

ارزیابی پارامترهای عملکردی کارنده نیوماتیکی مدل یونیسیم و مدلسازی یکنواختی کاشت با کمک پردازش تصویر

زهرا عبداله زارع، محمدمین آسودار، نواب کاظمی، مجید رهنما و سامان آبدانان مهدی زاده**

* نگارنده مسئول: دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز، ایران. تلفن: ۰۶۱۳۶۵۲۲۴۲۴، پیام‌نگار: s.abdanan@ramin.ac.ir

** به ترتیب: دانشجوی دکتری؛ استاده؛ و استادیاران دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۱۷

چکیده

هدف از این مطالعه، ارائه روش آزمون آزمایشگاهی قابل اجرا در مزرعه است. عملکرد کارنده نیوماتیکی در شرایط آزمایشگاهی برای بذره‌های ذرت، کرچک، باقلا، سورگوم، چغندر قند، هندوانه و خیار بررسی و اثر سرعت عملیاتی و مکش بر یکنواختی فاصله کاشت از طریق شاخص کیفیت تغذیه، دقت در فاصله کاشت (ضریب تغییرات)، شاخص نکاشت و شاخص چندگانه کاشت توصیف شد. مناسب‌ترین میزان مکش برای بذره‌های ذرت، کرچک، سورگوم و چغندر قند در سرعت ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش ۴ کیلوپاسکال، برای بذر هندوانه و خیار مکش ۴/۵ کیلوپاسکال و به ترتیب در سرعت ۶ تا ۸/۵ و ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت به دست آمد. به منظور ارتباط بین دو پارامتر سرعت پیشروی و مکش با خصوصیات فیزیکی بذر دو مدل ارائه شد. مدل اول ارتباط بین میزان مکش با خصوصیات فیزیکی هفت بذر را در سرعت ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت با ضریب رگرسیون $0.94 +$ و کای اسکوتر و خطای مربعات میانگین ریشه به ترتیب برابر با $10^{-2} \times 6/7$ و $10^{-2} \times 8/2$ بیان می‌کند. مدل دوم نیز همین رابطه را در سرعت ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت با ضریب رگرسیون $0.96 +$ و کای اسکوتر و خطای مربعات میانگین ریشه به ترتیب برابر با $10^{-2} \times 5/6$ و $10^{-2} \times 5/7$ بیان می‌کند.

واژه‌های کلیدی

پایش لحظه‌ای، خصوصیات فیزیکی بذر، سرعت پیشروی، مدل ریاضی، مکش

مقدمه

فاصله کاشت گیاه بر کارایی جوانه‌زنی بذر کاشت شده با خطی کارها نیز تأثیر دارد. به‌طور کلی، یکنواخت نبودن فاصله بذر به روش رهایی بذر در شیار و سرعت حرکت کارنده ارتباط دارد (Fornstrom & Miller, 1989). با توجه به نوع موزع کارنده، روش رهایی بذر متفاوت است به طوری که در دقیق کار با تغییر ساختار موزع و مکانیسم عملکرد آن از مکانیکی (صفحه افقی) به نیوماتیکی (صفحه عمودی)، علاوه بر اینکه احتمال آسیب دیدگی بذر را بر اثر موزع این کارنده‌ها پایین آورده، مشکلاتی دیگر مانند نکاشت بذر و کاشت چند بذر با هم را نیز کاهش داده

بزرگترین بخش افزایش تولید به افزایش بهره‌برداری از انرژی مکانیکی و توسعه ماشین‌ها و ادوات مؤثرتر نسبت داده می‌شود. در کشاورزی امروز از بین ماشین‌های که باعث افزایش عملکرد می‌شوند، ماشین‌های کاشت اهمیت ویژه‌ای دارند. از این‌رو، ارزیابی این ماشین نیز با اهمیت است به خصوص از دو جنبه: یکنواختی فاصله کاشت و عمق کاشت. فاصله کاشت بذر توسط کارنده اغلب به نوع ماشین‌های کاشت، شرایط آب و هوایی و نوع کارنده ردیفی یا خطی کار وابسته است (Bernacki et al., 1972).

مختصات بذرهای در حال عبور را در دو بعد تعیین کند (Karayel *et al.*, 2004). رحمان و سینگ (Raheman & Singh 2003) یک سامانه حسگر را بر اساس تکنولوژی تداخل نور برای مسیر سقوط بذر توسعه دادند. سامانه آنها می‌توانست همه بذرهایی را که به‌طور همزمان سقوط می‌کردند تشخیص دهد. بنابراین، نتایج ارزیابی عملکرد کارنده با استفاده از این سامانه برای بذر گندم و ذرت خطای به ترتیب ۱۸ و ۱۰ درصد را نشان داد. برای حل این مشکل، کارایل و همکاران (Karayel *et al.*, 2006) یک سامانه دوربین سرعت بالا را با مبنای تسمه روغنی برای ارزیابی و همچنین تعیین سرعت سقوط بذر به کار گرفتند. برای به‌دست آوردن دقت قابل قبول در تشخیص بذرها، سرعت فیلم‌برداری را در این دوربین سرعت‌بالا روی ۷۵۰ فریم بر ثانیه تنظیم و اعلام کردند که دوربین سرعت‌بالا در تعیین یکنواختی کاشت به‌خوبی آزمون تسمه روغنی عمل می‌کند و به‌علاوه سرعت سقوط بذر نیز با آن قابل تعیین است. این سامانه هیچ بذری را از دست نمی‌دهد و سقوط چندتایی را به‌راحتی نشان می‌دهد.

پانینگ و همکاران (Panning *et al.*, 2000) پنج کارنده متفاوت را برای بررسی یکنواختی فاصله کاشت در سه سرعت پیشروی مزرعه‌ای و در دو موقعیت مزرعه‌ای و آزمایشگاهی ارزیابی کردند. برای ارزیابی مزرعه‌ای و آزمایشگاهی به‌ترتیب از روش تعیین محل بذر و روش سامانه حسگر الکترو نوری استفاده شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که اندازه‌های تعیین شده با روش آزمایشگاهی به‌طور معنی‌داری با روش مزرعه‌ای متفاوت است. این موضوع در واقع نشان می‌دهد که روش آزمون آزمایشگاهی نمی‌تواند برای پیش‌بینی فاصله کاشت بذر در مزرعه استفاده شود، بنابراین روش آزمایشگاهی ممکن است برای بررسی مکانیسم اندازه‌گیری بذر با یکنواختی اندک مفید

است. موزهای نیوماتیکی دقت بالا دارند و قابلیت تنظیم فاصله کاشت از طریق تعویض آسان صفحه‌ها و تغییر نسبت دنده‌ای، از خصوصیات بارز این کارنده‌هاست (Shafii & Holmes, 1990; Guarella *et al.*, 1996).

با تغییر صفحه‌ها با سلول‌هایی با اندازه‌های متفاوت می‌توان این کارنده‌ها را برای بذرهای مختلف با ابعاد و شکل‌های متفاوت به کار برد که در این‌صورت باید میزان مکش نیز متناسب با خصوصیات فیزیکی از جمله چگالی و وزن بذر تنظیم شود. پس، علاوه بر دو پارامتر عملکردی سرعت و مکانیسم موز، بررسی خصوصیات فیزیکی بذر از جمله چگالی حجمی، چگالی بذر، قطر میانگین هندسی، وزن هزاردانه، کرویت و ابعاد بذر که عواملی مهم در تعیین فشار مکش بهینه و یکنواختی فاصله کاشت هستند ضروری است (Bozdogan, 2008 ; Afify *et al.*, 2009 ; Xiaoyan *et al.*, 2010).

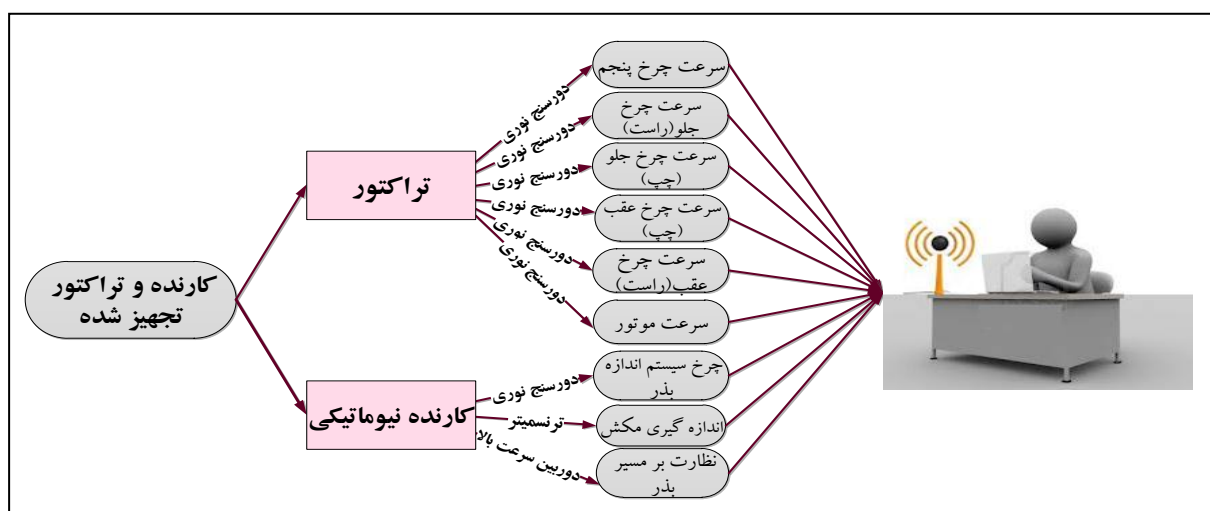
کارایل و همکاران (Karayel *et al.*, 2004) مدل تخمین میزان مکش بهینه یک کارنده نیوماتیکی را با استفاده از خصوصیات فیزیکی بذر شامل وزن هزار دانه، مساحت بذر و چگالی بذر توسعه دادند. برای تعیین صحت مدل ارائه شده، میزان مکش مورد نیاز کارنده با کای اسکوتر $10^{-3} \times 2/51$ ، خطای مربعات میانگین ریشه $10^{-2} \times 2/74$ و کارایی مدل $0/99$ توصیف شد. مناسب‌ترین مقادیر عملکردی کارنده دقیق برای بذر ذرت، پنبه، سویا، هندوانه، خربزه، خیار، چغندر قند و پیاز با مدل پیش‌بینی شدند. برای ارزیابی فاصله بذرهای کشت شده، مولر و همکاران (Muller *et al.*, 1994) یک سامانه اندازه‌گیری نوری-الکترونیکی را به‌جای روش تسمه روغنی به کار گرفتند. این سامانه برای ارزیابی سقوط بیش از ۶۰ بذر در ثانیه نیز قابل استفاده بود که این میزان ریزش بذر برای کاشت بذرهایی مانند گندم ممکن است اتفاق بیفتد. همچنین، این سامانه قادر بود

روی لپ تاپ کاربر قابل نمایش و ذخیره سازی بود. در همین راستا، یک دستگاه شفت انکودر مدل S48-(TK1) 8-0360ZT روی محور چرخ محرک صفحات موزع نصب و به سامانه جمع آوری داده ها متصل گردید. برای اندازه گیری دقیق فشار منفی دستگاه که یکی از فاکتورهای مهم در این تحقیق است، به جای فشارسنج آنالوگ موجود یک دستگاه مبدل مکش^۴ مدل BT 10- 210 با دقت منفی هزار میلی بار استفاده و مانند شفت انکودر به سامانه جمع آوری داده های تراکتور متصل شد. برای نظارت بر بذرها و ثبت کامل رفتار آنها، تکنیک فیلم برداری به جای حسگر به کار گرفته شد. برای این کار، از یک دوربین فیلمبرداری با سرعت ۳۲۰ فرم در هر ثانیه و قدرت تشخیص ۲۴۰×۳۲۰ پیکسل استفاده گردید. ابتدا جهت قرار گرفتن دوربین یک قاب فلزی با دو بازوی تسمه ای به موازات شاسی ردیفکار به انتهای شیار بازکن متصل شد و با نصب چند لامپ ال ای دی شرایط روشنایی برای کیفیت بهتر فیلم برداری به ویژه در مزرعه تأمین گردید (شکل ۱). ابعاد بذر، سطح اشغال شده توسط بذر و رفتار سقوط بذر با استفاده از پردازش تصویر تعیین شد.

باشد. اما کارنده هایی که در آزمون های آزمایشگاهی به خوبی عمل می کنند، در مزرعه نیز برای تعیین یکنواختی فاصله کاشت در حد مطلوب باید ارزیابی شوند. هدف کلی مطالعه حاضر ارائه متدولوژی است که در آزمایشگاه قابل کاربرد باشد و بدون هیچ تغییری بتوان آن را در شرایط مزرعه ای نیز به کار گرفت. همچنین برای بهینه سازی مهم ترین پارامترهای عملیاتی مؤثر بر عملکرد موزع نیوماتیکی در شرایط آزمایشگاهی، مدلی توسعه داده شد.

مواد و روش ها

برای اجرای کلیه آزمایش های مزرعه ای و کارگاهی از ردیف کار بادی مدل یونیسسم^۱ و برای راه اندازی ردیف کار از یک تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ استفاده شد که مجهز بود به انواع حسگرهای اندازه گیری لحظه ای پارامترهای عملکردی تراکتور- ادوات مانند دور موتور، درصد بکسواد کلیه چرخ ها، سرعت پیشروی واقعی، نیروی کششی و مصرف سوخت. داده های مرتبط با این پارامترها از طریق یک سامانه جمع آوری داده دریافت و به صورت بی سیم^۳



شکل ۱- شماتیک جمع آوری داده ها و روال ذخیره سازی

1- Unissem
3- Wireless

2- Data Acquisition System
4- Vacuum Transmitter

پردازش تصویر

شد. طول بذر، عرض، ضخامت و مساحت ناحیه اشغال شده توسط بذر همه با استفاده از دوربین دیجیتال (Fujif660) و پردازش تصویر تعیین شدند (Dursun, 2001; Sahoo & Srivastava 2002). کرویت و قطر میانگین هندسی با استفاده از روابط ۲ و ۳ برآورد شدند:

$$\varphi = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \quad (2)$$

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (3)$$

که در آن‌ها،

L = طول؛ W = عرض؛ T = ضخامت بذر بر حسب میلی‌متر.

وزن هزار دانۀ همه بذرها با استفاده از ترازوی هیدرواستاتیکی با دقت یک‌صدم گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری چگالی بذر از روش جابه‌جایی مایع استفاده شد. بدین ترتیب که در استوانه ۱۰۰ میلی‌لیتری ۵۰ سی‌سی تولوئن ریخته شد و ۲۰ گرم بذر به آرامی به آن اضافه گردید که باعث افزایش ارتفاع مایع درون استوانه شد. ارتفاع جابه‌جایی مایع قرائت و به کمک رابطه ۴ چگالی بذر محاسبه شد (Mohsenin, 1970; Ogot, 1998):

$$S = \frac{20gr \text{ of karnel}}{\text{Toluene displacement by kernel}} \quad (4)$$

فاصله بذرها در طول ۱۸۰۰۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. بدین منظور، کارنده برای بذرهای چغندرقد، سورگوم، ذرت، کرچک و باقلا در فاصله کاشت ۲۰۰ میلی‌متر و بذرهای خیار و هندوانه در فاصله کاشت ۴۵۰ میلی‌متر

فیلم‌های با فرمت AVI به رشته‌ای از فایل‌های JPEG در فریم‌ها از هم تفکیک شدند. تصویرهای رنگی به‌طور خودکار به شیء مورد نظر (بذر) و پس‌زمینه (بخش‌های دیگر موجود در تصویر) با استفاده از الگوریتم‌های زیر (رابطه ۱) تقسیم شدند:

$$I_{new} = \begin{cases} 1 & \text{if } 50 < r_{x,y} < 60 \text{ \& } 30 < g_{x,y} < 50 \text{ \& } 35 < b_{x,y} < 45 \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (1)$$

که در آن،

r ، g و b = کانال‌های به‌ترتیب قرمز، سبز و آبی تصویر ۸ بیتی و x و y به‌عنوان عملگرهای مختصات دکارتی تصویر قدیمی و تصویر جدید با بذرهای تفکیک شده. این تصویر تفکیک شده یک تصویر باینری (دودویی) است که صفر (سیاه) و ۱ (سفید) به‌ترتیب به معنای پس‌زمینه و بذر است.

پارامترهای عملکردی مورد بررسی برای کارنده

برای بهینه‌سازی مهم‌ترین پارامترهای عملیاتی (سرعت پیشروی و مکش) با استفاده از خصوصیات فیزیکی بذر (قطر میانگین هندسی، چگالی بذر، کرویت، سطح اشغال شده به‌وسیله بذر و وزن هزار دانۀ) و پارامترهای عملکردی کارنده نیوماتیکی (مکش و سرعت پیشروی) دو مدل ریاضی توسعه داده شد. بنابراین، آزمایش‌ها با دو دامنه سرعت ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت و ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت و ۴ سطح مکش ۲، ۳، ۴ و ۵ کیلوپاسکال برای بذرهای چغندرقد و سورگوم؛ ۲/۵، ۳/۵، ۴/۵ و ۵/۵ کیلوپاسکال برای بذرهای خیار و هندوانه؛ ۳، ۴، ۵ و ۶ کیلوپاسکال برای بذرهای ذرت و کرچک و ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ کیلوپاسکال برای بذر باقلا بر اساس طرح آزمایشی فاکتوریل سه‌عاملی اجرا

مدل‌ها وجود دارد. از بین آنها، خطای مربعات میانگین ریشه و کای اسکوئر به‌طور گسترده در بسیاری از مطالعات استفاده می‌شوند (Yaldiz & Ertekin, 2001; Gupta *et al.*, 2002; Kabganian *et al.*, 2002; Midilli *et al.*, 2002; Togrul & Pehlivan, 2002; Krokida *et al.*, 2002; Togrul & Pehlivan, 2003).

دو رابطه ۹ و ۱۰ به ترتیب مربوط به خطای مربعات میانگین ریشه و کای اسکوئر هستند:

$$E_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (M_{pre,i} - M_{exp,i})^2}{N}} \quad (9)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (M_{exp,i} - M_{pre,i})^2}{N - n} \quad (10)$$

که در آنها،

M_{exp} = میزان مکش آزمایشگاهی بر حسب کیلوپاسکال؛
 M_{pre} = میزان مکش پیش‌بینی شده بر حسب کیلوپاسکال؛
 N = تعداد مشاهدات؛ و n = تعداد ثابت‌های مدل.
 برای اثبات درستی فاصله‌های به‌دست آمده از طریق دوربین فیلمبرداری با فاصله‌ها در بستر خاکی (شکل ۲-ب)، در تمامی تیمارها و برای تمامی بذرها همبستگی گرفته شد که نتایجی یکسان مشابه شکل ۳ استخراج گردید. ضریب تبیین ۹۳ و ۹۴/۶ درصد به ترتیب برای شکل ۲-الف و ۲-ب نشان‌دهنده آن است که استفاده از دوربین فیلمبرداری برای سنجش فاصله‌های بین بذرها رها شده روی زمین در مزرعه، همچون اندازه‌گیری‌ها در محیط آزمایشگاه، قابل اطمینان است.

تنظیم شد. برای تعیین اثر مکش و سرعت پیشروی بر چهار شاخص عملکردی کیفیت تغذیه، نکاشت، کاشت چنگانه بذر و دقت در فاصله که به‌عنوان الگوی پخش بذر کاشته شده به‌وسیله کارنده تعریف شده‌اند، استفاده شد (Katchman & Smith, 1995) که به‌صورت روابط ۵ تا ۸ ارائه شده‌اند:

$$I_{miss} = \frac{N_1}{N} \times 100 \quad (5)$$

$$I_{mul} = \frac{N_2}{N} \times 100 \quad (6)$$

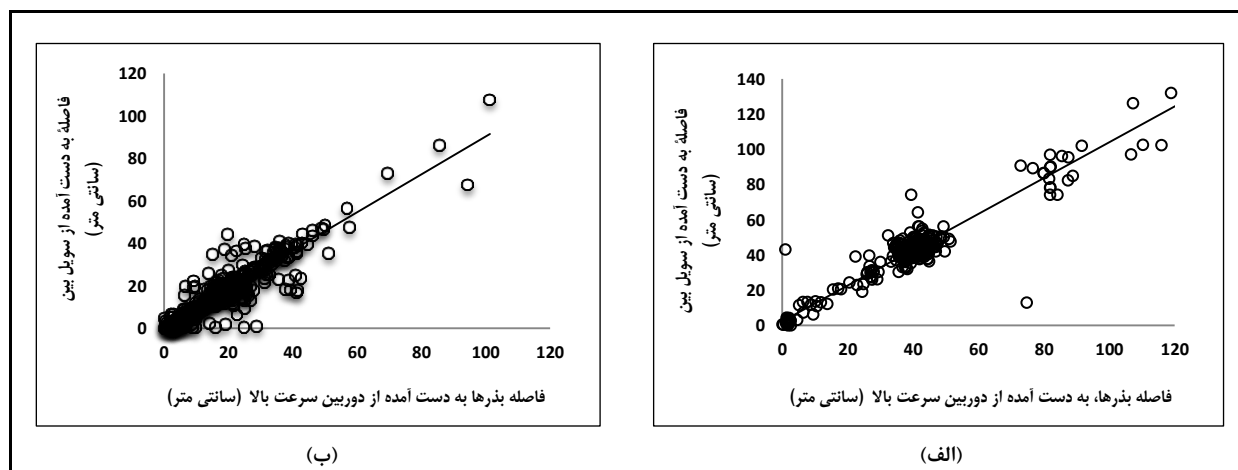
$$I_{qf} = 100 - (I_{mul} + I_{miss}) \quad (7)$$

$$P = \frac{S_d}{x_{ref}} \quad (8)$$

که در آنها:

N_1 = تعداد فاصله‌های بین بذرها بیشتر از ۱/۵ برابر فاصله تئوری؛ N_2 = تعداد فاصله‌های کمتر یا مساوی ۰/۵ برابر فاصله تئوری؛ N = تعداد کل فاصله‌ها؛ S_d = انحراف استاندارد فاصله‌های قرار گرفته بین ۰/۵ و ۱/۵ برابر فاصله تئوری؛ X_{ref} = فاصله تئوری؛ I_{miss} = شاخص نکاشت؛ I_{mul} = شاخص چنگانه کاشت؛ I_{qf} = شاخص کیفیت تغذیه (برابر درصد فاصله‌های بین ۰/۵ و ۱/۵ برابر فاصله تئوری)؛ و P = شاخص دقت که برای این نوع بررسی تعریفی است از ضریب تغییرات و بنابراین هرچه کمتر باشد مطلوب‌تر است.

چندین روش بررسی آماری برای ارزیابی مناسب بودن



شکل ۲- همبستگی فاصله بذرها اندازه‌گیری شده با سامانه دوربین سرعت بالا با فاصله اندازه‌گیری شده روی بستر خاکی برای: الف) بذر هندوانه و خیار و ب) باقلا، چغندرقد، سورگوم، ذرت و کرچک

کیلوپاسکال و سرعت سطح دوم هیچ بذری کشت نشد). شاخص کیفیت بذر فقط در مقدار به‌دست آمده در سرعت ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت (سطح دوم) و مکش ۱۱ کیلوپاسکال (۳۲ درصد) با مقادیر دیگر از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است. البته شاخص کیفیت تغذیه و چندگانه کاشت (صفر) در این تیمار کمترین مقدار را دارد. اما شاخص نکاشت در مکش ۱۰ کیلوپاسکال و سرعت سطح دوم با میانگین ۶۸/۰۵ درصد دارای بیشترین مقدار است که از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد با مقادیر به‌دست آمده از دیگر تیمارها یکسان نیست که دلیل این رفتار بذرها را می‌توان به نبودن فرصت کافی (به‌دلیل سرعت بالا) برای حمل آنها و کمی قدرت مکش مورد نیاز نسبت داد. پس این مکش نمی‌تواند برای کاشت یکنواخت بذر مورد نظر مکشی مناسب باشد.

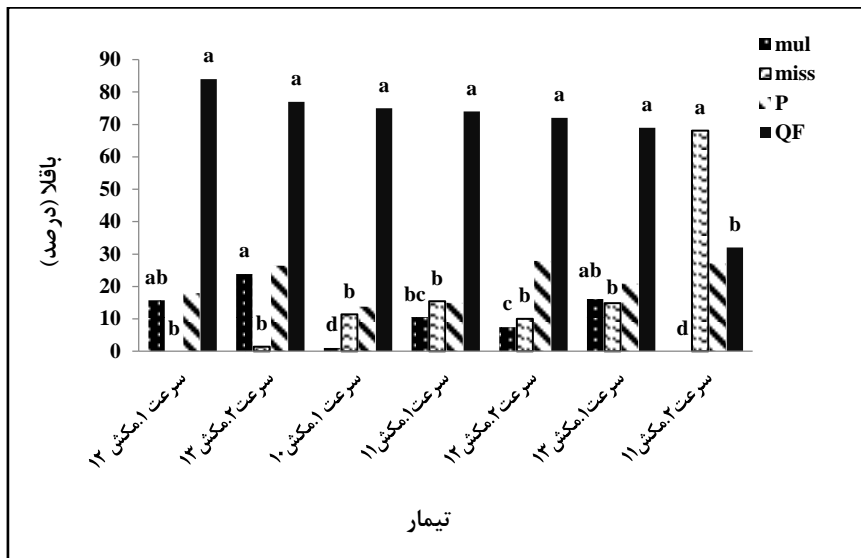
سینگ و همکاران (Singh et al., 2005) برای تعیین مناسب‌ترین پارامترهای عملیاتی از جمله سرعت پیشروی (۲۹/۰، ۴۲/۰، ۵۶/۰ و ۶۹/۰ متر بر ثانیه) و مکش (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ میلی‌بار) بهترین یکنواختی کاشت بذر پنبه را در سرعت پیشروی ۴۲/۰ متر بر ثانیه و مکش ۲۰ میلی‌بار به‌دست آوردند.

کارنده نیوماتیکی مورد استفاده در این مطالعه برای محصولات ردیفی مانند کرچک و ذرت طراحی شده است. بنابراین قطر سلول صفحه‌های مکش برای اندازه بذرها مختلف بر اساس میانگین عرض بذرها تعیین شده است به‌طوری‌که سلول‌های صفحه مکش برای بذرها کرچک و ذرت ۵ میلی‌متر، هندوانه و خیار ۲/۵ میلی‌متر، سورگوم و چغندرقد ۲ میلی‌متر و باقلا به قطر ۸ میلی‌متر به‌کار برده شد.

نتایج و بحث

ارزیابی سرعت پیشروی و مکش بر عملکرد کارنده نیوماتیکی با استفاده از شاخص‌های پخش بذر برای بذر باقلا:

بهترین یکنواختی فاصله کاشت با میانگین ۸۴ درصد برای بذر باقلا در سرعت پیشروی محدوده ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت (سطح اول) و مکش ۱۲ کیلوپاسکال به‌دست آمد (شکل ۳). شاخص دقت در اندازه‌گیری فاصله، که به‌عنوان ضریب تغییرات توزیع فاصله‌های بذر تعریف می‌شود، در مکش ۱۰ کیلوپاسکال و سرعت پیشروی سطح اول با میانگین ۱۵ درصد دارای کمترین و در بهترین فاصله بذر ۱۷/۹ درصد است (برای بذر باقلا در مکش ۱۰

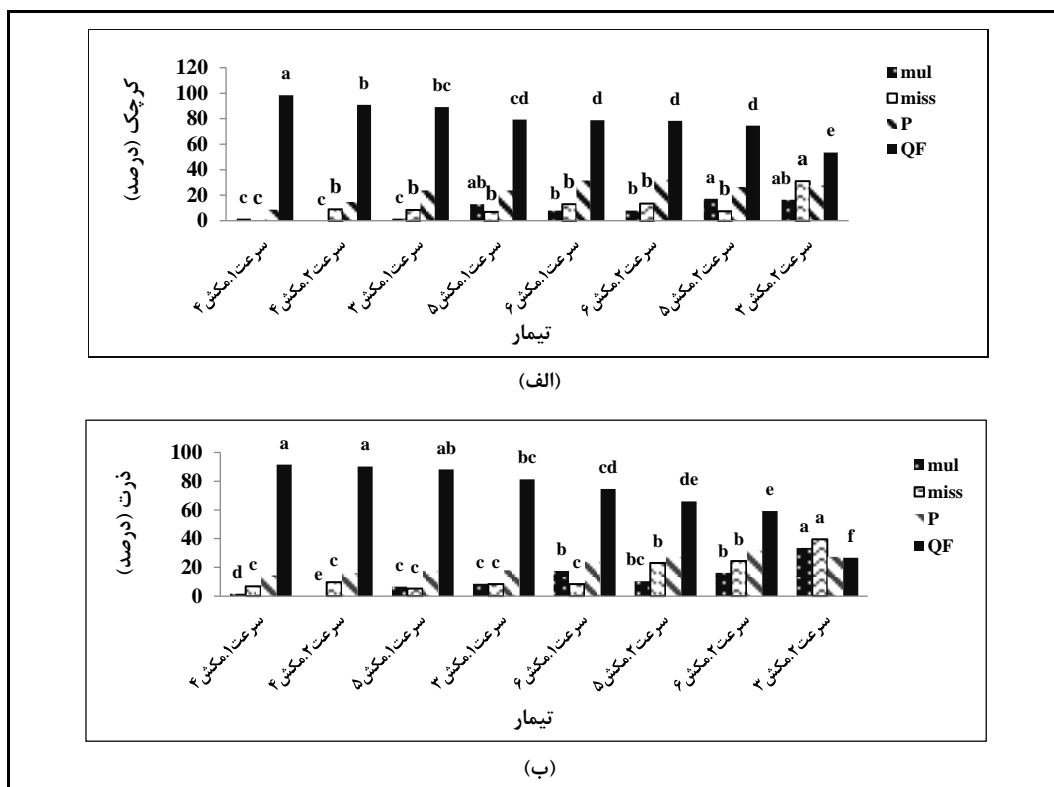


شکل ۳- مقایسه میانگین پارامترهای عملکردی بر شاخص‌های عملکردی مختلف برای بذر باقلا
سرعت ۱: ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت، سرعت ۲: ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش بر حسب کیلوپاسکال
(شاخص چندگانه کاشت: mul، شاخص نکاشت: miss، شاخص کیفیت کاشت: Qf، شاخص دقت در فاصله کاشت: P)

۶ کیلوپاسکال و سرعت سطح دوم با میانگین ۳۱/۸ درصد (شکل ۴- الف) به دست آمد. مقدار شاخص نکاشت برای بذر ذرت در سرعت سطح اول و ۴ سطح مکش ۳، ۴، ۵ و ۶ کیلوپاسکال به ترتیب با میانگین ۸/۳۵، ۵/۲۶، ۸/۴۷ و ۶/۷۴ درصد از نظر آماری یکسان هستند اما اثر مکش بر شاخص چندگانه کاشت کاملاً آشکار است به طوری که در چهار سطح مکش ۳، ۴، ۵ و ۶ کیلوپاسکال تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد (شکل ۴- ب). برای بذر کرچک شاخص نکاشت و دقت در فاصله کاشت در مکش ۵ کیلوپاسکال و سرعت سطح اول به ترتیب با میانگین ۱/۶۸ و ۸/۸ درصد کمترین مقدار را نشان می‌دهند به طوری که شاخص کیفیت تغذیه در تیمار مذکور دارای بالاترین مقدار خود با میانگین ۹۸/۳۱ درصد است. سینگ و همکاران (Singh et al., 2005) گزارش کردند که در سرعت خطی صفحه بذر ۰/۶۹ متر بر ثانیه با افزایش مکش از ۱۰ تا ۲۵ میلی بار میزان نکاشت از ۱۲/۵ تا ۵ درصد کاهش می‌یابد.

ارزیابی سرعت پیشروی و مکش بر عملکرد کارنده نیوماتیکی با استفاده از شاخص‌های بخش بذر برای بذرهای کرچک و ذرت

بالاترین مقدار شاخص کیفیت تغذیه برای بذر کرچک در مکش ۴ کیلوپاسکال و سرعت سطح اول برابر با ۹۸/۳۱ درصد به دست آمد، به تبع کمترین مقدار این شاخص در مکش ۳ کیلوپاسکال و سرعت سطح دوم حاصل شد که قابل پیش‌بینی و مورد انتظار نیز هست؛ می‌توان این ناپیکنواختی را به میزان نکاشت ۳۱/۱۴ درصد این تیمار نسبت داد. همچنین، برای بذر ذرت مقدار شاخص کیفیت تغذیه در مکش ۳ کیلوپاسکال و سرعت سطح دوم با میانگین ۲۶/۶۳ درصد کمترین مقدار را نشان می‌دهد، بیشترین مقدار برابر با ۹۱/۶۲ درصد در سطح اول سرعت و مکش ۴ کیلوپاسکال به دست آمد به طوری که مقدار شاخص دقت (ضریب تغییرات) فاصله کاشت برای این تیمار با میانگین ۱۴/۴ درصد کمترین مقدار است. اما بیشترین مقدار شاخص دقت در مکش



شکل ۴) مقایسه میانگین پارامترهای عملکردی بر شاخص‌های عملکردی مختلف برای الف) بذر کروجک و ب) بذر ذرت سرعت ۱: ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت، سرعت ۲: ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش بر حسب کیلوپاسکال (شاخص چندگانه کاشت: mul، شاخص نکاشت: miss، شاخص کیفیت کاشت: Qf، شاخص دقت در فاصله کاشت: P)

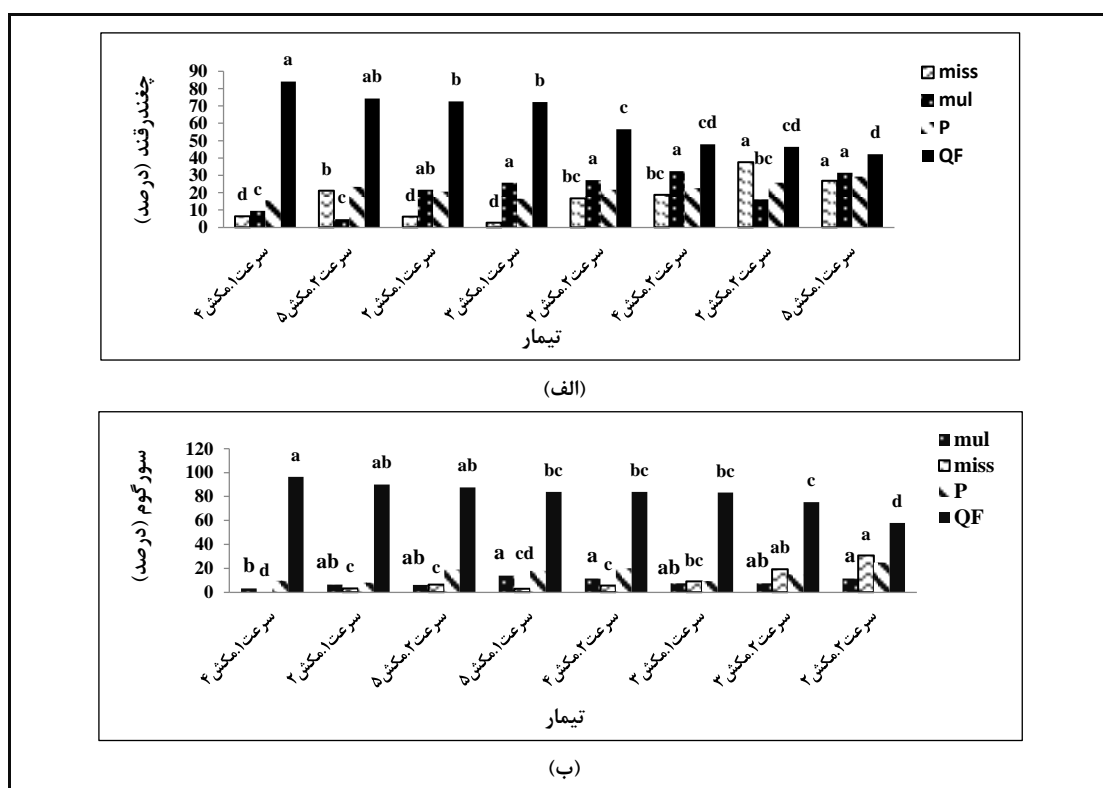
کمترین مقدار (۷/۸ درصد) را دارد (شکل ۵-ب). شاخص کیفیت تغذیه برای این تیمار با میانگین ۸۹/۹۶ درصد بالاترین مقدار نیست اما بالاترین مقدار به دست آمده در سرعت سطح اول و مکش ۴ کیلوپاسکال با ۹۶/۴۳ درصد از نظر آماری یکسان است. از آنجاکه دو شاخص کیفیت تغذیه و دقت در فاصله کاشت تحت تأثیر شاخص‌های نکاشت و چندگانه کاشت هستند، مقدار نکاشت در سرعت سطح اول و مکش ۴ کیلوپاسکال کمترین مقدار را نشان می‌دهد که برابر با صفر است. شعبان و همکاران (Shaaban et al., 2009) گزارش کردند که با افزایش سرعت مکنده از ۴۰۰۰ تا ۵۵۰۰ دور بر دقیقه، میزان نکاشت از ۹ تا ۷ درصد کاهش یافته است. برای بذر چغندر قند اثر سرعت پیشروی بر شاخص نکاشت کاملاً قابل تشخیص است به طوری که مقادیر به دست آمده در سرعت سطح اول و مکش‌های ۲، ۳ و ۴ کیلوپاسکال

ارزیابی سرعت پیشروی و مکش بر عملکرد کارنده نیوماتیکی با استفاده از شاخص‌های پخش بذر برای بذرهای سورگوم و چغندر قند

شکل ۵ نشان می‌دهد که شاخص کیفیت تغذیه برای بذر سورگوم در مکش ۴ کیلوپاسکال و سرعت سطح اول دارای بیشترین مقدار و برابر با ۸۴/۱۲ درصد است به طوری که مقدار به دست آمده در سرعت سطح اول و مکش ۲ و ۳ کیلوپاسکال با میانگین ۷۲/۶۷ و ۷۲/۳۱ درصد اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارند اما مقادیر به دست آمده در مکش ۲ و ۳ کیلوپاسکال با یکدیگر از نظر آماری یکسان‌اند. شاخص دقت فاصله کاشت برای بذر چغندر قند (شکل ۵-الف) در مکش ۴ کیلوپاسکال و سرعت سطح اول دارای کمترین مقدار ۱۵/۶ درصد است. در حالی که مقدار آن برای بذر سورگوم در مکش ۲ کیلوپاسکال و سرعت سطح اول از

ساعت کشت کرد و پس از برداشت معلوم شد که با افزایش ۱ کیلومتر بر ساعتی سرعت، عملکرد حدود ۸۰ کیلوگرم بر هکتار کاهش یافته است. اما برای شاخص چندگانه کاشت برای دو مکش ۲، ۳ و ۵ کیلوپاسکال در سرعت سطح اول و مکش ۳ و ۴ کیلوپاسکال و سرعت سطح دوم به ترتیب با میانگین‌های ۲۱/۷۱، ۲۵/۶۹، ۳۱/۴، ۲۷/۱۸ و ۳۲/۴ درصد از نظر آمای اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

به ترتیب با میانگین‌های ۶/۱۲، ۲/۶۱ و ۶/۳۱ درصد از نظر آماری یکسان‌اند و کمترین مقادیر را دارند. از طرفی، مقادیر به دست آمده تحت سرعت پیشروی سطح دوم بالاترین مقادیر را برای این شاخص نشان می‌دهند که قابل پیش‌بینی نیز هست زیرا با افزایش سرعت چرخش صفحه تقسیم بذر، فرصت کافی جهت جذب بذر به سلول‌های صفحه کاهش می‌یابد. نیلسن (Nielsen, 1995) ذرت را در سرعت‌های ۶/۴، ۸، ۹/۷ و ۱۱/۳ کیلومتر بر



شکل ۵- مقایسه میانگین پارامترهای عملکردی بر شاخص‌های عملکردی مختلف برای الف) بذر چغندر قند و ب) بذر سورگوم
سرعت ۱: ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت، سرعت ۲: ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش بر حسب کیلوپاسکال
(شاخص چندگانه کاشت: mul، شاخص نکاشت: amiss، شاخص کیفیت کاشت: Qf، شاخص دقت در فاصله کاشت: P)

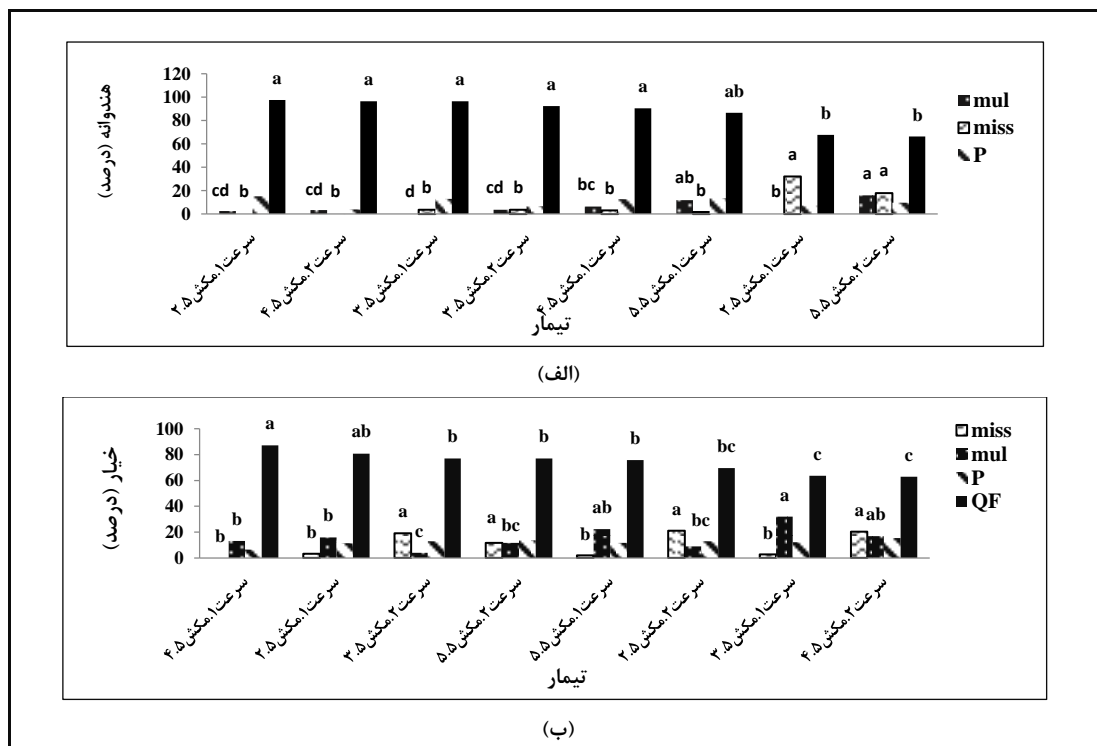
شکل ۶- الف)، به طوری که شاخص دقت کاشت در مکش ۴/۵ کیلوپاسکال و در سرعت سطح دوم کمترین مقدار (۳/۹ درصد) را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار شاخص کیفیت و کمترین مقدار شاخص دقت در فاصله کاشت بذر خیار در مکش ۴/۵ کیلوپاسکال و سرعت سطح اول به ترتیب با میانگین ۸۷/۰۷ و ۶/۳ درصد مشاهده می‌شود

ارزیابی سرعت پیشروی و مکش بر عملکرد کارنده نیوماتیکی با استفاده از شاخص‌های پخش بذر برای بذرهای خیار و هندوانه

میانگین شاخص کیفیت تغذیه با ۶۶/۲ و ۶۷/۸ درصد در سرعت سطح دوم و مکش‌های ۲/۵ و ۵/۵ کیلوپاسکال کمترین مقدار را برای بذر هندوانه به دست داده است

(شکل ۶- ب). مقدار شاخص چندگانه کاشت به‌دست آمده در سرعت سطح اول و دو سطح مکش ۳/۵ و ۵/۵ کیلوپاسکال بیشترین مقدار (به‌ترتیب ۲۲/۲۵ و ۳۱/۹۴ درصد) را به خود اختصاص می‌دهند به‌طوری‌که اختلاف معنی‌داری بین این ۲ تیمار مشاهده نمی‌شود. همچنین، شاخص نکاشت در سرعت سطح اول و ۴ مکش ۲/۵، ۳/۵، ۴/۵ و ۵/۵ کیلوپاسکال از نظر آماری یکسان است و در سرعت سطح دوم و بین ۴ مکش مذکور نیز اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود ندارد. برای بذر هندوانه، شاخص چندگانه کاشت در سرعت سطح دوم و مکش ۵/۵ کیلوپاسکال بالاترین مقدار (۱۵/۸۷ درصد) اما شاخص کیفیت تغذیه کمترین مقدار را دارد. مقدار شاخص چندگانه کاشت در تیمار مذکور با مقدار به‌دست آمده در سرعت سطح اول و مکش ۵/۵ کیلوپاسکال با میانگین ۱۱/۹۲ درصد از نظر آماری یکسان است. شاخص نکاشت در مکش ۲/۵ کیلوپاسکال و سرعت

سطح دوم بیشترین مقدار (۳۲/۱۸ درصد) را دارد و با مقدار به‌دست آمده در مکش ۵/۵ کیلوپاسکال و سرعت سطح دوم (۱۷/۹۲ درصد) از نظر آماری یکسان‌اند. به‌عنوان یک قاعده کلی، یکنواختی فاصله کاشت با افزایش سرعت پیشروی و تحت مکش نامناسب (کمتر یا بیشتر از مقدار بهینه) افزایش می‌یابد. یکنواختی فاصله بین بذر با افزایش مکش کاهش اما با افزایش سرعت افزایش می‌یابد؛ در حقیقت، در سرعت‌های بالاتر و مکش کمتر از حد بهینه، به‌دلیل چرخش سریع‌تر موزع (صفحه تقسیم بذر)، بذر فرصت کافی جهت چسبیدن به صفحه موزع را ندارد و در نتیجه درصد نکاشت افزایش می‌یابد. در مکش بالاتر از حد بهینه، درحالی‌که سرعت پیشروی کاهش یابد، صفحه موزع بذر را با قدرت بیشتری نگه می‌دارد که منتج به افزایش فاصله بذر خواهد شد (Zulin et al., 1991; Panning et al., 2000; Singh et al., 2005).



شکل ۶- مقایسه میانگین پارامترهای عملکردی بر شاخص‌های عملکردی مختلف برای الف) بذر خیار و ب) بذر هندوانه
 سرعت ۱: ۳ تا ۴ کیلومتر بر ساعت، سرعت ۲: ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت و مکش بر حسب کیلوپاسکال
 (شاخص چندگانه کاشت: mul، شاخص نکاشت: miss، شاخص کیفیت کاشت: Qf، شاخص دقت در فاصله کاشت: P)

و مدل‌های نهایی با کمترین کای اسکور و خطای مربعات میانگین ریشه به دست آمد.

مدل نهایی در سرعت سطح اول با ثابت‌های مدل، ضرایب، کای اسکور و خطای میانگین مربعات ریشه به قرار زیر است (رابطه ۱۱):

$$P_{v1} = ad_g^{-0.6} + b\phi^{-0.02} + cP^{1.1} + dm_{1000} + e\rho_k^{1.1} + f \quad (11)$$

که در آن،

P_{v1} = میزان مکش در سطح اول سرعت بر حسب کیلوپاسکال؛ d_g = قطر میانگین هندسی (میلی‌متر)؛ ϕ = کرویت (درصد)، P = مساحت بذر (میلی‌متر)، m_{1000} = وزن هزار دانه (گرم)، و ρ_k = چگالی بذر (کیلوگرم بر متر مکعب). مقادیر ضرایب برای مدل مذکور یعنی a ، b ، c ، d ، e و f به ترتیب برابر با $-۷/۶$ ، $-۲۶/۵$ ، $-۲/۲ \times 10^{-2}$ ، $۱/۹ \times 10^{-2}$ ، $-۱/۷ \times 10^{-3}$ و $۱۵/۸۳$ است. برای مدل مورد نظر، خطای مربعات میانگین ریشه و کای اسکور به ترتیب برابر با $۶/۷ \times 10^{-2}$ و $۸/۲ \times 10^{-2}$ به دست آمد. همچنین، مدل نهایی در سرعت دوم با ثابت‌های مدل، ضرایب، کای اسکور، و خطای میانگین مربعات ریشه به صورت رابطه ۱۲ است:

$$P_{v2} = gd_g^{0.009} + h\phi^{0.001} + iP^{1.4} + jm_{1000} + k\rho_k^{1.06} + l \quad (12)$$

که در آن،

P_{v2} = میزان مکش در سطح دوم سرعت بر حسب کیلوپاسکال؛ d_g = قطر میانگین هندسی (میلی‌متر)؛ ϕ = کرویت (درصد)؛ P = مساحت بذر (میلی‌متر)، m_{1000} = وزن هزار دانه (گرم)؛ و ρ_k = چگالی بذر (کیلوگرم بر متر مکعب) است. مقادیر ضرایب برای مدل مذکور یعنی g ، h ، i ، j ، k و l به ترتیب برابر با $۱۴/۳۲$ ، $۱۸۵/۵$ ، $۰/۳۳$ ، $۰/۹۶$ و ۸۳ به دست آمدند.

توسعه مدل ریاضی با استفاده از خصوصیات فیزیکی بذر در دو محدوده سرعت پیشروی

طبق نتایج به دست آمده از بررسی‌ها، یکنواختی فاصله کاشت تحت تأثیر ترکیبی از دو فاکتور سرعت پیشروی و مکش است. باروت (Barut, 1996) می‌گوید کارنده‌های مکشی در مکش‌های بالاتر یا کمتر از میزان بهینه و در سرعت‌های پیشروی بالا، کارایی الگوی پخش متفاوتی نشان می‌دهند. بنابراین، برای هر سطح سرعت و برای هر نوع بذر بر طبق شاخص کیفیت تغذیه و دقت باید میزان مکش بهینه تعیین شود. خصوصیات فیزیکی بذر شامل قطر میانگین هندسی، وزن هزار دانه، مساحت بذر، کرویت، و چگالی در جدول ۳ ارائه شده است. جدول ۱ ارتباط بین قطر میانگین هندسی، وزن هزار دانه، مساحت بذر، کرویت، و چگالی را با مکش در سطح اول سرعت پیشروی (۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت) و سطح دوم سرعت پیشروی (۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت) نشان می‌دهد. با استفاده از مدل‌های چندجمله‌ای ارتباط بین قطر میانگین هندسی، کرویت، مساحت، و چگالی بذر با میزان مکش در سطح اول سرعت پیشروی تعیین شد؛ ضریب تعیین برای خصوصیات ذکر شده به ترتیب برابر $۰/۹۲$ ، $۰/۴۲$ ، $۰/۹۲$ و $۰/۴۷$ به دست آمده است. ارتباط بین وزن هزار دانه با مکش با استفاده از مدل خطی با ضریب تعیین $۰/۹۳$ تعیین شد. در سطح دوم سرعت پیشروی رابطه بین وزن هزار دانه با مکش از طریق مدل خطی با ضریب تعیین $۰/۹۴$ و قطر میانگین هندسی، کرویت، مساحت و چگالی بذر با میزان مکش با استفاده از مدل‌های چندجمله‌ای به ترتیب با ضریب تعیین $۰/۹۶$ ، $۰/۳۳$ ، $۰/۹۶$ و ۸۳ به دست آمدند.

همه مدل‌های رگرسیونی تخمین زده شده از متغیرهای مختلف در هر سطح سرعت با هم ترکیب شدند

بین میزان مکش‌های آزمایشگاهی و مکش‌های پیش‌بینی شده، که مناسب بودن مدل‌های نهایی را در توصیف مکش کارنده نئوماتیکی در سرعت‌های مختلف پیشروی است، در جدول ۲ نشان داده شده است.

$10^{-3} \times 1/3$ ، $10^{-4} \times 3/67$ و $10^{-4} \times 1/66$ و $46/54$ است. برای مدل مورد نظر خطای مربعات میانگین ریشه و کای اسکوئر به ترتیب برابر با $5/7 \times 10^{-2}$ و $5/6 \times 10^{-2}$ به دست آمد. ضریب تعیین برای مدل اول و دوم به ترتیب $0/94$ و $0/96$ به دست آمد. همچنین، رابطه

جدول ۱- ارتباط بین مکش بهینه با خصوصیات فیزیکی بذر

سرعت پیشروی (۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت)	سرعت پیشروی (۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت)	خصوصیات فیزیکی بذر
$y = 0.0699x^2 - 0.6161x + 4.7666$ $R^2 = 0.9206$	$y = 0.0943x^2 - 1.0445x + 6.9571$ $R^2 = 0.9617$	قطر میانگین هندسی
$y = 0.0009x^3 - 0.1775x^2 + 10.729x - 202.26$ $R^2 = 0.413$	$y = -1E-04x^3 + 0.0094x^2 - 0.0973x - 0.0779$ $R^2 = 0.3258$	کرویت
$y = 8E-05x^2 + 0.0027x + 3.3699$ $R^2 = 0.9256$	$y = 0.0001x^2 - 0.0104x + 4.5048$ $R^2 = 0.96$	مساحت بذر
$y = 0.0048x + 3.2044$ $R^2 = 0.9275$	$y = 0.0051x + 3.9042$ $R^2 = 0.9401$	وزن هزار دانه
$y = 6E-06x^2 - 0.0036x + 0.7189$ $R^2 = 0.4739$	$y = 5E-05x^2 - 0.1064x + 56.013$ $R^2 = 0.8237$	چگالی بذر

جدول ۲- مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده در مقابل مقادیر آزمایشگاهی با مدل‌های نهایی

A (اولین مدل)	B (دومین مدل)
$y = 0.9428x + 0.2701$ $R^2 = 0.9431$	$y = 0.9566x + 0.2313$ $R^2 = 0.9621$

جدول ۳- میانگین و خطای استاندارد ابعاد و خصوصیات فیزیکی بذر

خصوصیات فیزیکی	سورگوم	چغندر قند	خیار	هندوانه	ذرت	کرچک	باقلا
طول (میلی متر)	۰/۳±۴/۵۳	۰/۷±۴/۶۱	۰/۰۷±۱۰/۲۵	۰/۰۹±۱۱/۲۴۶	۰/۰۹±۱۱/۲۴	۰/۰۶±۱۱/۵۱	۰/۱۹±۲۵/۹۷
ضخامت (میلی متر)	۰/۰۲±۲/۴۷	۰/۰۵±۲/۵۸	۰/۰۲± ۱/۶۸	۰/۰۸±۴/۷۵۵	۰/۰۸±۴/۷۵	۰/۰۳۷±۵/۵۶	۰/۱۷±۷/۸۳
عرض (میلی متر)	۰/۰۳±۳/۷۳	۰/۰۵±۳/۵۷	۰/۰۳±۴	۰/۰۸±۷/۶۵۹	۰/۰۸±۷/۶۶	۰/۰۳±۷/۴۳	۰/۱۵±۱۷/۱
وزن هزار دانه (گرم)	۰/۱۸±۲۹/۹	۰/۱۵±۱۲/۹	۰/۴۴±۳۳/۵	۰/۳۷±۴۳/۴۸	۱/۷±۲۸۲/۵	۱/۱±۱۸۳	۷/۷۶±۱۶۹۹
سطح بذر (میلی متر مربع)	۰/۴۲±۱۶/۵۴	۰/۸۳±۱۵/۰۴	۰/۵۲±۲۷/۷۰	۰/۷۷±۳۱/۷۰	۱/۹۵±۷۳/۵	۱/۳±۷۹/۳۶	۸/۷۶±۳۰۱/۰۷
کرویت (درصد)	۰/۳۷±۷۶/۵۲	۰/۸±۷۵/۸۲	۰/۲۵±۳۹/۹۶	۰/۳۶±۵۷/۳۳	۰/۶۱±۶۶/۰۳	۰/۳±۶۷/۸۴	۰/۳۸±۵۸/۳۳
چگالی (کیلوگرم بر متر مکعب)	۱۲±۱۲۵۰	۹±۱۰۵۲/۶۳	۱۲±۱۱۱۱	۱۳±۹۵۶	۱۱±۱۱۷۶/۴	۷±۸۰۰	۱۰±۱۳۹۱/۱
قطر میانگین هندسی (میلی متر)	۰/۰۲±۳/۴۷	۰/۴±۳/۸۴	۰/۰۲±۴/۰۹	۰/۰۳±۴/۸۶	۰/۰۴±۷/۴	۰/۰۳±۷/۸	۰/۱±۱۵/۱۳

نتیجه گیری

سطح دوم سرعت و مکش ۴/۵ کیلوپاسکال و بذر خیار در سرعت سطح اول و مکش ۴/۵ کیلوپاسکال به دست آمد. به منظور ارتباط بین دو پارامتر عملیاتی سرعت پیشروی و مکش با خصوصیات فیزیکی بذر دو مدل ارائه شد. مدل اول، ارتباط بین میزان مکش با خصوصیات فیزیکی هفت بذر ذرت، کرچک، خیار، هندوانه، سورگوم، چغندر قند و باقلا را در سرعت ۳ تا ۴/۵ کیلومتر بر ساعت بیان می کند؛ برای این مدل ضریب تعیین ۰/۹۴ و کای اسکوتر و خطای مربعات میانگین ریشه به ترتیب برابر با $۱۰^{-۲} \times ۶/۷$ و $۸/۲ \times ۱۰^{-۲}$ به دست آمد. مدل دوم نیز همین رابطه را در سرعت ۶ تا ۸/۵ کیلومتر بر ساعت بیان کرده است؛ برای این مدل ضریب تعیین ۰/۹۶ و کای اسکوتر و خطای مربعات میانگین ریشه به ترتیب برابر با $۱۰^{-۲} \times ۵/۶$ و $۵/۷ \times ۱۰^{-۲}$ به دست آمد.

در روش آزمون آزمایشگاهی، کارنده نیوماتیکی به تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ (MF399)، مجهز به انواع حسگرهای اندازه گیری لحظه ای پارامترهای عملکردی تراکتور- ادوات، متصل گردید. آنالیز آماری نشان می دهد که یکنواختی فاصله کاشت، با افزایش سرعت و در مکش های نامناسب، کاهش می یابد. هنگامی که مکش افزایش یافته، فاصله بین بذرها کاهش می یابد اما فاصله بین بذور با افزایش سرعت پیشروی افزایش می یابد. در حقیقت در سرعت های بالاتر و مکش های کمتر، صفحه تقسیم بذر فرصت کافی برای برداشتن بذر ندارد، در نتیجه درصد نکاشت افزایش می یابد. مناسب ترین میزان مکش برای بذر ذرت، کرچک، سورگوم و چغندر قند در سرعت سطح اول و مکش ۴ کیلوپاسکال، برای بذر هندوانه در

تشکر و قدردانی

نویسندگان از حمایت مالی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان قدردانی می‌نمایند.

مراجع

- Afify, M., El-Haddad, Z., Hassan, G. and Shaaban, Y. 2009. Mathematical model for predicting vacuum pressure of onion seeds precision seeder. *J. Agric. Eng.* 26(4):1776-1799.
- Barut, Z. B. 1996. Farkli tohumların ekiminde kullanılan dusey plakali, hava emisli hassas ekici duzenin uygun calisma kosullarının saptanması. [Determination of the optimum working parameters of a precision vacuum seeder]. Ph.D. Thesis. University of Cukurova. Adana, Turkey.
- Bernacki, H., Haman, J. and Kanafojski, C. Z. 1972. *Agricultural Machines, Theory and Construction*. Scientific Publication Foreign Cooperation Centre of the Central Institute for Scientific. Technical and Economic Information. Vol. 1. Warsaw, Poland.
- Bozdogan, A. M. 2008. Seeding uniformity for vacuum precision seeders. *Sci. Agr. (Piracicaba, Braz.)*. 65(3): 318-322.
- Dursun, I. G. 2001. Determination of projected area of some grain products by using image processing. *J. Agr. Sci.* 7(3): 102-107.
- Fornstrom, K. J. and Miller, S. D. 1989. Comparison of sugar beet planters and planting depth with two sugar beet varieties. *J. Am. Soc. Sugar Beet Technol.* 26(3&4): 10-16.
- Guarella, P., Pellerano, A. and Pascuzzi, S. 1996. Experimental and theoretical performance of a vacuum seeder nozzle for vegetable seeds. *Agric. Eng. Res.* 46, 29-36.
- Gupta, P., Ahmet, J., Shivhare, U. S. and Raghavon, G. S. V. 2002. Drying characteristics of red chilli. *Dry. Technol.* 20(10): 1975-1987.
- Kabganian, R., Carrier, D. J. and Sokhansanj, S. 2002. Physical characteristics and drying rate of echinacea root. *Dry. Technol.* 20(3): 637-649.
- Karayel, D., Barut, Z. and Ozmerzi, A. 2004. Mathematical modelling of vacuum pressure on a precision seeder. *J. Biosystem. Eng.* 87(4): 437-444.
- Karayel, D., Wiesehoff, M., Ozmerzi, A. and Muller, J. 2006. Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system. *J. Comput. Electron. Agric.* 50, 89-96.
- Katchman, S. and Smith, J. 1995. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planter using single seed metering. *T- ASAE.* 38, 379-387.
- Krokida, M. K., Maroulis, Z. B. and Kremalis, C. 2002. Process design of rotary dryers for olive cake. *Dry. Technol.* 20(4,5): 771-788.
- Midilli, A., Kucuk, H. and Yapar, Z. 2002. A new model for singlelayer drying. *Dry. Technol.* 20(7): 1503-1513.
- Mohsenin, N. N. 1970. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Pub. New York.
- Muller, J., Rodriguez, G. and Koller, K. 1994. Optoelectronic measurement system for evaluation of seed spacing. Report No. 94-D-053. XII. CIGR Word Congress and AgEng'94 Conference on Agricultural Engineering. Milano.

- Nielsen, R. L. 1995. Planting speed effects on stand establishment and grain yield of corn. *J. Prod. Agric.* 8(3): 391-393.
- Ogot, H. 1998. Some physical properties of white lupin. *J. Agri. Eng. Res.* 56, 273-277.
- Panning, J., Kocher, M., Smith, J. and Kachman, S. 2000. Laboratory and field testing of seed spacing uniformity for sugar beet planters. *J. Biol. Syst. Eng. ASAE.* 16(1): 7-13.
- Raheman, H. and Singh, U. 2003. A sensor for flow seed metering mechanisms. *J. Inst. Eng. Agric. Eng.* 84, 6-8.
- Sahoo, P. K. and Srivastava, A. P. 2002. Physical properties of okra seed. *Biosystem. Eng.* 83(4): 441-448.
- Shaaban, U., Afify, M., Hassan, G. and El-Haddad, Z. 2009. Development of a vacuum precision seeder prototype for onion seeds. *Misr J. Agric.Eng.* 26(4): 1751-1775.
- Shafii, S. and Holmes R. G. 1990. Air-jet seed metering, a theoretical and experimental study. *T- ASAE.* 33(5): 1432-1438.
- 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. *Biosystem. Eng. J.* 92(4): 429-438.
- Togrul, I. T. and Pehlivan, D. 2002. Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers. *J. Food Eng.* 55, 209-216.
- Togrul, I. T. and Pehlivan, D. 2003. Modelling of drying kinetics of single apricot. *J. Food Eng.* 58, 23-32.
- 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. *J. Food, Agric. Environ.* 8(3,4): 318-322.
- Yaldiz, O. and Ertekin, C. 2001. Thin layer solar drying of some vegetables. *Dry. Technol.* 19(3): 583-596.
- Zulin, Z., Upadhyay, S. K., Safii, S. and Garret, R. E. 1991. A hydropneumatic seeder for primed seeds. *T-ASAE.* 34(1): 21-26.

Monitoring of Operational Parameters of Unisem Pneumatic Planter and Modeling of Planting Uniformity by Image Processing

**Z. Abdolazhare, M. A. Asoodar, N. Kazemi, M. Rahnama
and S. Abdanan-Mehdizadeh***

* Corresponding Author: Assistant professor, Department of Mechanics of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Ramin University of Agriculture and Natural Resources of Khuzestan, Ahvaz, Iran. Email: s.abdanan@Ramin.ac.ir
Received: 31 July 2016, Accepted: 8 August 2017

The purpose of this research was to introduce a new laboratory test procedure which could be used under field condition. In this context, the performance of a pneumatic planter was investigated under laboratory conditions for maize, castor, fababean, sorghum, sugarbeet, watermelon and cucumber seeds. The effect of operational speed and vacuum pressure were evaluated by examining the quality of feed index, precision in spacing (coefficient of variation), miss index and multiple indexes. The most suitable operating parameter values for maize, castor, sorghum and sugar beet seeds were obtained at the first level of operating speed and 4.0 kpa pressure; for watermelon seed: second level of speed and 4.5 kpa pressure; for cucumber seed: first level of speed and 4.5 kpa pressure. Furthermore, in order to determine the relationship between most important operating parameters affecting the performance of the Pneumatic metering device and seed physical properties, regression models were developed. According to the results, the vacuum pressure of Pneumatic planter could suitably and acceptably be described by two final models with values of root mean square error 6.7×10^{-2} and 5.7×10^{-2} and reduced chi-square 8.2×10^{-2} and 5.6×10^{-2} for the first and second model, respectively.

Keyword: Evaluation, Forward Speed, Online Monitoring, Seed Physical Properties, Vacuum Pressure