



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



طراحی، ساخت و ارزیابی ماشین کودپاش سانتریفوژ کود دامی

جلیل تقی‌زاده طامه^۱، علی جعفری^{۲*}، حسین موسی‌زاده^۳، نازیلا طربی^۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران

۲- استاد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران

۳- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران

* نویسنده مسئول: علی جعفری

پست الکترونیک: Jafarya@ut.ac.ir

چکیده

در کشاورزی پایدار به منظور بهبود کیفیت خاک و حذف آلاینده‌های ناشی از استفاده کودهای شیمیایی، می‌توان از روش‌های غیر شیمیایی مانند تناوب زراعی، مبارزه بیولوژیک و کودهای حیوانی استفاده کرد. از مشکلات مهم در استفاده از کودهای حیوانی نحوه پخش آن‌ها و کم بودن عرض پاشش ماشین‌های کودپاش موجود است. امروزه بیشتر از ماشین‌های پخش‌کننده سانتریفوژ برای پخش مواد در سطح مزرعه استفاده می‌شود. بنابراین در این پژوهش به طراحی و ساخت ماشین کودپاش سانتریفوژ، ویژه کود دامی پرداخته شد. واحد پاشش ماشین شامل دو صفحه کودپران پره‌دار بود. حجم مخزن این ماشین برابر ۶ متر مکعب طراحی شد و عرض پاشش آن به بیش از ۱۰ متر می‌رسید. عملکرد ماشین تحت تاثیر پارامترهای موثر در آن شامل زاویه قرارگیری پره‌ها (شعاعی و غیر شعاعی) و گودی صفحه کودپران ارزیابی شد. در بررسی عملکرد واحد کودپران از روابط دینامیکی استفاده شد. سیستم اکسل ماشین نیز به روش المان محدود مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش زاویه پره‌ها، عرض پاشش ماشین بیشتر می‌شود. عرض پاشش در صفحه کودپران گود بیشتر از عرض پاشش با صفحه کودپران صاف بود. همچنین بیشترین مقدار تنش بوجود آمده در اکسل برابر ۱۳۹ مگاپاسکال و ضریب اطمینان آن ۱/۸ بود.

واژه‌های کلیدی: کودپاش سانتریفوژ، صفحات کودپران، زاویه گودی صفحه، روش المان محدود



مقدمه

در کشاورزی پایدار برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها از روش‌های غیرشیمیایی مانند تناوب زراعی، کودسبز، مبارزه بیولوژیک، کودهای حیوانی و کمپوست استفاده می‌شود (حسین‌زاده و قربانی، ۱۳۹۰). افزایش مصرف کودهای شیمیایی نه تنها باعث افزایش هزینه می‌شود، بلکه موجب آلودگی خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود (Parris & Reille, 1999). مصرف کودهای حیوانی در فعالیتهای کشاورزی جایگاه خاصی دارد، به نحوی که امروزه نیز می‌تواند نقش مؤثر خود را در کشاورزی پایدار ایفا کند و جایگزینی برای کودهای شیمیایی باشد (امیدی و همکاران، ۱۳۸۸). استفاده از کودهای حیوانی موجب ازدیاد فعالیت میکروارگانیسم‌ها، پیشگیری از سلبستن خاک، افزایش ذخیره آب و اکسیژن در خاک و بهبود ساختمان آن شده (Graham & Vance, 2000) و افزایش کمی و کیفی محصول را به دنبال خواهد داشت (Sharpley et al., 2004). با توجه به مزایای زیاد کود حیوانی مسئله قابل اهمیت نحوه پخش این کود در سطح مزرعه است و در واقع پخش کود یک مرحله مهم از آماده‌سازی زمین برای تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود (Duhovnik et al., 2004) که بدین منظور بایستی عوامل موثر در عملکرد ماشین‌های پخش کود را مورد بررسی قرار داد. در سال‌های اخیر استفاده از ماشین‌های پخش‌کننده سانتریفوژ رو به افزایش است. از مهمترین عوامل موثر در عملکرد این ماشین‌ها می‌توان به عرض پاشش و همچنین یکنواختی پاشش در دو راستای طولی و عرضی اشاره کرد. مطالعات زیادی بر روی شبیه‌سازی پاشش کود در ماشین‌های پخش‌کننده سانتریفوژ انجام شده که از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعه ون لیدرک و همکاران (۲۰۰۶) اشاره کرد. آن‌ها در مطالعه خود به شبیه‌سازی پردازش پراکندگی کامل بر اساس قوانین فیزیک پرداختند و مدل کاملی برای واکنش‌های بین ذرات و نیروهای تماسی بیان کردند. نتایج حاصل از این مدل به فهم بهتر فیزیک در پردازش پراکندگی و محاسبات بهتر شد. آن‌ها این مدل را با کامپیوتر آزمایش و آنالیز کردند و نتیجه را با محاسبات تجربی مقایسه کردند. نتایج نشان داد که این مدل به تنهایی برای پیشبینی رفتار ذرات کافی نیست، اما بینش دقیقی در مفهوم فیزیکی پردازش پاشش ذرات را دارد (Van Liedekerke et al., 2006). کوکو و وایرین (۲۰۰۹) شیوه بهینه‌سازی پاشش دقیق کود را با استفاده از پخش‌کن‌های سانتریفوژ مورد مطالعه قرار دادند. در مطالعه آن‌ها تابع هزینه اختلاف بین مقدار کود مورد نیاز خاک و میزان کود پخش شده است. آن‌ها سه پارامتر موثر در پخش کود را مورد بررسی قرار دادند که شامل میانگین مرکز پخش، میانگین زاویه پخش و دبی جرمی بود. داده‌های بدست آمده از آزمون تجربی نشان داد که خطای پاشش به مقدار چشمگیری برای مسیرهای موازی درون مزرعه می‌تواند کاهش پیدا کند (Koko & Virin, 2009). ون لیدرک و همکاران (۲۰۰۹) جریان ذرات یک پخش‌کننده سانتریفوژ کود را با استفاده از تکنیک (DEM^۱) شبیه‌سازی کردند. مدل به دست آمده با استفاده از روش (DEM) به وسیله آزمایش‌های تجربی با دو شیوه متفاوت مورد ارزیابی و تایید قرار گرفت. در روش اول میزان ذرات پخش شده در داخل جعبه‌های چیده شده اطراف دیسک جمع‌آوری و اندازه‌گیری شد. روش دوم شامل جمع‌آوری ذرات روی زمین بعد از پرتاب شدن از دیسک چرخان بود. تفسیر آماری و کیفی نتایج به دست آمده از دو آزمون تجربی در سرعت ۵۰۰-۳۰۰ دور در دقیقه با نتایج به دست

^۱Discrete Element Method



آمده از شبیه سازی (DEM) مطابقت داشت. اما در سرعت های بالاتر گردش دیسک (۶۵۰-۵۰۰) نتایج به دست آمده از شبیه سازی در مقایسه با نتایج تجربی دارای اختلاف زیادی بود (VanLiedekerke et al., 2009). احمدی و همکاران (۱۳۹۱) اثر تعداد پره های تک دیسک مسطح چرخان و وضعیت قرارگیری آن ها (شعاعی و غیر شعاعی) را بر روی یکنواختی توزیع کودهای گرانوله بررسی کردند. آن ها آزمایشات را به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تیمار تعداد پره (۴، ۶ و ۸ پره)، وضعیت قرارگیری پره (شعاعی و غیر شعاعی) و دو نوع کود (نترات آمونیوم و سوپر فسفات سه گانه) با سه تکرار انجام دادند. نتایج کار آنها نشان داد که تعداد پره هیچ تاثیری بر روی یکنواختی توزیع کود در هر دو نوع کود ندارد. همچنین وضعیت قرارگیری پره ها اثر معنی داری بر یکنواختی توزیع دارد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱). الوی و همکاران (۲۰۱۳) پیشنهاد یک عملگر برای تحقیق و طراحی بهینه کودپخش کن پاششی را برای کودهای ترکیبی گرانوله ارائه دادند. این عملگر شامل یک مدل ویسکوالاستیک خطی بود که نیروهای بین ذرات کود و همچنین نیروهای بین ذرات و کودپخش کن را محاسبه می کرد. آنها مدل خود را با استفاده از نرم افزار آنالیز کرده و در نهایت با تغییر مدل (CAD) ماشین، عملکرد آن را برای اندازه و ساختارهای مختلف تنظیم کردند (Lv et al., 2013).

بیشتر مطالعات انجام شده مربوط به پخش کن های سانتریفوژ کود شیمیایی بوده، در حالی که بررسی ها در رابطه با پخش کن کود دامی بسیار کم است. با توجه به مزایای کود دامی و همچنین پیامدهای ناگوار استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، لزوم توجه به ماشین های پخش کود دامی مشخص می شود. بدین منظور در این پژوهش به طراحی و ساخت ماشین کودپاش سانتریفوژ کود دامی پرداخته شد. همچنین پارامترهای موثر در عملکرد ماشین نیز مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

طراحی و ساخت ماشین کودپاش

ماشین مورد نظر از نوع کششی طراحی شده و توان مورد نیاز آن با استفاده از تراکتور تامین می شود. مکانیزم ماشین به گونه ای است که در ابتدا کود داخل مخزن توسط واحد انتقال، به انتهای مخزن و به قسمت دریچه خروجی رانده شده و از آنجا بر روی صفحه تقسیم کننده می ریزد. سیستم انتقال کود متشکل از یک واحد زنجیرنقاله است که در کف مخزن ماشین قرار دارد. کود پس از عبور از صفحه تقسیم کننده به واحد پاشش می رسد. این واحد از دو صفحه کودپران تشکیل شده که در دو طرف ماشین قرار دارند و بر خلاف یکدیگر می چرخند. بر روی این صفحات تعدادی پره وجود دارد که جریان کود به این پره ها برخورد کرده و با استفاده از نیروی گریز از مرکز صفحات کودپران، عملیات پخش کود در سطح مزرعه انجام می شود (شکل ۱). ماشین کودپاش از قسمت های متفاوتی از جمله مخزن کود، صفحه تقسیم کننده، واحد انتقال و پاشش کود، سیستم اتصال مالبند تراکتور و سیستم انتقال توان تشکیل شده و برای طراحی آن از نرم افزار CATIAv5 استفاده شد.



شکل ۱- ماشین کودپاش سانتریفوژ کود دامی

صفحه تقسیم کننده

صفحه تقسیم کننده کود همان طور که از نام آن مشخص است وظیفه تقسیم دبی کود خروجی از مخزن به دو قسمت مساوی و انتقال آن به واحد پاشش را بر عهده دارد. این صفحه به حالت شیب دار از دو طرف بوده و بر روی سطوح آن قسمت های بریده شده ای وجود دارد که انتقال کود به واحد پاشش را ممکن می سازند. (شکل ۲). از عوامل مهم در طراحی این صفحه شیب مناسب و شکل فضای خالی صفحه است. برای تعیین شیب صفحه تقسیم کننده نیاز به ضریب اصطکاک کود با صفحه فلزی بوده و این مقدار در بازه $1/012$ تا $1/731$ در نظر گرفته شد (سادین و همکاران، ۱۳۸۸). قسمت های بریده شده در دو طرف صفحه نیم دایره بوده که قطر آن بر اساس میزان شیب و محل قرارگیری صفحات کودپران تعیین می شود.



شکل ۲- صفحه تقسیم کننده کود



سیستم انتقال توان

در ابتدا توان از محور PTO به جعبه دنده اصلی منتقل می‌شود که وظیفه این انتقال را شفت مرکزی ماشین بر عهده دارد. درون جعبه دنده توان به دو قسمت تقسیم می‌شود که شامل توان‌های زنجیرنقاله و صفحات کودپران می‌باشد. توان زنجیرنقاله به وسیله چرخ ستاره‌ای شکل تامین می‌شود که برای انتقال توان به آن از میل‌گاردان و گیربکس استفاده شد. جهت چرخش صفحات کودپران موازی سطح زمین است و انتقال توان به این صفحات را گیربکس‌های حلزونی انجام می‌دهند (شکل ۳).



شکل ۳- سیستم انتقال توان. (۱) گیربکس زنجیرنقاله، (۲) میل‌گاردان، (۳) گیربکس حلزونی صفحه کودپران

واحد انتقال و پاشش کود

برای انتقال کود از مخزن به صفحه تقسیم‌کننده از زنجیرنقاله استفاده شد که در کف مخزن قرار دارد و با حرکت خود کود را به سمت دریچه خروجی هدایت می‌کند. سرعت دورانی زنجیرنقاله بر اساس میزان پاشش کود در سطح مزرعه و همچنین سرعت حرکت تراکتور تعیین شد. واحد پاشش شامل دو صفحه کودپران دوار است که زیر صفحه تقسیم‌کننده قرار دارد. این صفحات به صورت دایره‌ای بوده و موازی سطح زمین می‌باشند و حول محور خود حرکت دورانی انجام می‌دهند. با چرخش این صفحات در خلاف جهت یکدیگر پره‌های روی آن‌ها به جریان خروجی کود برخورد کرده و باعث پخش آن در سطح مزرعه می‌شوند. توان چرخشی این صفحات به وسیله محور PTO تراکتور تامین می‌شود.

تحلیل و ارزیابی ماشین

تحلیل و عملکرد واحد پاشش

به منظور بررسی پارامترهای موثر در عملکرد واحد پاشش، ذرات کود دامی به صورت گرانوله فرض شد. زاویه دوران صفحات پران (θ) که طی آن ذره کود با پره‌های صفحات در تماس است توسط رابطه (۱) محاسبه می‌شود. در این رابطه فرض بر این است که ذره روی صفحه پران سر خورده و غلت نمی‌زند [۱۳].



$$\frac{(C_1 + f)e^{C_2(C_1-f)\theta} + (C_1 - f)e^{-C_2(C_1+f)\theta}}{2C_1} = \frac{r_0 - \frac{C_3g}{C_4\omega^2}}{C_3r_i - \frac{C_3g}{C_4\omega^2}} \quad (1)$$

پس از محاسبه (θ) می‌توان از رابطه (۲) برای محاسبه سرعت نسبی ذره نسبت به پره‌های صفحه استفاده کرد [۱۳].

$$V_r = \frac{\omega}{2C_1} \left(C_5 r_i - \frac{fg}{\omega^2} \right) \left(e^{C_2(C_1-f)\theta} - e^{-C_2(C_1+f)\theta} \right) \quad (2)$$

پارامترهای مربوط به روابط (۱ و ۲) در جدول (۱) نشان داده شده است. حل رابطه (۱) به صورت دستی امکان‌پذیر نبوده و برای حل آن بهتر است که از روش حل تصویری استفاده شود. بدین منظور با استفاده از زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک ۶ به حل رابطه (۱) پرداخته شد (شکل ۴). نحوه کاربرد شکل (۴) به گونه‌ای است که در ابتدا طرف راست رابطه (۱) را حساب کرده و روی محور قائم علامت‌گذاری کرده و خطی افقی رسم می‌کنیم تا نمودار α مربوطه را قطع کند. سپس از آنجا خطی قائم رسم کرده تا محور افقی را قطع کند. نقطه تقاطع مقدار زاویه θ را نشان می‌دهد. مقدار و جهت افقی سرعت ذرات کود نیز با استفاده از روابط (۳ و ۴) محاسبه شد (Srivastava et al., 2006).

$$V_{hr} = \sqrt{(V_r \cos \alpha \cos \gamma)^2 + (r_o \omega + V_r \cos \alpha \sin \gamma)^2} \quad (3)$$

$$\beta = \arctan \frac{V_r \cos \alpha \cos \gamma}{r_o \omega + V_r \cos \alpha \sin \gamma} \quad (4)$$

جدول ۱- پارامترهای استفاده شده در معادلات دینامیکی پرتابی

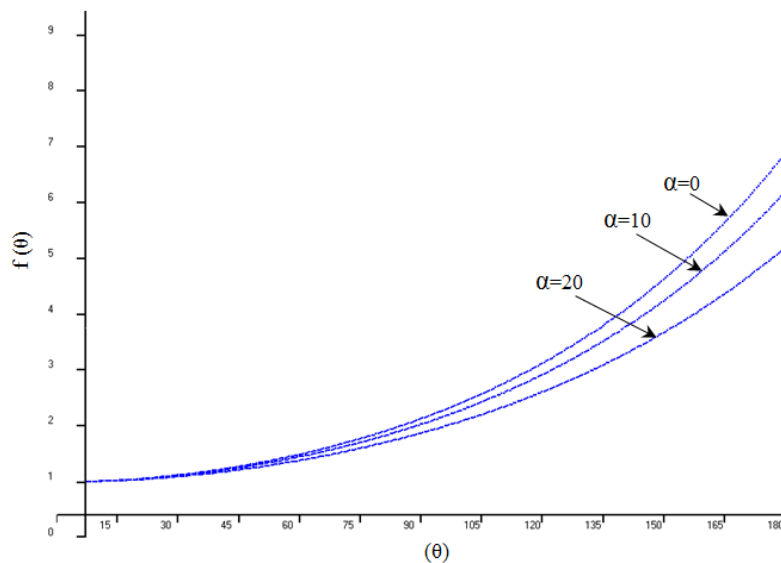
V_r	سرعت نسبی ذره کود نسبت به پره
f	ضریب اصطکاک بین صفحه پرن و کود
g	شتاب ثقل
C_1	$(f_2 + C_4/C_2)0.5$
C_2	$\cos \alpha$
C_3	$\cos \alpha + f \sin \alpha$
C_4	$\cos \alpha - f \sin \alpha$
C_5	$\cos \delta - f \sin \delta$
C_6	$0.75 C_{Dp} / (\rho_p d_p)$
C_7	$\sqrt{g / C_6}$
r_i	شعاع ابتدایی پره تا مرکز دوران (m)
r_o	شعاع خارجی صفحه پرن (m)
ω	سرعت زاویه‌ای صفحه پرن (rad/s)
α	زاویه گودی صفحه
δ	زاویه قرارگیری پره‌ها



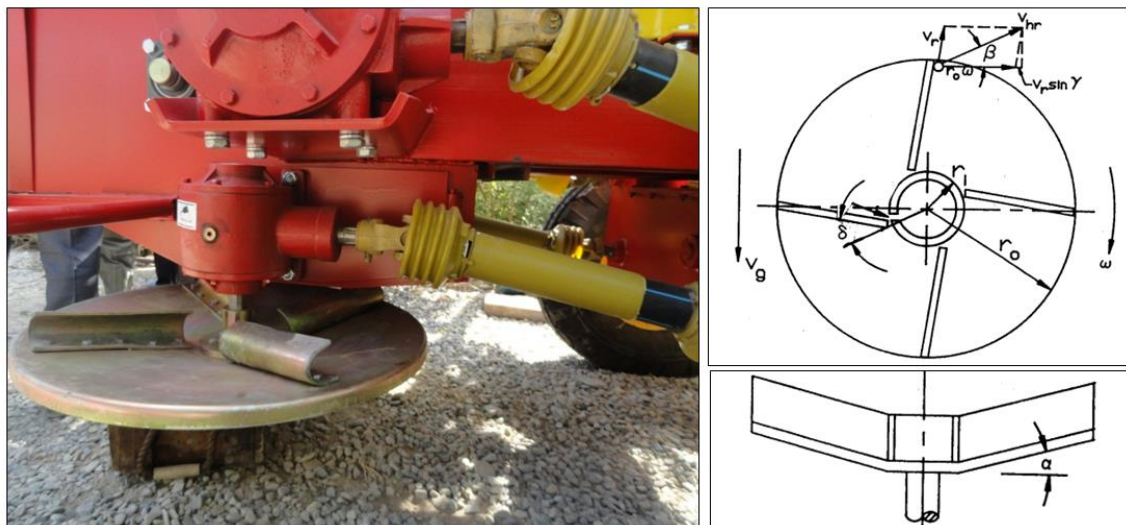
عرض پاشش ماشین نیز به عواملی از قبیل سرعت اولیه پرتاب، زاویه پرتاب، گودی صفحه کودپران و ارتفاع صفحات از سطح زمین بستگی دارد که با استفاده از روابط (۵) و (۶) تعیین شد.

$$h = \frac{\ln(C_6 \dot{h}_0 t + 1)}{C_6} \quad (5)$$

$$t = \frac{\ln((2e^{(2C_6 Z)-1}) + \sqrt{(2e^{(2C_6 Z)-1})^2 - 1})}{2C_6 C_7} \quad (6)$$



شکل ۴- حل تصویری رابطه (۱)



شکل ۵: صفحه پران کودپاش سانتریفوژ کود دامی و پارامترهای آن



تحلیل و ارزیابی اکسل ماشین

اکسل ماشین وظیفه انتقال وزن ماشین به چرخ‌ها را بر عهده دارد. این سیستم شامل شفت، لوله، ورق اتصال به شاسی، قطعه متصل کننده چرخ‌ها و توپی چرخ می‌باشد (شکل ۶-الف). در هر طرف ماشین دو عدد چرخ وجود دارد که به واسطه قطعه رابط به یکدیگر متصل شده‌اند و ماشین در مجموع بر روی چهار چرخ قرار دارد. وزن کل مجموعه که شامل اجزای ماشین و همچنین کود داخل مخزن است به وسیله ورق اتصال شاسی، به محور ماشین منتقل می‌شود. برای تحلیل سیستم اکسل ماشین در ابتدا مدل‌سازی این سیستم به وسیله نرم‌افزار CATIA v5 صورت پذیرفت (شکل ۶-ب) و مدل المان‌بندی شد. تعداد المان‌ها و گره‌های این مدل به ترتیب برابر ۱۴۲۶۴ و ۴۸۰۳ عدد می‌باشد. جنس قطعات تشکیل دهنده اکسل از فولاد ST37 بوده که مشخصات مکانیکی آن در جدول ۲ آمده است. پس از مدل‌سازی اکسل و اعمال جنس قطعات آن، مدل وارد محیط تحلیل نرم‌افزار CATIA شد. محل تکیه‌گاه این سیستم در قسمت اتصال توپی چرخ‌ها بوده و بنابراین مدل در این قسمت‌ها مقید شد. سپس وزن کل مجموعه به صورت بردارهای نیرو در محل مورد نظر اعمال شد (شکل ۶-ج) و سرانجام سیستم به روش المان محدود مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. پس از آن مقدار تنش حداکثر المان‌های اکسل بر اساس معیار فون-میسز (رابطه ۷) محاسبه شده و ضریب اطمینان اکسل ماشین (رابطه ۸) تعیین شد (Richard & Keith, 2011). بیشترین میزان جابجایی المان‌های اکسل نیز با استفاده از روش المان محدود محاسبه شد.

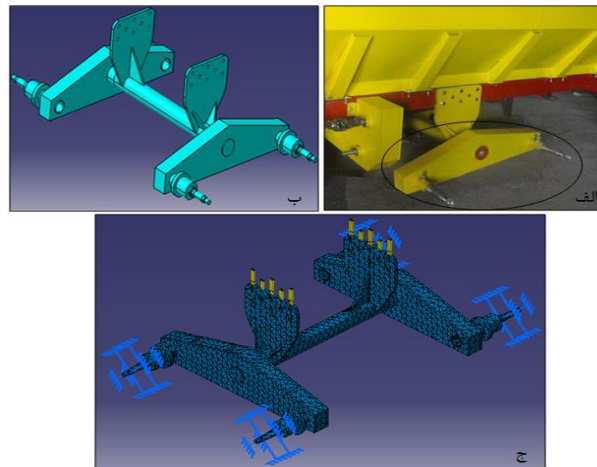
$$\sigma' = \left[\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2} \right]^{1/2} \quad (7)$$

$$\text{safety factor} = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} \quad (8)$$

که در آن σ_1 ، σ_2 و σ_3 تنش در راستای محورهای مختصات، σ' تنش بر اساس معیار فون-میسز، σ_{max} تنش بیشینه بر اساس معیار فون-میسز و σ_y تنش تسلیم می‌باشد.

جدول ۲: مشخصات فولاد ST37 بر اساس استاندارد DIN-17100

مشخصات فولاد	مقدار	واحد
مدول الاستیسیته	2×10^{11}	N/m ²
نسبت پواسون	۰/۲۶۶	
چگالی	۷۸۶۰	Kg/m ³
ضریب هدایت حرارتی	$1/17 \times 10^{-5}$	1/ ⁰ k
تنش تسلیم	$2/5 \times 10^8$	N/m ²



شکل ۶- الف) اکسل ماشین کودپاش، ب) مدل اکسل شبیه‌سازی شده، ج) تحلیل اکسل ماشین به روش المان محدود

نتایج و بحث

ظرفیت مخزن ماشین بر اساس میزان پاشش کود در هکتار و سرعت حرکت تراکتور در مزرعه برابر ۶ متر مکعب طراحی شد. شیب دیواره مخزن نیز بر اساس ضریب اصطکاک کود با فولاد ST37، حجم مخزن و همچنین شکل هندسی آن برابر ۴۰ درجه در نظر گرفته شد. صفحات کودپران به صورت چهارپره‌ای طراحی شده و شعاع آن‌ها برابر ۳۱۰ میلی‌متر تعیین شد.

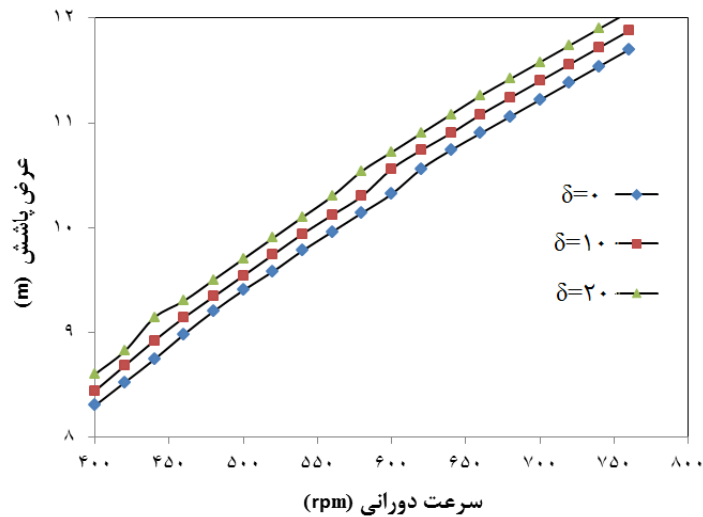
نتایج بررسی تاثیر زاویه گودی صفحات کودپران (α) بر عرض پاشش ماشین در بازه سرعت ۴۰۰ تا ۸۰۰ دور بر دقیقه نشان داد که با افزایش این زاویه، یک مولفه عمودی به بردار سرعت اضافه شده که موجب پرتاب شدن ذرات کود به فواصل دورتر شده و به تبع آن عرض پاشش ماشین افزایش یافت.

نحوه قرارگیری پره‌های صفحات کودپران از نظر شعاعی یا غیر شعاعی بودن (زاویه δ) نیز بر عرض پاشش ماشین تاثیر می‌گذارد، به گونه‌ای که با افزایش این زاویه عرض پاشش ماشین افزایش پیدا کرد. شکل ۷ تغییرات عرض پاشش ماشین را در بازه سرعت ۴۰۰ تا ۸۰۰ دور بر دقیقه و برای سه زاویه شعاعی صفر، ۱۰ و ۲۰ درجه نشان می‌دهد. بیشترین مقدار عرض پاشش ماشین در زاویه شعاعی ۲۰ درجه بود که مقدار آن برابر ۱۲ متر بدست آمد.

با ثابت ماندن قطر موثر ذرات کود و افزایش جرم مخصوص کود، ذرات انرژی جنبشی بیشتری جذب کرده و به فواصل دورتری پرتاب می‌شوند که سبب افزایش عرض پاشش ماشین می‌شود. در حین عملیات پخش کود دمای هوا بر روی

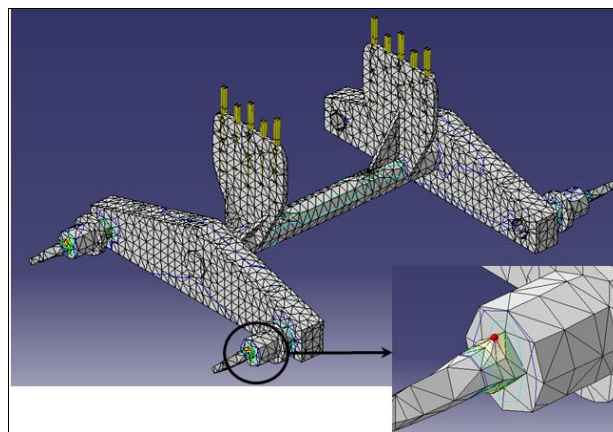


مقاومت آن اثر می‌گذارد و افزایش دما موجب کاهش ضریب مقاومت می‌شود. مقاومت هوا نیز به عنوان یک نیروی مخالف در راستای حرکت ذرات عمل کرده و افزایش آن موجب کاهش عرض پاشش ماشین می‌شود.

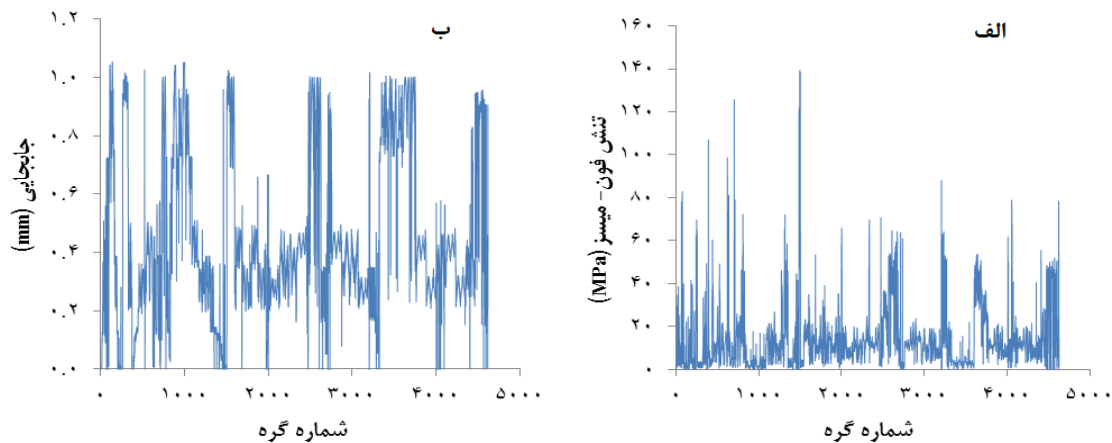


شکل ۷: تاثیر زاویه پره صفحات کودپران بر عرض پاشش ماشین

پس از تحلیل سیستم اکسل ماشین به روش المان محدود مقدار تنش به وجود آمده در المان‌های آن بر اساس معیار فون-میسز محاسبه شد (شکل ۹- الف). مقدار جابجایی برای المان‌های اکسل نیز به روش المان محدود محاسبه شده (شکل ۹- ب) و بیشترین مقدار جابجایی برابر ۱/۱ میلیمتر به دست آمد. بیشترین مقدار تنش بر اساس معیار فون-میسز مربوط به گره شماره ۱۴۹۸ در محل اتصال شفت اکسل به توپی چرخ بوده و مقدار آن برابر ۱۳۹ مگاپاسکال به دست آمد (شکل ۸). با توجه به حداکثر تنش به دست آمده و تنش تسلیم فولاد ST37، ضریب اطمینان اکسل ماشین برابر با ۱/۸ محاسبه شد.



شکل ۸: نتایج حاصل از تحلیل اکسل ماشین و محل بیشترین مقدار تنش



شکل ۹: الف) مقدار تنش حداکثر المان‌های اکسل بر اساس معیار فون-میسز، ب) مقدار جابجایی المان‌های اکسل

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به طراحی و توسعه ماشین کودپاش سانتریفوژ کود دامی پرداخته شد که به صورت کشیدنی بوده و توان آن با استفاده از تراکتور تامین می‌شود. ظرفیت مخزن ماشین بر اساس سرعت حرکت تراکتور و نرخ پاشش برابر ۶ متر مکعب طراحی شد و شیب دیواره آن ۴۰ درجه در نظر گرفته شد. واحد پاشش ماشین شامل دو صفحه کودپران دوار بوده که در خلاف جهت یکدیگر می‌چرخند و کود را با عرض پاشش بیش از ۱۰ متر در سطح مزرعه پخش می‌کنند. پارامترهای مختلف صفحات کودپران از جمله زاویه گودی صفحه و وضعیت قرارگیری پره‌ها مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که با افزایش این زوایا عرض پاشش ماشین افزایش پیدا می‌کند. اکسل ماشین به روش المان محدود مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. مقدار حداکثر تنش به وجود آمده در اکسل بر اساس معیار فون-میسز برابر ۱۳۹ مگاپاسکال و ضریب اطمینان آن برابر ۱/۸ بدست آمد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش به سفارش شرکت مهرگان ماشین ایرانیان و حمایت معاونت علمی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد که بدین وسیله از همکاری ایشان تقدیر و تشکر می‌گردد.

مراجع

- احمدی، ی. شیخی آراسته، ا. احمدی مقدم، پ. ۱۳۹۱. اثر تعداد پره های تک دیسک مسطح چرخان و وضعیت قرارگیری آنها (شعاعی و غیر شعاعی) بر روی یکنواختی توزیع کوه‌های گرانوله. هفتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه شیراز.
- امیدی، ح. نقدی بادی، ح. ع. گلزاد، ع. ترابی، ح. فتوکیان، م. ح. ۱۳۸۸. تأثیر کود شیمیایی و زیستی نیتروژن بر



عملکرد کمی و کیفی زعفران. فصلنامه گیاهان دارویی. دوره ۸ (۲). ۹۸-۱۰۹.

۳. حسین‌زاده، م. قربانی، م. ۱۳۹۰. بررسی اقتصادی رفتار کشاورزان در استفاده از کودهای حیوانی در سطح مزرعه در

شهرستان اسفراین. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی). دوره ۲۵ (۳).

۴. سادین، ا. آق‌خانی، م. عباسپورفرد، م. ۱۳۸۸. طراحی دستگاه جمع‌آوری کود دامی. مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع

طبیعی. دوره ۱۶(۱). ۱۹۴-۲۰۲.

5. Duhovnik, J. Benedicic, J. Bernik, R. 2004. Analysis and design parameters for inclined rotors used for manure dispersal on broadcast spreaders for solid manure. Transactions of the ASAE, Vol 47(5). 1389-1404.
6. Graham, P. H. & Vance, C. P. 2000. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. Field Crops Research. Vol 65(2). 93-106.
7. Hao, L. V. Jianqun, Y. U. Hong, F. U. 2013. Simulation of the operation of a fertilizer spreader based on an outer groove wheel using a discrete element method. Mathematical and Computer Modeling. Vol 58(3). 842-851
8. Koko, J. & Virin, T. 2009. Optimization of a fertilizer spreading process. Mathematics and Computers in Simulation. Vol 79(10). 3099-3109.
9. Parris, K. & Reille, L. 1999. Measuring the environmental impacts of agriculture use and management of nutrients. The international fertilizer society congress, Proceedings (442).
10. Richard, G. B., and Keith, J. B. 2011. Shigley's mechanical engineering design. Tata McGraw-Hill Education. (Chapter 17)
11. Sharpley, A. N. McDowell, R. W. & Kleinman, P. J. 2004. Amounts, forms, and solubility of phosphorus in soils receiving manure. Soil science society of America journal. Vol 68(6)- 2048-2057.
12. Srivastava, A. K., Goering, C. E., and Rohrbach, R. P. 2006. Engineering principles of agricultural machines. (2nd ed.). American society of agricultural engineers.
13. Van Liedekerke, P. Tijsskens, E. Dintwa, E. Anthonis, J. Ramon, H. 2006. A discrete element model for simulation of a spinning disc fertilizer spreader I. Single particle simulations. Powder Technology. Vol 170(2). 71-85.
14. Van Liedekerke, P. Tijsskens, E. Dintwa, E. Anthonis, J. Ramon, H. 2009. DEM simulations of the particle flow on a centrifugal fertilizer spreader. Powder Technology. Vol 190(3). 348-360.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



Design, Construction and Evaluation of centrifugal manure spreader machine

Abstract

In sustainable agriculture, for improving soil quality and pollution removing from chemical fertilizers some methods such as crop rotation, biological control and animal manure can be used. Main problems regarding usage of animal manure are its distribution method on the field and low distribution width of spreader machines. Therefore, in this research design and construction of centrifugal manure distributor machine was presented. Spreading unit of machine was consisted of horizontal dual-plate propellers. The volume of hopper was 6 m^3 and the distribution width was designed for 10m and more. Effect of angle of blades (radial and non-radial) and cone shaped angle of plate was evaluated on performance of machine by dynamic equations. Axle system of machine was evaluated by finite element method. The result showed that distribution width of machine increased by increasing of blade angle and cone shaped angle of plates. The maximum stress and safety factor of axle system were 139MPa and 1.8, respectively.

Key Words: Centrifugal Spreader, Distribution Plate, Cone-Shaped Angle, Finite Element Method