فشار کل را نمایش می‌داد. برای جلوگیری از حالت بلوکه شدن قطر لوله بیش از ۳ برابر بزرگ‌ترین قطر ماده مورد در نظر گرفته شد (Srivastava et al., 2005). برای تغذیه مواد از یک تغذیه‌گر دورانی استفاده شد. ساختار این وسیله بر پایه یک محور دوار و محفظه ساکن است، که محور شامل بخش‌های مساوی و مجزایی است که از طریق یک مجرای باز، مواد را از بالا دریافت می‌کند و به جریان هوا در مجرای پایین محفظه انتقال خواهد داد. برای کاهش دبی جرمی، دریچه‌ای در پایین مخزن تعبیه گردید که با تغییر سطح مقطع خروجی مخزن دبی جرمی نیز تغییر می‌نمود. همچنین برای کالیبره کردن، دریچه موزع، قبل از نصب روی دستگاه انتقال نیوماتیک آزمایش شد. بعد از به دست آوردن دبی جرمی‌های مورد نظر که با تغییر سطح مقطع خروجی مخزن حاصل گردید، دریچه علامت گذاری شد. دمنده، قلب یک نقاله نیوماتیک است. وسیله



روش‌های اندازه‌گیری خصوصیات کیفی بذر

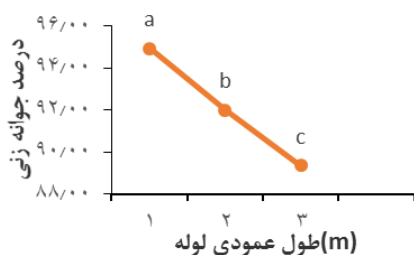
آزمون قوه نامیه بذر و ارزیابی رشد گیاهچه

این آزمون میزان بذرهای زنده مانده که توانایی بالقوه برای جوانه‌زنی را تحت شرایط مطلوب دارد، مشخص می‌کند. جهت ارزیابی مؤلفه‌های جوانه‌زنی از آزمون جوانه‌زنی استاندارد

اکثر صفات معنی‌دار نشان داد و اثرات متقابل طول در سرعت انتقال و طول در دبی جرمی برای تمام صفات غیر معنی‌دار بود. اثر دبی جرمی در سرعت بر صفت سرعت جوانه‌زنی در سطح ۵٪ معنی‌دار شد و برای سایر صفات غیر معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل سه فاکتور طول، سرعت و دبی جرمی بر کاهش جرم بذر در اثر انتقال نیوماتیک در سطح ۵٪ معنی‌دار شد.

#### تأثیر طول لوله بر درصد جوانه‌زنی

اثر طول لوله عمودی بر درصد جوانه‌زنی در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول (۱)). نمودار مقایسه میانگین در شکل ۲ نشان داد که با افزایش طول لوله میزان درصد جوانه‌زنی کاهش پیدا می‌کند که می‌تواند ناشی از افزایش ضرباتی باشد که بذر در طول مسیر انتقال از دیواره لوله‌ها دریافت می‌کند. هرچه مسیر عبوری بذر بیشتر باشد این ضربات بیشتر بوده و کیفیت بذر از نظر درصد جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد. میانگین بیشترین درصد جوانه‌زنی در طول ۱ متر، ۹۴/۹۲ درصد و کمترین میزان درصد جوانه‌زنی در طول سه متر با میانگین ۸۹/۳۷ درصد بود. (Ebrahimi *et al.*, (2015) در پژوهشی روی انتقال نیوماتیک گندم به این نتیجه رسیدند که افزایش مسیر انتقال، اثر معنی‌داری بر میزان آسیب گندم و به تبع آن بر جوانه‌زنی دارد و پیشنهاد کردند برای کاهش آسیب مکانیکی گندم بهتر است انتقال در طول یک متر انجام گیرد.



شکل ۲. نمودار تأثیر سطوح مختلف طول لوله بر درصد جوانه‌زنی

#### تأثیر دبی جرمی بر درصد جوانه‌زنی

شکل (۳) مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف دبی جرمی بر درصد جوانه‌زنی را نشان می‌دهد. بیشترین میانگین جوانه‌زنی در دبی جرمی ۲۰۰ کیلوگرم در ساعت ۹۴/۳۷ درصد بود و بین سطوح ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در ساعت اختلاف معنی‌داری دیده نشد. این امر می‌تواند ناشی از میزان ساییدگی و برخورد ذرات در دبی جرمی‌های مختلف باشد. هرچه میزان دبی جرمی افزایش یابد در نتیجه تعداد برخورد ذرات با یکدیگر و برخورد ذرات با دیواره لوله افزایش می‌یابد که این امر باعث کاهش کیفی بذر و پایین آمدن درصد جوانه‌زنی می‌شود. (Aarseth *et al.*, (2006) در پژوهشی روی انتقال نیوماتیک غذای

۲۲ درجه نگهداری شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده به صورت روزانه انجام گرفت و درصد جوانه‌زنی از طریق تعداد بذرهای جوانه‌زده شده در روز آخر در نظر گرفته شد. شاخص بینه بذر از حاصل ضرب درصد جوانه‌زنی نهایی در طول گیاهچه به دست آمد (Agrawal, 2003). سرعت جوانه‌زنی بذرها با استفاده از روش ماگنر<sup>۱</sup> و طبق رابطه ۱ محاسبه می‌شود که در آن Ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز و Ti تعداد روزهای پس از کاشت است (Souhani 2006).

$$\sum G \cdot R = \frac{\sum NiT}{Ni} \quad (\text{رابطه ۱})$$

پس از شروع جوانه‌زنی، گیاهچه از پتری دیش‌ها خارج و طول ساقچه و ریشچه هر گیاه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد.

#### محاسبه کاهش جرم و ساییدگی

به منظور بررسی تأثیر انتقال نیوماتیک بر کاهش جرم محصول، تعداد صد بذر در سه تکرار به وسیله رنگ غذا در سه رنگ مختلف رنگی شد. سپس مجموع صد بذر قبل از انتقال توسط ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن گردید. بذرهای رنگی از دستگاه انتقال داده شدند و بعد از انتقال دوباره مجموع همان صد بذری که با رنگ‌های مختلف متمایز شده بودند، وزن شدند. کسر دو عدد به دست آمده به عنوان عدد کاهش جرم صد بذر ثبت گردید.

#### آزمون هدایت الکتریکی

اساس این روش بر این استوار است که فقر یا زوال ساختار غشا و نشت سلول‌ها معمولاً با بدتر شدن حالت بذر (منظور نابودی بذر) و کاهش قوه نامیه همراه است. هدایت الکتریکی بیشتر نشان از نشت بیشتر و قوه نامیه کمتر می‌باشد (AOSA, 2002). در این روش ۵۰ عدد بذر برای هر تکرار انتخاب و هر نمونه وزن شده و در میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار می‌گیرد. نمونه‌ها خوب تکان داده شده تا به وسیله آب پوشیده شوند، سپس بعد از ۲۴ ساعت میزان هدایت الکتریکی آن‌ها به وسیله دستگاه هدایت سنج مدل Cond 3310 محاسبه شدند (Hampton & TeKrony, 1995).

#### نتایج اندازه‌گیری خواص کیفی بذر پس از انتقال نیوماتیک

نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات کیفی بذر در جدول (۱) آمده است. آنالیز واریانس داده‌ها اثرات سطوح مختلف طول لوله، سرعت هوای ورودی و دبی جرمی را روی

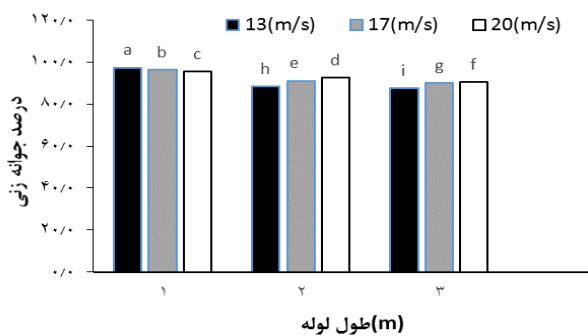
میزان هفت درصد از محصول آسیب دید و در دبی جرمی‌های بالاتر این رقم افزایش داشته است.

ماهی تأثیر دبی جرمی را بر کیفیت این محصول معنی‌دار اعلام کرد و عنوان کرد که در انتقال با دبی جرمی ۰/۱۸ کیلو در ثانیه

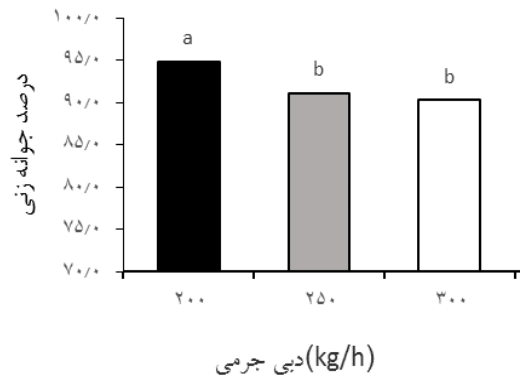
جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات کیفی بذر پس از انتقال نیوماتیک

میانگین مربعات (MS)						
منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر	سرعت جوانه‌زنی	کاهش جرم	هدایت الکتریکی
طول	۲	۳۷۳/۱۹**	۲۱۶۳۷۴۱۴**	۰/۲۸۱**	۰/۰۲۳**	۲۸/۶۳*
سرعت	۲	۲۱/۱۶ <sup>ns</sup>	۱۲۴۹۲۹۸/۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۸۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۰**	۰/۹۷ <sup>ns</sup>
دبی جرمی	۲	۱۶۱/۷۲**	۹۷۹۹۲۲/۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۱۶**	۰/۰۲۷**	۱/۴۷ <sup>ns</sup>
طول × سرعت هوا	۴	۲۴/۱۳**	۷۵۳۸۷۰۲۸**	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۷/۹۵ <sup>ns</sup>
طول × دبی جرمی	۴	۱۵/۸۸ <sup>ns</sup>	۵۹۶۶۵۲۴**	۰/۰۵۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۱۴/۰۵ <sup>ns</sup>
دبی جرمی × سرعت	۴	۹/۱۷ <sup>ns</sup>	۶۸۴۲۵/۴ <sup>ns</sup>	۰/۱۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۱۰/۰۲ <sup>ns</sup>
طول × دبی جرمی × سرعت هوا	۸	۴۱/۳۴ <sup>ns</sup>	۳۹۲۶۰۳۶**	۰/۰۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳**	۵/۳۸ <sup>ns</sup>
ضریب تغییرات (CV)(%)		۴/۵۵	۶/۷۰	۶/۹۹	۲۳/۸۹۸	۱۳/۸۵

\*\*\*، \*\* و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴. اثر متقابل طول و سرعت بر درصد جوانه‌زنی



شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف دبی جرمی بر درصد جوانه‌زنی

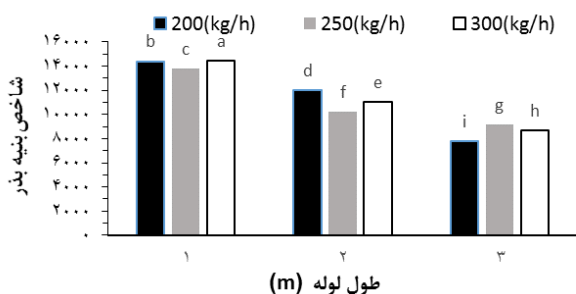
تأثیر فاکتورهای مختلف انتقال نیوماتیک بر شاخص بنیه بذر مطابق جدول واریانس (۱) اثر سطوح مختلف طول، اثر متقابل طول در سرعت، اثر متقابل طول در دبی جرمی و اثر سه‌گانه طول، سرعت و دبی جرمی بر شاخص بنیه بذر در سطح ۱٪ معنی‌دار شد و سایر سطوح عدم معنی‌داری را نشان داد.

#### اثر طول لوله بر شاخص بنیه بذر

شکل (۵) نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف طول لوله بر شاخص بنیه بذر ذرت را نشان می‌دهد. در طول ۱ متر عمودی گیاهچه‌ها بیشترین میانگین شاخص بنیه به میزان ۱۴۲۰۲/۳ را داشتند که نشان‌دهنده تأثیر طول مسیر بر شاخص بنیه است. همچنین کمترین میزان میانگین شاخص بنیه در طول سه متر اتفاق افتاد. زیرا با افزایش مسیر انتقال تعداد برخوردهای لغزشی بذرها با یکدیگر بیشتر شده و باعث آسیب به قوه نامیه بذر شده است.

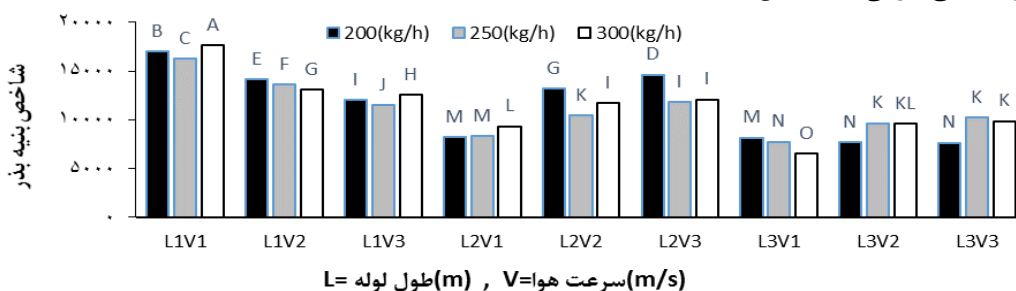
اثر متقابل طول و سرعت ورودی هوا بر درصد جوانه‌زنی بر اساس جدول (۱) اثر متقابل دو فاکتور طول و سرعت بر درصد جوانه‌زنی در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. مطابق شکل (۴) در طول ۱ متر با افزایش سرعت، جوانه‌زنی کاهش داشت و در طول ۲ و ۳ متر این روند برعکس شد و با افزایش سرعت در طول‌های ۲ و ۳ متر جوانه‌زنی افزایش یافت. زیرا با افزایش سرعت زمان عبور بذر از مسیر انتقال کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش سرعت در مسیرهای طولانی‌تر غلظت ذرات کاهش می‌یابد در نتیجه تعداد برخوردهای لغزشی و غیر لغزشی در طول مسیر کاهش می‌یابد (Mills et al., 2004). با کاهش برخوردهای لغزشی میزان ساییدگی بذر کاهش می‌یابد و جوانه‌زنی آن متقابلاً افزایش یافت.

نمودار مقایسه میانگین اثر متقابل طول و دبی جرمی در شکل (۷) آمده است. اثر فاکتور طول تأثیر معنی‌داری بر میزان شاخص بنیه بذر دارد. با کاهش طول در دبی جرمی‌های مختلف این مقدار کاهش داشته است. طبق جدول تجزیه واریانس (۱) تغییر دبی جرمی تأثیر معنی‌داری بر میزان شاخص بنیه بذر ندارد. افزایش دبی جرمی به منزله افزایش برخورد ذرات با یکدیگر است و افزایش طول به منزله افزایش برخورد ذرات با جداره لوله است از این رو می‌توان تأثیر ضریب اصطکاک بذر با جداره لوله و نقش جنس لوله در انتقال نیوماتیک را متوجه شد. کاهش بنیه بذر بر اثر خسارت مکانیکی در بسیاری از مطالعات به اثبات رسیده است. نتایج سایر تحقیقات نیز همین مطلب را ثابت می‌کند (Herbek & Bitzer, 2001).

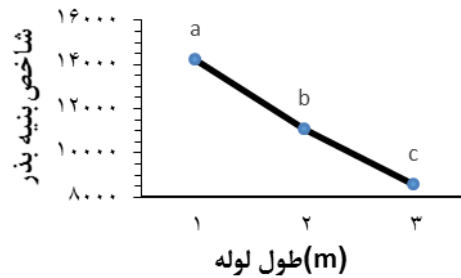


شکل ۷. اثر متقابل طول و دبی جرمی در شاخص بنیه بذر

**اثر متقابل طول، سرعت و دبی جرمی بر شاخص بنیه بذر**  
 مطابق جدول تجزیه واریانس (۱) اثر متقابل طول، سرعت و دبی جرمی بر میزان شاخص بنیه بذر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. شکل (۸) اثر مقایسه میانگین متقابل سه فاکتور طول، سرعت و دبی جرمی را نشان می‌دهد. بیشترین میزان شاخص بنیه بذر در طول یک متر سرعت ۱۳ متر بر ثانیه و دبی جرمی ۳۰۰ کیلوگرم در ساعت است و کمترین میزان شاخص بنیه بذر در طول ۳ متر سرعت ۱۳ متر بر ثانیه و دبی جرمی ۳۰۰ کیلوگرم در ساعت است. فاکتور طول تأثیرگذارترین فاکتور و فاکتور دبی جرمی کم تأثیرترین فاکتور است. برخوردهای لغزشی که بر اثر کاهش سرعت به وجود می‌آیند در طول‌های بیشتر اثر مخرب‌تری بر شاخص بنیه بذر دارند.

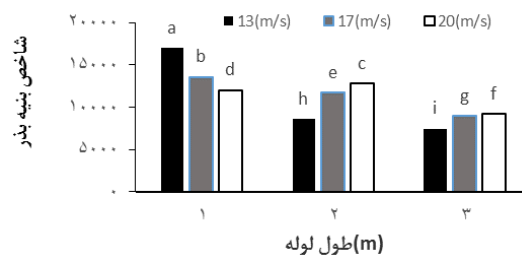


شکل ۸. اثر متقابل طول، سرعت و دبی جرمی بر شاخص بنیه بذر



شکل ۵. اثر سطوح مختلف طول لوله بر شاخص بنیه بذر

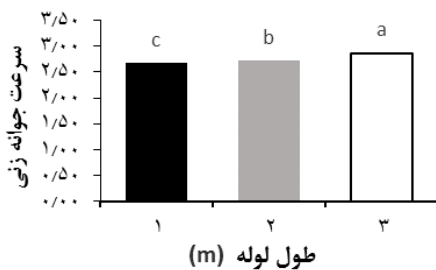
**اثر متقابل طول و سرعت هوا بر شاخص بنیه بذر**  
 با توجه به جدول تجزیه واریانس (۱) اثر متقابل طول و سرعت هوا بر شاخص بنیه در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. همان‌طور که در نمودار شکل (۶) نشان داده شده است شاخص بنیه بذر، در طول ۱ متر با کمترین سرعت یعنی ۱۳ متر بر ثانیه بیشترین مقدار را دارد و با افزایش سرعت در طول ۱ متر این مقدار کاهش یافت اما در طول ۲ متر و ۳ متر این روند برعکس شد و افزایش سرعت هوا منجر به افزایش شاخص بنیه شده است؛ اما مطابق شکل در هر صورت افزایش طول باعث کاهش مقدار شاخص بنیه گشته است. این پدیده می‌تواند در اثر افزایش برخوردهای لغزشی در طول مسیرهای بیشتر باشد. هر چه سرعت افزایش پیدا کند، تعداد برخوردهای لغزشی کاهش و برخوردهای ضربه‌ای نیروی بیشتری را به بذر وارد می‌کنند. از این رو ساییدگی پوسته بذر در طول‌های بیشتر با افزایش سرعت، کاهش پیدا می‌کند. کاهش بنیه بذر بر اثر خسارت‌های مکانیکی به دلیل آسیب به جنین و قسمت‌های حیاتی بذر است (Rahman et al., 2004).



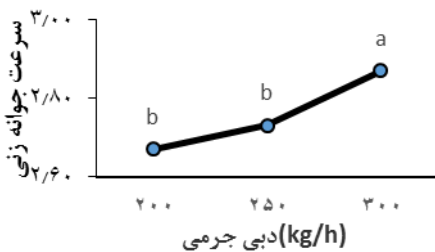
شکل ۶. اثر متقابل طول و سرعت هوا بر شاخص بنیه بذر

**اثر متقابل طول و دبی جرمی در شاخص بنیه بذر**

اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. افزایش دبی جرمی باعث افزایش ساییدگی پوسته بذر و کاهش جرم بذر گردید که این پدیده بر اثر افزایش میزان برخورد‌های ذرات با یکدیگر و برخورد ذرات با جداره لوله است. با افزایش دبی جرمی میزان نیروی وارده به بذر افزایش یافت و باعث ایجاد خراش یا ساییدگی در پوسته گردید که این امر جذب رطوبت را تسریع و سرعت جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد. با توجه به این مطلب چنین استنباط می‌شود که احتمالاً به علت آسیب‌های مکانیکی درونی نامحسوس به بذر و با نیرویی که بر اثر افزایش دبی جرمی به بذر وارد شده است، جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار گرفته است. زوال بذر پدیده‌ای تدریجی و پویا است، به‌گونه‌ای که نواحی کوچکی از بذر که دچار خسارت مکانیکی شده‌اند ممکن است به تدریج وسعت یابند و بافت‌های جنینی زنده را تحت تأثیر قرار دهند که نتیجه آن کاهش کیفیت بذر است (Rahman et al., 2004).



شکل ۹. اثر سطوح مختلف طول لوله بر سرعت جوانه‌زنی



شکل ۱۰. اثر سطوح مختلف دبی جرمی بر سرعت جوانه‌زنی

**تأثیر فاکتورهای مختلف انتقال نیوماتیک بر میزان کاهش جرم بذر ذرت**  
جدول تجزیه واریانس (۱) نشان داد که اثر طول لوله انتقال، سرعت ورودی و دبی جرمی بر میزان کاهش جرم در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. همچنین اثرات متقابل سه‌گانه طول و سرعت و دبی جرمی بر میزان کاهش جرم بذر، در سطح ۵٪ معنی‌دار شد.

#### اثر طول لوله بر میزان کاهش جرم بذر ذرت

شکل (۱۱) اثر سطوح مختلف طول لوله عمودی بر میزان کاهش جرم را نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار با افزایش

همچنین از آنجایی که جنین ذرت در زیر پوسته آن است، هر گونه ضربه و ساییدگی می‌تواند بر بنیه بذر اثر بگذارد. در واقع هرچه خسارت به محور جنینی نزدیک‌تر باشد، احتمال ایجاد جوانه‌های غیرعادی بیشتر است. اگر خسارت از محور جنینی دورتر باشد، امکان اینکه بذر بتواند جوانه عادی و سالم تولید کند بیشتر خواهد بود (Vearasilpa et al., 2001). نتایج حاصله و وجود تفاوت معنی‌دار بین سطوح مختلف مورد مطالعه نسبت به خسارت مکانیکی، نشان می‌دهد که صفت مقاومت به خسارت مکانیکی یکی از خصوصیات مرتبط با پوسته بذر است و هر چه پوسته بذر نازک‌تر باشد و شکننده‌تر باشد حساسیت به خسارت مکانیکی افزایش می‌یابد (Sosnowski & Kuzniar, 1999).

#### تأثیر فاکتورهای مختلف انتقال نیوماتیک بر سرعت جوانه‌زنی

مطابق جدول تجزیه واریانس (۱) اثر طول لوله انتقال و دبی جرمی بر سرعت جوانه‌زنی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل سرعت و دبی جرمی بر سرعت جوانه‌زنی در سطح ۵٪ معنی‌دار گشت و در سطوح‌های سرعت، اثر متقابل طول در سرعت، طول در دبی جرمی و اثر متقابل سه‌گانه طول، سرعت و دبی جرمی عدم معنی‌داری را نشان داد.

#### اثر طول لوله بر سرعت جوانه‌زنی

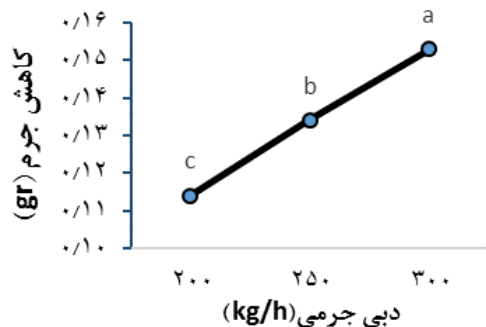
نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف طول لوله بر سرعت جوانه‌زنی در شکل (۹) نشان داده شده است. مطابق شکل با افزایش طول لوله سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت، اما گیاهچه‌هایی ضعیف از نظر زراعی رشد کردند که این امر می‌تواند بر اثر خراش و یا ساییدگی باشد که در طول‌های بزرگ‌تر بر بذر وارد شده است. هر چه مسیر عبور بذر طولانی‌تر باشد میزان ساییدگی پوسته بذر افزایش یافته و در نتیجه آن پوسته نازک‌تر گشته و جذب رطوبت از محیط برای بذر آسان‌تر می‌شود؛ اما در نهایت گیاهچه‌هایی ضعیف‌تر رشد کردند. نتایج آزمایش‌های مختلفی که در مورد تأثیر عملیات مکانیکی بر عملکرد دانه‌ی سویا انجام شد، نشان داد که آسیب‌های مکانیکی که بر اثر انتقال بر سویا وارد شده باعث ظهور گیاهچه‌های غیرعادی شده است (Shelar, 2008).

#### اثر سطوح مختلف دبی جرمی در سرعت جوانه‌زنی

شکل (۱۰) نمودار مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف دبی جرمی بر سرعت جوانه‌زنی را نشان می‌دهد. بیشترین میزان سرعت جوانه‌زنی در دبی جرمی ۳۰۰ کیلوگرم بر ساعت، برابر با ۲/۸۷ بود. در دبی جرمی ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در ساعت



مقدار  $0/153$  گرم بود. زیرا با افزایش تراکم ذرات در لوله میزان برخورد و سایش ذرات با هم و با دیواره لوله بیشتر و مجموع نیروهای برشی بین ذرات افزایش می‌یابد. در پژوهشی که Paulson, (1978) روی انتقال نیوماتیک مصنوعات پتروشیمی انجام داد به این نتیجه رسید که در اثر افزایش دبی جرمی، میزان برخورد ذرات با یکدیگر و دیواره لوله افزایش می‌یابد و همین امر سبب کاهش جرم و کاهش کیفیت محصولات می‌گردد.

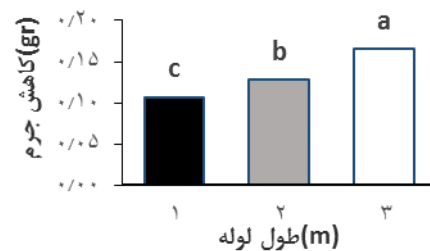


شکل ۱۳. اثر سطوح مختلف دبی جرمی بر میزان کاهش جرم

#### اثر متقابل فاکتورهای طول، سرعت هوای ورودی و دبی جرمی بر کاهش جرم بذر انتقال یافته

مطابق جدول تجزیه واریانس (۱) اثر متقابل طول لوله، دبی جرمی و سرعت هوای ورودی بر کاهش جرم در سطح  $5\%$  معنی‌دار شد. مطابق شکل ۱۴ بیشترین میزان کاهش جرم در طول سه متر، سرعت  $13$  متر بر ثانیه و دبی جرمی  $300$  کیلوگرم در ساعت بود. فاکتور طول و دبی جرمی تأثیرگذارترین فاکتور بر میزان کاهش جرم است. در طول  $1$  متر، سرعت  $20$  متر بر ثانیه و دبی جرمی  $200$  کیلوگرم در ساعت، کمترین کاهش جرم وجود داشت که با تیمار طول  $1$  متر سرعت  $17$  متر بر ثانیه و دبی جرمی  $250$  کیلو در ساعت اختلافی نداشت. در طول سه متر با افزایش سرعت و کاهش دبی جرمی میزان ساییدگی کاهش پیدا کرد. Ghafori et al., (2011) در پژوهشی روی تأثیر انتقال نیوماتیک بر خواص فیزیکی ذرت و جو عنوان کردند، برای به حداقل رساندن آسیب‌های مکانیکی ناشی از انتقال نیوماتیک به ذرت در دبی جرمی  $15$  تن در ساعت، سرعت  $20$  متر بر ثانیه مناسب می‌باشد. در پژوهشی دیگر که به منظور بررسی تأثیر انتقال نیوماتیک روی خواص مکانیکی بذور گندم، جو، آفتابگردان و عدس انجام شد، مشخص گردید که با افزایش سرعت هوای ورودی آسیب مکانیکی در تمام دانه‌ها افزایش می‌یابد (Guner, 2007).

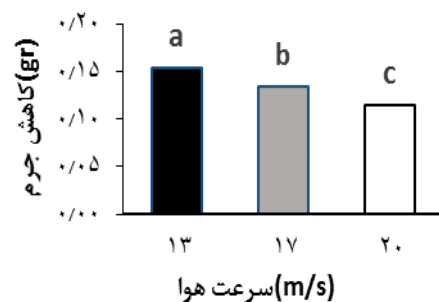
طول لوله و مسیر عبور میزان ساییدگی بذر افزایش داشته است و بیشترین میزان کاهش جرم در طول سه متر، برابر با  $0/165$  گرم بود و با کاهش یک سوم طول مسیر ساییدگی بذر  $35/15\%$  کاهش پیدا کرد. در انتقال نیوماتیک بیشترین آسیب و سایش در زانویی‌ها رخ می‌دهد و با افزایش مسیر عبوری آسیب مکانیکی افزایش می‌یابد.



شکل ۱۱. اثر سطوح مختلف طول لوله بر میزان کاهش جرم

#### اثر سرعت هوای ورودی بر میزان کاهش جرم بذر ذرت

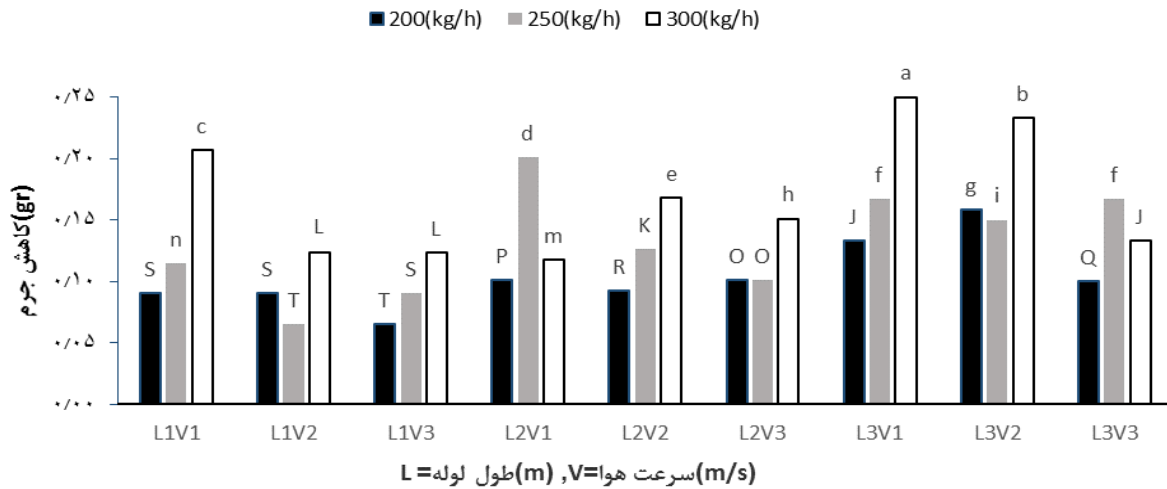
شکل (۱۲) نمودار مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف سرعت را بر میزان کاهش جرم نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار با افزایش  $53\%$  سرعت، میزان کاهش جرم  $34/20\%$  کاهش یافت که این خود نشان‌دهنده کاهش برخورد لغزشی در طول مسیر انتقال است. با کاهش سرعت، زمان عبور بذر از مسیر انتقال افزایش می‌یابد و میزان تماس بذر با جداره لوله افزایش می‌یابد همین امر سبب می‌شود اصطکاک بین بذر و جدار داخلی لوله انتقال افزایش یافته و ساییدگی بذر را تشدید شود. Klinzing et al., (2011) به بررسی تأثیر پارامترهای انتقال نیوماتیک بر کیفیت کربن سیاه نمودار و گلوله‌های پلی‌اتیلن پرداختند و نشان دادند که سرعت انتقال تأثیر معنی‌داری بر میزان ساییدگی و خردگی مواد در حال انتقال دارد.



شکل ۱۲. اثر سطوح مختلف سرعت بر میزان کاهش جرم

#### اثر دبی جرمی بر میزان کاهش جرم بذر ذرت

شکل (۱۳) اثر مقایسه میانگین تأثیر تغییرات دبی جرمی در سه سطح ( $200$ ،  $250$ ،  $300$  کیلوگرم بر ساعت) بر میزان کاهش جرم را نشان می‌دهد. مطابق شکل با افزایش  $50\%$  درصدی دبی جرمی، کاهش جرم بیشتری مشاهده شد. میانگین بیشترین میزان کاهش جرم در دبی جرمی  $300$  کیلوگرم در ساعت به



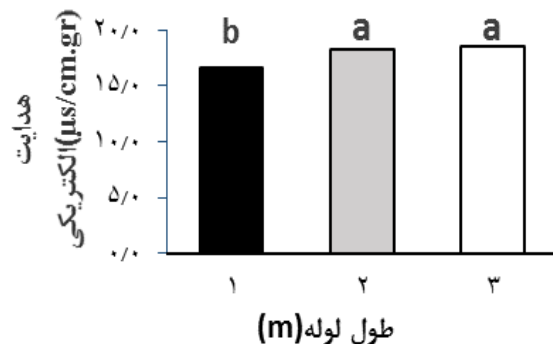
شکل ۱۴. اثر متقابل فاکتورهای طول، سرعت هوای ورودی و دبی جرمی بر کاهش جرم بذر انتقال یافته تأثیر فاکتورهای مختلف انتقال نیوماتیک بر میزان هدایت الکتریکی بذر ذرت

### نتیجه گیری کلی

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش طول لوله میزان درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد کاهش پیدا کرد که می‌تواند ناشی از افزایش ضرباتی باشد که بذر در طول مسیر انتقال از دیواره لوله‌ها دریافت می‌کند. افزایش دبی جرمی باعث افزایش ساییدگی پوسته بذر و کاهش جرم بذر گردید. با افزایش دبی جرمی میزان نیروی وارده به بذر افزایش یافت و باعث ایجاد خراش یا ساییدگی در پوسته گردید که این امر جذب رطوبت را تسریع و سرعت جوانه‌زنی را به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد افزایش می‌دهد. اثر متقابل طول، سرعت و دبی جرمی بر میزان شاخص بنیه بذر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. بیشترین میزان شاخص بنیه بذر در طول یک متر سرعت ۱۳ متر بر ثانیه و دبی جرمی ۳۰۰ کیلوگرم در ساعت است و کمترین میزان شاخص بنیه بذر در طول ۳ متر سرعت ۱۳ متر بر ثانیه و دبی جرمی ۳۰۰ کیلوگرم در ساعت به دست آمد. اثر متقابل طول لوله، دبی جرمی و سرعت هوای ورودی بر کاهش جرم در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. بیشترین میزان کاهش جرم در طول سه متر، سرعت ۱۳ متر بر ثانیه و دبی جرمی ۳۰۰ کیلوگرم در ساعت به دست آمد. نتایج نشان داد که فاکتور طول و دبی جرمی تأثیرگذارترین فاکتور بر میزان کاهش جرم است. در طول ۱ متر و سرعت ۲۰ متر بر ثانیه و دبی جرمی ۲۰۰ کیلوگرم در ساعت کمترین کاهش جرم وجود داشت. اثر طول لوله انتقال بر میزان هدایت الکتریکی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و سایر سطوح اثر معنی‌داری بر میزان هدایت الکتریکی نداشتند.

مطابق جدول تجزیه واریانس (۱) اثر طول لوله انتقال بر

میزان هدایت الکتریکی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و سایر سطوح اثر معنی‌داری بر میزان هدایت الکتریکی نداشتند. مطابق شکل ۱۵ هدایت الکتریکی با افزایش طول لوله افزایش یافت. بیشترین مقدار هدایت الکتریکی مربوط به طول لوله ۳ متر به میزان ۱۸/۵۴۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم و کمترین مقدار برای طول ۱ متر به میزان ۱۶/۶۵۶ بود. اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی بذور می‌تواند یکی از پارامترهای تعیین‌کننده قدرت بذر باشد. در بذرهایی با پوسته مقاوم سرعت جذب آب تنظیم شده و از جنین در برابر صدمات احتمالی ناشی از جذب سریع حفاظت می‌گردد، درحالی‌که بذرهایی با پوسته آسیب‌دیده نمی‌توانند جذب آب را تنظیم کنند و همین امر سبب نتایج ضعیف آن‌ها و افزایش بذرهایی فاسد در آزمایش‌های جوانه‌زنی می‌شود (Shreekanth et al., 2002).



شکل ۱۵. اثر سطوح مختلف طول لوله بر هدایت الکتریکی

طبیعی خوزستان که بخشی از هزینه این تحقیق را تأمین نمودند، تشکر می‌گردد.

## سیاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع

## REFERENCES

- Aarseth, K.A., Perez, V., Boe, J.K., and Jeksrud, W.K. (2006). Reliable pneumatic conveying of fish feed. *Aquacultural Engineering* 35:14-25
- Agrawal, R. (2003). *Seed technology*. Pub .Co .PVT LTD. New Delhi. India.
- AOSA. (2002). Association of official seed analysis. *Seed vigor testing handbook*. Las cruces (NM). Contribution No. 32.
- Araghi, M.K. (1994). *Design and investigation of vacume harvesting machine for rangeland seeds*. Faculty of Agriculture. Tarbit Modares University. (In Farsi)
- Ashofteh Beiragi, M., Ebrahimi, M., Mostafavi, Kh., Golbashy, M., Khavari Khorasani, S., (2011). A Study of morphological basis of corn (*Zea mays* L.) yield under drought stress condition using Correlation and Path Coefficient Analysis. *Journal of Cereals and Oilseeds*. 2(2), 32-37.
- Baryeh, E. A. and Mangope, B. K. (2002). Some physical properties of QP-38 variety pigeon pea. *Journal of Food Engineering*, 56, 59-65
- Baryeh, E. A., (2002). A simple grain impact damage assessment device for developing countries. *Journal of Food Engineering*, 56, 37-42.
- Chand, P., and Ghosh, D. P. (1968). Critical analysis under pneumatic conveyance of solids. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 13(1), 36-43.
- Ebrahimi, J. (2015). Design and Manufacture of Pneumatic Conveyor for Wheat. Faculty of Agriculture. Urmia University. (In Farsi)
- Elias, S.G., and Copeland, L.O. (1994). The effect of storage conditions on canola seed quality. *Seed Technology*, 18(1), 21-29.
- Ghafori, H., Hemmat, A., Borghae, A. M. and Minaei, A. M. (2011). Physical properties and conveying characteristics of corn and barley seeds using a suction-type pneumatic conveying system. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6(27), 5972-5977.
- Guner, M. (2007). Pneumatic conveying characteristic of some agricultural seeds. *Journal of Food Engineering*. 80, 904-913
- Hampton, J. G., and TeKrony, D. M. (1995). *Handbook of vigor test methods*. 3rd ed. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland
- Herbek, J.H and Bitzer, M.J. (2001). Soybean production in Kentucky PART II: Seed selection, variety velection and fertilization issued. University of Kentucky Publications: 1:88 -129.
- Imanmehr, A., Ghobadian, B., Minaiae, S., Khoshtaghaza, M.H. (2008). Design, construction and evaluation of canola seed pneumatic conveyor in the dilute phase. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 8(4), 33-46
- Klinzing, G. E., Rizk, F., Marcus, R., and Leung, L. S. (2011). *Pneumatic conveying of solids: a theoretical and practical approach* (Vol. 8). Springer Science and Business Media. 216.
- Perez, E. E. Crapiste, G. H., and Carelli, A.A. 2007. Some Physical and morphological properties of wild sunflower seeds. *Biosystems Engineering*, 96(1), 41-45.
- Macdonald, C. M., Floyd, C. D. & Waniska, R. D. (2004). Effect of accelerated aging on Maize and Sorghum. *Journal of Cereal Science*, 39, 351-301.
- Mills, D., Jones, M. G., and Agarwal, V. K. (2004). *Handbook of pneumatic conveying engineering*. CRC Press. 720p.
- Paulson, J. (1978). Effective means for reducing formation of fines and streamers in air conveying systems. in regional technical conference of the society of plastics engineers, 13(2): 290-302.
- Rahman, M.M, Hampton, J.G and Hill, M.J. (2004). Effect of seed moisture content following hand harvest and machine threshing on seed quality of cool tolerant soybean. *Seed Science and technology*. 32: 149-158.
- Shelar, V.R. (2008). Role of mechanical damage in deterioration of soybean seed quality during storage. *Agricultural Review*. 29(3), 177 – 184.
- Shreekant, R.P. Kausal, R.T, Jayas, D.S and White, N.D.G (2002). Mechanical damage to soybean seed during processing. *Journal of Stored Products Research*. 38, 385-394.
- Srivastava A. K., Goering, C.E., and Rohrbach, R.P. (2005). *Engineering Principles of Agricultural Machines*. Second Edition. American Society of Agricultural Engineers.
- Sosnowski, S and Kuzniar, P. (1999). Effect of dynamic loading on the quality of soybean. *Int. Agrophysics*. 13:125- 132.
- Stroshine, R., and Hamann, D. (1994). *Physical properties of agricultural materials and food products*. 1stedn. West Lafayette, IN. 296p.
- Vearasilpa, S., Somchai, P., Nattasak, K., Sanguansak, T., Sangtiwa, S. and Elke, P. (2001). Assessment of post harvest soybean seed quality loss. 8(4): 33-4
- Noormohammadi, gh., Syadat, A. and Kashani, A. (2010). *Crop Farming*. Chamran University Publication. 468p. (In Farsi).