بررسی برخی فاکتورهای موثر در طراحی مخزن دستگاه‌های بذرکار

داود قنبریان[۱] و افسانه کرمی[۲]

۱- استادیار مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شهرکرد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شهرکرد

چکیده:

طراحی و انتخاب مخزن مناسب، یکی از مراحل مهم در ساخت ماشین‌های بذرکار است. در این تحقیق تاثیر عوامل مختلف از جمله فرم، مساحت و مکان منفذ و همچنین ارتفاع بذر درون مخزن روی مقدار دبی بذر خروجی بررسی شده است. آزمایشات بر روی دو محصول گندم و جو با دو منفذ دایره و مربع شکل و در سه سطح مساحت ۲۸/۲۶، ۱۶ و ۱۲/۵۶سانتی‌متر مربع انجام شد. آنالیز نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که اثر نوع محصول، سطوح مختلف مساحت، فرم منفذ و همچنین اثر متقابل آنها روی میزان دبی خروجی بذر در سطح ۵٪ معنی‌دار است. با توجه به نتایج به دست آمده دبی بذر خروجی از منفذ مربعی نسبت به منفذ دایره‌ای با همان مساحت بیشتر است و با کاهش مساحت منفذ، تاثیر شکل آن روی مقدار ریزش کم می‌شود. تاثیر مکان منفذ روی مقدار دبی بذر خروجی در سطح ۵٪ معنی‌دار است. آزمایشات انجام شده نشان می‌دهد که ارتفاع بذر درون مخزن روی مقدار ریزش بی‌تاثیر است و نتایج حاصل از آن در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری ندارد.

کلید واژه: بذرکار، خطی‌کار ، دبی، فرم منفذ، کاشت

مقدمه:

جریان مواد دانه‌ای از منافذ دایره‌ای یا مربع شکل در برخی فرآیندها همچون تخلیه سیلو و کاشت مکانیزه محصولات کشاورزی توسط ماشین‌های بذرافشان اهمیت زیادی دارد(۱). به دلیل اثراتی که تراکم بوته‌ها بر رشد کمی وکیفی گیاه می‌گذارد، ماشین‌های کاشت باید قادر باشند طبق الگوهائی معین تعداد مشخصی از بذرهای مورد نظر را در زمین بکارند. میزان بذری که در واحد زمان از مخزن خارج می‌شود تعیین کننده تراکم بوته‌ها و از جمله فاکتورهای مهم در طراحی و ساخت هر بذرکار است. با توجه به الگوی کاشت سه روش مختلف بذرکاری را می‌توان به شرح ذیل بیان نمود:

۱- بذر افشانی یا پاشش متفرق بذر در سطح مزرعه

۲-خطی‌کاری که عبارت است از ریزش تصادفی بذرها در داخل شیارهایی با فواصل معین

۳-دقیق‌کاری که عبارت است از کاشت بذرها با فاصله معین و در داخل شیارهائی که با اندازه‌ی مشخص از یکدیگر قرار دارند(۳).

در ماشین بذرافشان، بذر از طریق دریچه‌ای که در کف مخزن وجود دارد به مقدار تنظیم شده‌ای بیرون می‌ریزد. همزنی نیز به منظور جلوگیری از پل زدن یا به هم چسبیدن بذرها در دهانه منفذ تعبیه شده است. در سیستم پاشش بذر (منفذ قابل تنظیم) که قدیمی‌ترین و ساده‌ترین روش مکانیزه کاشت محسوب می‌شود، تراکم بذر در واحد سطح به عواملی مانند فرم، اندازه و محل منفذ، سرعت پیشروی و عرض پاشش بستگی دارد. در بین این عوامل موارد مربوط به منفذ از اهمیت بیشتری برخوردار هستند(۳).

جنیک با تحلیل تنش‌های وارده به مواد دانه‌ای و تست برش آنها روابط بین تنش و تابع جریان مشخصه مواد دانه‌ای را تعیین کرد. به نحوی که که با داشتن تنش‌ها در نقطه‌ای از توده مواد دانه‌ای بتوان ریزش مواد را بررسی و دبی مواد خروجی را برآورد کرد(۱۰).

بورلو در آزمایشات خود به این نتیجه رسید که دبی خروجی مواد دانه‌ای از منفذ (Q)، با مساحت مؤثر (A_e) و جذر قطر هیدرولیکی(D_e) آن نسبت مستقیم دارد و به فرمول زیر دست یافت(٤):

$$Q = 0.75 A_e \sqrt{g D_e}$$

که در آن D_e از رابطه $D_e = D_h - 1.4d$ محاسبه می‌شود. در رابطه اخیر D_h قطر هیدرولیکی، d قطر متوسط ذرات و A_e مساحت موثر حاصله از D_e است. قطر هیدرولیکی برای روزنه‌های دایره و مربع شکل به ترتیب معادل با قطر دایره وضلع مربع مربوطه است.

اوالت در تحقیقی مشابه برای محاسبه دبی بذر خروجی (Q) از روزنه‌ی قائم به فرمول زیر دست یافت که در آن a و b ضرایب ثابت و D قطر یا طول اضلاع منفذ است(٦):

$$Q = a \times D^b$$

فولر و اوالت با انجام آزمایشات متعدد روی مواد دانه‌ای به صورت جداگانه به این نتیجه رسیدند که دبی جریان مواد از روزنه افقی مستقل از عمق بذر درون مخزن است(٦و٧).

موی‌سی و همکاران در مطالعات خود بر روی بذر گندم ضمن تایید گزارش فلور و اوالت فرمول زیر را برای محاسبه‌ی دبی خروجی بذر برای منفذهای دایره‌ای و چهارگوش واقع شده در وسط کف مخزن ارائه کردند(۸):

$$Q = -0.0342 + 770 A_n \sqrt{g D_e}$$

که در آن D_e و A_n به ترتیب قطر و سطح موثر منفذ هستند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اگر منفذ در کناره‌ی کف مخزن باشد، میزان حجمی بذر حدود ۱۵٪ بیشتر از منفذ مشابه در وسط مخزن خواهد بود.

مرور تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که در این زمینه هنوز سوالات زیادی بدون پاسخ باقی مانده‌اند. لذا هدف از این تحقیق، بررسی نحوه تاثیر برخی فاکتورهای مهم در طراحی مخازن دستگاه‌های بذرکار و انتخاب بهترین مدل ریاضی موجود برای پیش بینی دبی خروجی است.

مواد و روش‌ها:

در ابتدا پارامترهای تاثیرگذار بر میزان خروجی بذر به شرح ذیل انتخاب شدند(۵ و۹):

۱- شکل منفذ

۲- مساحت منفذ

۳- نوع محصول

٤- مکان منفذ

٥- ارتفاع بذر درون مخزن

آزمایشات مربوط به تعیین اثر مساحت منفذ، فرم منفذ و نوع محصول روی میزان خروجی بذر در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل انجام شد. برای انجام آزمایش مخزنی با ابعاد ۲۵×۲۵×۵۰ سانتی‌متر مکعب تهیه و از ٦ صفحه قابل تعویض برای ایجاد سه سایز مساحت در دو فرم متفاوت استفاده شد. این ٦ صفحه شامل منافذی با مساحت‌های ۲۸/۲٦، ١٦ و ۱۲/٥٦سانتی‌متر مربع در دو شکل دایره و مربع بودند. آزمایشات روی دو محصول گندم و جو انجام شدند. قبل از انجام آزمایشات مورد نظر، مشخصات فیزیکیِ مورد نیاز بذرها طبق استانداردهای موجود تعیین شد(۲). چگالی گندم و جو به ترتیب ۷٥۰ و ٥٦۰ کیلوگرم بر متر مکعب و قطر متوسط بذر گندم و جو به ترتیب ۳/٥۷ و ٥/۳٦ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. در هر مرحله یکی از صفحه‌ها را در کف مخزن قرار داده و پس از پرکردن آن با محصول مورد نظر، منفذ در زمان‌های۱۰ ثانیه‌ای باز و مقدار ریزش بذر از آن اندازه‌گیری شد.

در رابطه با تاثیر مکان منفذ روی مقدار ریزش، سه منفذ دایره‌ای با مساحت ٤ سانتی‌متر مربع در سه موقعیت وسط و کف، کف و کنار، و نیز قائم در دیواره مخزن (بطوریکه مرکز دایره از لبه مخزن۲ سانتی‌متر فاصله داشت) تهیه شد و مقدار ریزش بذر از آنها در مدت ۱۰ ثانیه اندازه‌گیری شد. ارتفاع بذر در مخزن، در همه‌ی موارد ۲۲ سانتی‌متر و برای جلوگیری از پل‌زدن بذر، از یک هم‌زن برقی با سرعت دورانی ۹٥۰ دور در دقیقه استفاده شد، ضمنا ارتفاع همزن از کف مخزن ٥ سانتی‌متر بود.

برای بررسی تاثیر ارتفاع بذر درون مخزن بر دبی خروجی، دو ارتفاع ۱۷ و ۲٤ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و آزمایشات مربوطه با دو فرم دایره و مربع با مساحت‌های ۲۸/۲٦ و ۱۲/٥٦ سانتی‌متر مربع انجام شدند. برای کاهش خطای احتمالی، هر آزمایش سه بار تکرار و نتایج بدست آمده توسط نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

جدول شماره ۱ نتایج تجزیه واریانس مقادیر دبی خروجی در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر نوع محصول، سطوح مختلف مساحت، فرم منفذ و نیز اثر متقابل آنها روی میزان دبی بذر خروجی در سطح ٥٪ معنی‌دار است و هر سه عامل روی مقدار ریزش موثرند.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به تاثیر متغیرهای محصول، مساحت و فرم منفذ روی دبی خروجی. در همه موارد منفذ در کف و وسط مخزن قرار داشته است.

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
محصول	۱	۱۷۲۲۲٥	۱۷۲۲۲٥	۸۲۹.٤٤٥*
مساحت	۲	۱۲۸۷۸٤۷.۱٦۷	٦٤۳۹۲۳.٥۸۳	۳۱۰۱.۱۷*
فرم	۱	۳۰۰٤٤.٤٤٤	۳۰۰٤٤.٤٤٤	۱٤٤.٦۹٦*
محصول × مساحت	۲	۱٥۹۸.۱٦۷	۷۹۹.۰۸۳	۳.۸٤۸*

محصول × فرم	۱	۳۲۸۷.۱۱۱	۱۵.۸۳۱*
مساحت × فرم	۲	۱٤۷۷۰.۷۲۲	۳۵.٥٦۸*
مساحت × فرم × محصول	۲	۳۸۲۱.۰٥٦	۹.۲۰۱*
خطا	۲٤	٤۹۸۳.۳۳۳	۲۰۷.٦۳۹

معنی دار در سطح ۵٪= α

جدول شماره ۲ مقادیر میانگین، حداکثر، حداقل و انحراف معیار دبی اندازه‌گیری شده در آزمایش‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به داده‌های این جدول، مقدار دبی خروجی جو از منافذ مربعی با مساحت‌های ۱۶،۲۸/۲۶ ،۱۲/۵٦ سانتی‌متر مربع به ترتیب برابر ٦۱۰، ۱۱۳،۱۹۳ و برای منافذ دایره‌ای با مساحت‌های مشابه به ترتیب ٤۵۲، ۵۹،۱۷۵ گرم بر ثانیه می‌باشد. در مورد گندم، مقدار دبی خروجی با مساحت‌های مشابه حالت قبل، برای منافذ مربعی به ترتیب برابر ٦۹۱، ۳٤٤،۲۳۹ و برای منافذ دایره‌ای به ترتیب ٦۲۹ ،۳۳۹، ۱۹گرم بر ثانیه می‌باشد. به این ترتیب مشاهده می‌شود که میزان ریزش بذر گندم در شرایط یکسان، نسبت به جو بیشتر است. علت این موضوع را می‌توان به بلندتر بودن ریشک جو در مقایسه با گندم نسبت داد که به دلیل افزایش طول بذر و پل زدن در بالای منفذ، موجب کاهش میزان دبی خروجی می‌شود. داده‌های جدول ۲ همچنین حکایت از آن دارند که به ازاء مساحت یکسان، دبی خروجی از منفذ مربعی بیشتر از منفذ دایره‌ای است. این موضوع با نتایج گزارش شده توسط بورلو و موی‌سی مطابقت دارد. ضمنا با کوچکتر شدن مساحت منفذ از تاثیر شکل منفذ بر مقدار دبی خروجی کاسته شده است.

جدول ۲ – بررسی تاثیر مساحت منفذو فرم منفذ روی مقداراریزش بذر برای دو محصول گندم و جو در همه موارد منفذ در کف و وسط مخزن قرار داشته است.

نوع محصول	مساحت (سانتیمتر مربع)	میزان دبی بذر خروجی از مخزن (گرم بر ثانیه)					
		مربع			دایره		
		حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین
جو	۲۸/۲٦	٦۲۵	۵۹۵	٦۱۰±۱۵	٤۸۲	٤۱۸	٤۵۲±۳۲
	۱٦	۲۰۱	۱۸۷	۱۹۳ ±۷	۱۷۸	۱۷۳	۱۷۵±۲
	۱۲/۵٦	۱۲۳	۱۰۲	۱۱۳±۱۰	٦۹	۵۰	۵۹±۱
گندم	۲۸/۲٦	۷۱۰	٦٦٦	٦۹۱±۲۳	٦۳۸	٦۲۲	٦۲۵±۸
	۱٦	۳۵۱	۳٤۰	۳۳٤±۱۵	۳٤۲	۳۳٦	۳۳۹±۳
	۱۲/۵٦	۲۵۸	۲۲۸	۲۳۹±۱۷	۱۹۸	۱۸۲	۱۹۹±۸

جدول شماره ۳ مقادیر میانگین، حداقل، حداکثر و انحراف معیار دبی خروجی از منافذ دایره‌ای با مساحت ٤ سانتی‌متر مربع و در مکان‌های مختلف را نشان می‌دهد. با توجه به داده‌های این جدول، مقدار میانگین دبی درحالتی که منفذ در وسط و کف مخزن قرار دارد برابر۲۱، وقتی منفذ کنار و کف مخزن باشد ۲۳ و برای شرایطی که منفذ در

دیواره مخزن باشد ۱۰ گرم بر ثانیه است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که مکان منفذ روی مقدار ریزش بذر موثر است و مابین میانگین‌ها در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار وجود دارد. طبق داده‌های این جدول مقداراریزش بذر در منفذ کنار و کف مخزن به میزان ۱۵٪ بیشتر از همان منفذ در وسط و کف مخزن است. علت این پدیده را می‌توان از نظر نیروهای وارد بر بذرها توجیه کرد. در حالتی که منفذ در مرکز قرار می‌گیرند نیروهای افقی وارد بر آنها به صورت متقارن عمل کرده و اثرات یکدیگر را خنثی می‌کنند اما در حالتی که منفذ در کنار قرار گیرد این تقارن نیرویی وجود ندارد. به همین دلیل بذرها از یک طرف مخزن جریان پیدا کرده و راحت‌تر خارج می‌شوند.

جدول شماره ۳. نتایج حاصل از بررسی تاثیر مکان منفذ دایره‌ای روی مقدار ریزش بذر از مخزن

مکان منفذ	میزان دبی بذر خروجی از مخزن (گرم بر ثانیه)		
	حد اکثر	حداقل	میانگین
وسط و کف مخزن	۲۲	۱۹	۲۱±۱۰
کنار و کف مخزن	۲۵	۲۲	۲٤±۱۰
در دیواره مخزن	۱۱	۱۰	۱±۰

جدول شماره ٤ نتایج مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین و انحراف معیار دبی خروجی را برای منافذ دایره‌ای و مربعی با مساحت ۲۸/۲٦ سانتیمتر مربع در شرایطی که بذر در دو ارتفاع ۲٤ و ۱۷ سانتی‌متری در داخل مخزن قرار داشته نشان می‌دهد. آنالیز واریانس نشان می‌دهد که در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری در دبی خروجی وجود ندارد و بنابراین ارتفاع بذر در مخزن روی میزان ریزش بی‌تاثیر است.

جدول شماره ٤.بررسی تاثیر ارتفاع بذر (جو) درون مخزن روی میزان دبی بذر خروجی

مساحت (سانتیمتر مربع)	نوع منفذ	ارتفاع (سانتی متر)	میزان دبی خروجی بذر از مخزن (گرم بر ثانیه)		
			حداکثر	حداقل	میانگین
۲۸/۲٦	دایره	۲٤	٤۸۲	٤۱۸	٤٥۲±۳۲
		۱۷	٤۷٦	٤۳۲	٤٥۳±۲۲
	مربع	۲٤	٦۲٥	٥۹٥	٦۱±۱٥
		۱۷	٦۲۲	٦۱۲	٦۱۸±٥
۱۲/٥٦	دایره	۲٤	٦۹	٥۰	٥۹±۱۰
		۱۷	٦۷	٥٥	٦۰±٦

در جدول شماره ۵ دبی پیش‌بینی شده توسط فرمول‌های بورلو و موی‌سی برای منافذ مربعی با نتایج به دست آمده از این تحقیق مقایسه شده است. همان طور که از داده‌های جدول مشخص است، نتایج پیش‌بینی شده توسط فرمول موی‌سی کمتر از مقادیری هستند که توسط فرمول بورلو به دست می‌آید. علت این موضوع را می‌توان به

اختلاف تعریف قطر هیدرولیکی در هر یک از دو فرمول مربوط دانست. نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده در این تحقیق مابین مقادیر پیش‌بینی شده توسط این دو فرمول است.

جدول شماره ۵- مقایسه دبی حاصله از فرمول های بورلو و موی‌سی با نتایج آزمایش برای منفذ مربع

محصول	مساحت (سانتی متر مربع)	دبی بذر خروجی از مخزن (گرم بر ثانیه)		
		نتیجه آزمایش	استفاده از فرمول بورلو	استفاده از فرمول موی سی
گندم	۱۲/۵٦	۲۳۹	۲۸۳/۵۰	۱۲۰
	۱٦	۳۳٤	٤۰۳/۵۰	۱۸۱/۵۰
	۲۸/۲٦	٦۹۱	۸۹٤/۸۱	٤۳۳/۵۷
جو	۱۲/۵٦	۱۱۳	۱۷۰/۸۰	٦۸/٦۰
	۱٦	۱۹۳	۲۵۰/۳۲	۱۰۹/۳۱
	۲۸/۲٦	٦۱۰	۵۸٦/۹۹	۲۸۲/۱۱

جدول شماره ٦ نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده در این تحقیق را با مقادیر محاسبه شده توسط فرمول‌های بورلو و موی‌سی برای منفذ دایره‌ای نشان می‌دهد. همان‌طور که از داده‌های این جدول مشخص است دو فرمول بورلو و موی‌سی نتایج مشابهی را برای مقادیر دبی خروجی گندم و جو پیش‌بینی می‌کنند. نزدیکترین پیش‌بینی در مورد گندم و مساحت ۲۸/۲٦ می‌باشد. علت تفاوت بین مقادیر پیش‌بینی شده توسط این فرمول‌ها و نتایج به دست آمده از این تحقیق را می‌توان به متفاوت بودن شرایط آزمایش از جمله عدم وجود همزن در فرمول موی‌سی و خصوصیات فیزیکی مکانیکی بذرهای مورد استفاده از جمله ابعاد، رطوبت و غیره نسبت داد.

جدول شماره ٦- مقایسه دبی حاصله از فرمول های بورلو و موی سی با نتایج آزمایش برای منفذ دایره‌ای

محصول	مساحت (سانتیمتر مربع)	دبی بذر خروجی از مخزن (گرم بر ثانیه)		
		نتیجه آزمایش	استفاده از فرمول بورلو	استفاده از فرمول موی سی
گندم	۱۲/۵٦	۱۹۹	۳۱٦/۵۰	۲۹۹/٤۷
	۱٦	۳۳۹	٤٤٦/۱۰	٤۳۲/۳۰
	۲۸/۲٦	٦۲۵	۹۷۵/۹۰	۹۷۵/۸۰
جو	۱۲/۵٦	۵۹	۱۹٦/٦۱	۱۸۲/۷۳
	۱٦	۱۷۵	۲۸۳/۰۸	۲۷۱/۳۸
	۲۸/۲٦	٤۵۲	٦٤۸/٤۸	٦٤٦/۸۰

منابع:

۱. توکلی هشجین ت، ۱۳۸۲. مکانیک محصولات کشاورزی. انتشارات سالکان ، تبریز.

۲. رضوی م و اکبری ر،۱۳۸۵. خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی . انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۳. منصوری راد د،۱۳۸۲. تراکتورها و ماشین های کشاورزی. جلد دوم. انتشارات دانشگاه بو علی سینا.

4. Beverloo W A, Leniger H A and Van de Velde J, 1961. The Flow of Granular Solidse through Orifices. Chem Eng Sci 15: 260-269.

5. Chang CS and H H Converse, 1988. Flow Rrate of Weath and Sorghum through Horizontal Orifices. Trans. Of the ASAE 31(1): 300-304

6. Ewalt D J and Buelow F H, 1963. Flow of Shelled Corn through Orifices in Bin Wall. Mich Agr Expt Sta. Quart. Blu 46:92-102

7. Fowler R T and Glastonburg J R, 1959. The Flow of Granular Solids through Orifices. Chem Eng Sci 10:150-156

8. Moysey E B, Lambert E W and Wang Z, 1988. Flow Rate of Grains and Oilseeds through Sharp-Edged Orifices. Trans. of the ASAE 31(1):226-231.

9. Schwedes J, 1999. Review on Testers for Measuring Flow Properties of Bulk Solids. granular matter 5:1-43

10. Standard Shear Testing Technique for Particulate Solids using the Jenike Shear Cell, The Institution of Chemical Engineers,UK, 1989

Study of Some Effective Factors in Design of Seed Box for Grain Planting Machine

Design and selecting of suitable seed box is one of important stage in manufacturing of grain planting machine. In this research effects of some structural factors on delivery rate were studied. The factors were form and size of notch; notch location and the height of grain in seed box. The experiments carried out on wheat and oats using circular and square horizontal notches in three sizes 12.56, 16 and 28.26 cm^2. The results showed that size, shape and location of notch, and type of grain have statistically significant effect ($p<0.05$) on delivery rate of grain. The delivery rate from square notch was more than circular notch with the same area and with reduction of size, effect of notch shapes on delivery rate is decreased. The result also showed that delivery rate of grain from notches is independent from the height of grain in seed box ($p<0.05$).

KEY WORDS: Delivery rate, Grain drill, Notch shape, Planter, Seed box