تعیین ضریب اصطکاک استاتیکی کود جامد بدست آمده از دستگاه جداساز کود روی سطوح مختلف

احمد رضا صالحیون[۱]، سعید مینایی*[۲]، سید جلیل رضوی[۳] و حمید خفاجه[۱]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲- * دانشیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، minaee@modares.ac.ir
۳- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

ضریب اصطکاک استاتیکی و دینامیکی محصولات کشاورزی بر روی سطوح مختلف، در طراحی سیلوها و ساختمان‌های نگهداری، تجهیزات انتقال از قبیل تسمه نقاله‌ها و نقاله‌های مارپیچی و نیز در طراحی ماشین‌های انتقال و پخش کودهای جامد و نیمه جامد در مزرعه از نظر مصرف توان و یکنواختی پخش مورد نیاز می‌باشد. از تکنیک‌های مناسب مدیریت کودهای دوغابی در گاوداری‌ها، جداسازی بخش جامد و مایع کود بلافاصله در دامداری توسط جداسازهای مکانیکی کود است. در این تحقیق، ضریب اصطکاک استاتیکی کود جامد از دستگاه جداساز برای ۵ سطح رطوبت ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۱ درصد رطوبت (بر پایه تر) برای ۴ جنس تخته سه لایه، آلمینیوم، آهن و لاستیک (تسمه نقاله) تعیین شد. آزمایش ها در ۴ تکرار انجام شد. برای مقایسه ضرایب اصطکاک از طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد و نتایج نشان داد ضریب اصطکاک استاتیکی به طور معنا داری بین رطوبت‌های مختلف در سطح احتمال ۱٪ و بین جنس‌های مختلف تغییر می‌کند. افزایش رطوبت باعث افزایش معنی‌دار ضریب اصطکاک استاتیکی شد و در بین سطوح تماس، تخته سه لایه (۴۲/۷) بیشترین و ورق آهن سیاه (۳۳/۲) از کمترین میانگین زاویه اصطکاک استاتیکی برخوردار بوده است.

واژه‌های کلیدی: جداساز کود دامی، کود جامد جداساز، ضریب اصطکاک استاتیکی ، رطوبت

مقدمه

از چند دهه گذشته تا کنون ضمن تولید بالای محصولات دام و طیور، تولید انبوه فضولات دامی با رطوبت بالا یکی از اجزای جدا نشدنی این سیستم‌ها شده است. از دهه ۱۹۶۰ تاکنون برداشت کود از گاوداری‌ها به صورت مایع (دوغاب) طرفداران زیادی پیدا کرده است. فضولات گاوی تقریباً ۸۵ تا ۸۷٪ رطوبت دارند (قربانی و خسروی‌نیا، ۱۳۷۹). شکل سنتی و مرسوم مقابله با کودهای دامی و دوغابی خصوصاً در گاوداری‌ها، جمع آوری آن‌ها در اراضی کشاورزی رو باز یا اطراف گاوداری و رها کردن آن به حال خود به مدت ۶ ماه تا یکسال است که طی این مدت کود به صورت بیولوژیکی پوسیده می‌شود. از مضرات این روش نشت شیرابه‌های این مواد به آب‌هابی سطحی و زیر سطحی، تولید بوی بسیار آزار دهنده، از دست رفتن مواد مغذی و نیتروژن کود با پدیده دینیتریفیکاسیون و نیز متصاعد شدن گازهای متان و دی‌اکسید کربن است. افزون بر این، هزینه کارگری بالایی برای حمل و نقل کودهای دوغابی لازم است (Schofield, 1984).

از تکنیک‌های مناسب مدیریت این کودها، جداسازی بخش جامد و مایع کود بلافاصله در دامداری است. این کار با جداسازهای مکانیکی (سپراتور کود) انجام می‌شود که نوعاً شامل غربالی، سانتریفیوژ و فیلتراسیون فشاری است و دارای مزایای آسانی حمل و نقل و جابجایی کود، کاهش تهدید برای کیفیت منابع آب و خاک و کاهش نسبی بو است (Ford and Fleming, 2002). کود جامد آبگیری شده که به راحتی قابل حمل و نقل است، به عنوان کود آلی، اصلاح کننده خاک، مکمل خوراک و تغذیه مجدد به دام، بستر جایگاه دام و تهیه ورمی کپوست استفاده می‌شود و بخش مایع در آب آبیاری مزرعه قابل استفاده بوده و مزایای فضای انبارسازی کمتر، کاهش معنا دار بذر علف هرز، جذب سریع‌تر مواد مغذی را دارد. راندمان این وسایل بر اساس جذب مواد جامد کود بین ۲ تا ۵۰ ٪ بوده است (Fernandes et al., 1987).

ورمی کمپوست فرآیندی است که در آن کرم‌های خاکی و میکرواورگانیسم‌ها، مواد آلی را به یک هوموس غنی شده و کاملاً بی بو تبدیل می‌کنند. محصول تولیدی دارای خواص فیزیکی عالی برای پرورش گیاه است. از روش‌های دیگر مدیریت کودهای دامی تازه بازیافت، فرآوری و تولید محصولات فرعی است که شامل تمام اقدامات برای تبدیل کود جامد جداسازها، لجن و بیوماس به یک محصول ارزشمند به عنوان کودهای کشاورزی و خصوصاً گلخانه‌ای، خوراک دام و غیره می‌شود. لذا کودهای بدست آمده از جداسازهای کود کاربردهای بسیاری در تولید محصولات جدید دارند.

به منظور گسترش ماشین‌های انتقال و پخش کودهای جامد و نیمه جامد در مزرعه از نظر مصرف توان و یکنواختی پخش، نیاز به درکی بالا از تعامل و واکنش بین فرآورده‌های کود و سیستم‌های کاری ماشین است (Landry et al.,2002). ضریب اصطکاک استاتیکی و دینامیکی غلات و سایر محصولات کشاورزی بر روی سطوح مختلف در طراحی سیلوها و ساختمان‌های نگهداری، ادوات جابجایی و انتقال از قبیل تسمه نقاله‌ها و نقاله‌های مارپیچی و نیز در طراحی و تعیین بازده تجهیزات مورد استفاده در فرآوری پس از برداشت مورد نیاز می‌باشد. در اکسترودرهایی که وظیفه فشرده سازی مواد جامد و خشک را دارند و نیز در ناحیه تغذیه اکسترودرهای تزریق پلاستیک (مشابه دستگاه‌های پلت سازی کود)، به دلیل تماس ماده با بدنه استوانه و قیف ورودی اکسترودر، نیاز به تعیین ضرایب اصطکاک استاتیک و دینامیک ماده است. تاکنون تحقیقات متنوعی در مورد تعیین و بررسی زاویه استقرار استاتیکی بذور مختلف کشاورزی بر روی سطوح مختلف و در رطوبتهای متفاوت صورت گرفته‌است.

تحقیقات کمی بر روی خواص فیزیکی و جریانی کودهای دامی و فرآورده‌های آن انجام شده و غالباً تحقیقات روی کودهای مایع و دوغابی بوده است. Landry و همکاران در سال ۲۰۰۲ خواص اصطکاکی کودهای جامد و نیمه جامد که در طراحی ادوات جابجایی و پخش کودهای خشک مؤثرند، برای چهار نوع کود کود گاوی، گوسفندی، مرغی و خوکی بدست آوردند که این متغیرها بر اساس میزان محتوای جامد کود، مدلسازی شد. Landry و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی خواص فیزیکی، مکانیکی و جریانی کودهای جامد و نیمه جامد را با هدف ترویج تجهیزات اصلاح شده برای حمل و پخش کودهای جامد که امکان کنترل دبی، اعمال یکنواخت و بهینه کردن چرخه مواد مغذی خاک و گیاه می‌شود، بدست آورد و در طراحی ماشین به کار برد. رضایی فر (۱۳۸۷)

جهت تهیه پلت کود گاوی برخی خواص فیزیکی مانند رطوبت کود، توزیع اندازه ذرات کود پوسیده، وزن مخصوص ظاهری، حقیقی و تخلخل، ضریب اصطکاک استاتیکی، زاویه استقرار و نیز تنش برشی کود را بدست آورد.

ضریب اصطکاک استاتیکی تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله رقم محصول، محتوای رطوبتی محصول و جنس سطوح در تماس با محصول قرار می‌گیرد. بسیاری از محققان در آزمایشات خود ضمن تعیین ضریب اصطکاک (استاتیکی و دینامیکی) محصولات کشاورزی مشاهده کردند که ضریب اصطکاک با افزایش میزان محتوای رطوبتی بطور خطی افزایش می‌یابد. به عنوان مثال آشتیانی و همکاران (۱۳۸۷) در تعیین ضریب اصطکاک استاتیکی شلتوک بر روی صفحات مختلف در رطوبت‌های مختلف به این نتیجه رسیدند که با افزایش رطوبت ضریب اصطکاک افزایش می‌یابد. بطور کلی در اکثر آزمایشات انجام شده بر روی سطوح مختلف، مشاهده شد که ضرایب اصطکاک محصولات بر روی سطوح بتونی، چوبی و لاستیکی نسبت به سطوح فلزی و شیشه‌ای بیشتر می‌باشد (Chung and Verma, 1998).

با توجه به اینکه اطلاعات بسیار محدودی در مورد ضریب اصطکاک استاتیکی کودهای جامد حاصل از جداساز کود وجود دارد، در این تحقیق به بررسی و تعیین ضریب اصطکاک استاتیکی این ماده زیستی بر روی چهار سطح تماس رایج انتقال و حمل آن یعنی تخته سه لایه، آلمینیوم، آهن و لاستیک (تسمه نقاله)، در ۵ سطح رطوبتی خواهیم پرداخت.

مواد و روش‌ها

کود مورد استفاده، از یک جداساز مارپیچ فشارنده تجاری کود (Fan آلمان) از گاوداری برجیان شهرستان فلاورجان اصفهان با طول و عرض جغرافیایی (32°39'N و 51°43'E) تهیه گردید. کود جامد آبگیری شده از دستگاه جداساز کود معمولاً حاوی ۶۰ تا ۷۰ درصد رطوبت است که در معرض تابش خورشید قرار گرفته و رطوبت آن کاهش می‌یابد. رطوبت اولیه کود توسط آون دمای ۱۰۴ درجه سلسیوس و به مدت ۲۴ ساعت (ASAE S358.2, 1997) به میزان ۷۱ درصد تعیین شد و توسط فرمول ۱ با اضافه کردن آب، به سه سطح رطوبتی رسانیده شد:

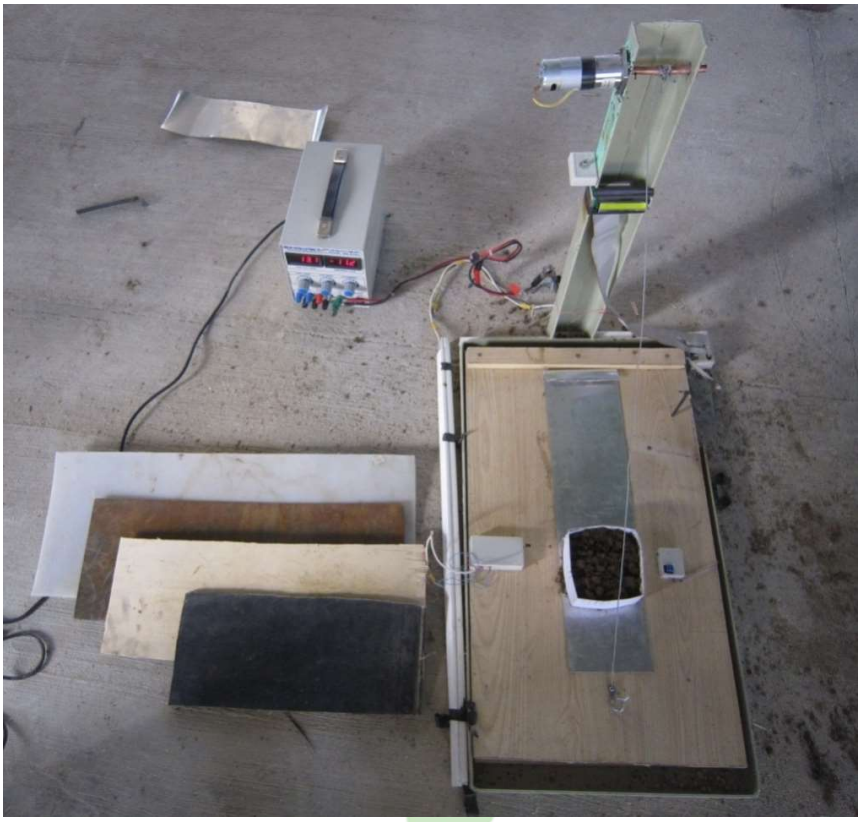
(۱)

$$W_{t2}=(\frac{1-M_1}{1-M_2})W_{t1}$$

که W_t وزن نمونه قبل از خشک شدن و M درصد رطوبت بر پایه تر است. سپس نمونه‌ها در کیسه های پلاستیکی ریخته شده وکاملاً مسدود شدند و به مدت دو روز در یخچال در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد تا به سطوح رطوبتی مطلوب و یکنواخت برسند.

ضریب اصطکاک استاتیکی را می‌توان با استفاده از دستگاه شیب سنج ساده تعیین کرد. برای این کار از دستگاه اندازه‌گیری خودکار زاویه اصطکاک استاتیک (شکل۱) استفاده شد. روش کار به این ترتیب بود که توده کود در یک جعبه به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰×۵۰ میلی متر ریخته می‌شد. جعبه طوری با فاصله چند میلی متر بالای سطح قرار می‌گرفت تا فقط کود با سطح در تماس باشد. موتور دستگاه با سرعت دورانی ثابتی شروع به چرخش و شیب دادن سطح توسط سیم بوکسل می‌کرد. به محض

لغزش جعبه، با عبور جعبه از یک سنسور چشمی، زاویه سطح شیبدار و تانژانت این زاویه ثبت می‌شد. تانژانت زاویه سطح شیبدار با افق در آستانه لغزش کود، بیانگر ضریب زاویه اصطکاک استاتیکی است. این آزمایش برای ۵ سطح رطوبت ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۱ درصد رطوبت برای ۴ جنس تخته سه لایه، آلمینیوم، آهن و لاستیک (تسمه نقاله) در ۴ تکرار برای هر آزمون انجام شد. برای مقایسه ضرایب اصطکاک از طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد، به طوری که جنس صفحات به عنوان تیمار و سطح رطوبت به عنوان بلوک در نظر گرفته شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد.



شکل ۱: دستگاه اتوماتیک اندازه‌گیری زاویه اصطکاک استاتیکی مواد

ضریب اصطکاک استاتیکی کود جامد جداساز

مقادیر ضریب اصطکاک استاتیکی برای چهار تیمار تخته سه لایه، آهن سیاه، لاستیک (تسمه نقاله) و آلومینیوم در جدول (۱) آمده است. ضریب اصطکاک استاتیکی به طور معنا داری بین رطوبت‌های مختلف در سطح احتمال ۱٪ و بین جنس‌های مختلف تغییر می‌کند (جدول۲). بیشترین ضریب اصطکاک مربوط به تخته سه لایه و کمترین مربوط به ورق آهن سیاه است.

جدول ۱: زاویه اصطکاک استاتیکی کود جامد جداساز

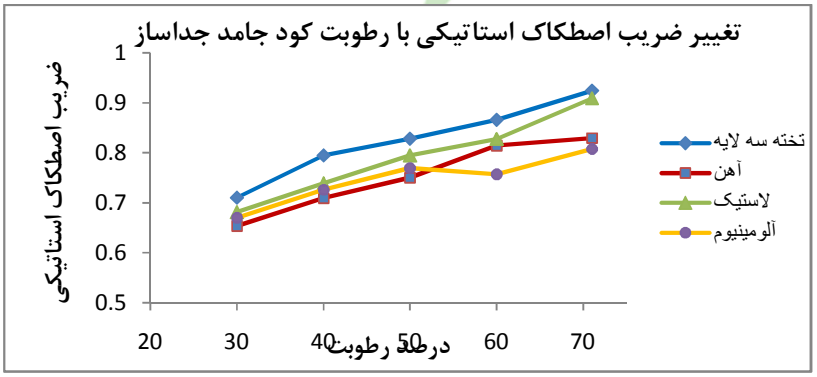
رطوبت	تخته	آهن	لاستیک	آلمینوم
۳۰	۳۵/۳۷	۳۳/۱۶	۳۴/۲۵	۳۳/۸۰
۴۰	۳۸/۴۷	۳۵/۳۵	۳۶/۴۴	۳۵/۹۹
۵۰	۳۹/۶۳	۳۶/۸۸	۳۸/۴۷	۳۷/۵۷
۶۰	۴۰/۸۹	۳۹/۱۵	۳۹/۶۲	۳۷/۱۰
۷۱	۴۲/۷۴	۳۹/۶۷	۴۲/۲۶	۳۸/۹۲

جدول ۲: جدول تجزیه واریانس مقایسه زاویه اصطکاک استاتیک کود جامد جداساز

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
بلوک (رطوبت کود)	۴	۰/۰۲۱**
تیمار (جنس صفحات)	۳	۰/۰۰۷**
اشتباه	۱۲	
کل	۲۰	

** معناداری در سطح احتمال ۱ درصد

شکل (۲) نمودار تغییرات ضریب اصطکاک استاتیکی را برای جنس‌های مختلف نشان می‌دهد. افزایش رطوبت کود باعث افزایش زاویه اصطکاک استاتیکی می‌شود به صورت خطی می‌شود. دلیل این امر وجود نیروهای چسبندگی و عکس العمل‌های مولکولی در سطح نظیر نیروهای واندروالسی و نیروهای بین فلزی است (Stroshine & Hamann, 1994). نتایج تحقیق با نتایج Landry و همکاران (۲۰۰۲) تفاوت داشت و کمتر بود، چرا که کود مورد آزمایش آنان از توده کود دست نخورده بود و همچنین ضریب اصطکاک به صورت غیر خطی (منحنی با تقعر مثبت) با رطوبت افزایش می‌یابد. اما کودهای جامد حاصل از جداساز حالت گرانوله و گلوله‌ای به قطر ۱ تا ۲ سانتی متر دارند و سطح تماس کمتری با سطح زیر خود ایجاد میکنند. روابط ریاضی بین میزان رطوبت و ضریب اصطکاک استاتیکی برای هر چهار جنس تخته سه لایه، لاستیک، ورق آهن و آلمینیوم در روابط (۲) تا (۵) مدلسازی شده است.



شکل۲: تغییرات ضریب اصطکاک استاتیکی با رطوبت برای چهار جنس سطح تماس

(۲)	تخته سه لایه	R^2 = ۰/۹۷۱	μ_s = ۰/۰۰۴ M.C + ۰/۵۷۸
(۳)	لاستیک نقاله	R^2 =۰/۹۸۹	μ_s = ۰/۰۰۵ M.C + ۰/۵۲۱
(۴)	ورق آهن	R^2 =۰/۹۶۹	μ_s –۰/۰۰۴ M.C +۰/۵۲۷
(۵)	ورق آلمینیوم	R^2 =۰/۸۷۸	μ_s =۰/۰۰۳ M.C +۰/۵۹۵

نتیجه‌گیری:

اثرات محتوای رطوبتی دانه و جنس سطح تماس بر ضریب اصطکاک استاتیکی کود جامد جداساز کود معنی‌دار می‌باشد (سطح احتمال ۱٪).

با افزایش محتوای رطوبتی دانه ضریب اصطکاک استاتیکی بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

در بین سطوح تماس، تخته سه لایه (۴۲/۷ درجه) و ورق آهن سیاه (۳۳/۲ درجه) از کمترین میانگین زاویه اصطکاک استاتیکی برخوردار بوده است.

منابع

۱- رضایی فر، ج. ۱۳۸۷. بررسی پارامترهای پلت کود گاوی جهت طراحی اکسترودر. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان.

۲- قربانی، غ و خسروی نیا، ح. ۱۳۷۹. اصول پرورش گاوهای شیرده. چاپ اول. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحه ۵۰۶.

3- ASAE. 1997. Moisture Measurement-forages, Data Sheet S358.2.

4- Chung, J and R. Verma. 1998. Determination of friction coefficient of beans and peanuts. Transection of ASAE. 32 (30), 745-750.

5- Fernandes, L., E. McKyes and L. Obidniak. 1987. Performance of a continuous belt microscreening unit for solid liquid separation of swine waste. Canadian Agricultural Engineering 30 (1): 151-155.

6- Ford, M. and R. Fleming. 2002. Mechanical Solid-liquid separation of livestock manure. Literature review. University of Guelph. Available from: http://mie.esab.upc.es/ms/informacio/residus... /Separator%20manure.pdf

7- Landry. H, C. Laguë, M. Roberge, and J. Agnew. 2004. Systems Engineering for Handling and Land Application of Solid and Semi-solid Livestock Manure. University of Saskatchewan. , Available at: www.cpc-ccp.com/documents/Lague_LEI_Final.pdf.

8- Landry. H, Laguë, C. , Roberge, M. , Alam. M. T. 2002. Physical and flow properties of solid and semi-solid manure as related to the design of handling and land application equipment. University of Saskatchewan. , Available at: www.engr.usask.ca/societies/csae/PapersAIC2002/CSAE02-214.pdf.

9- Mukhtar, S. 2012. Module 5: Animal Manure and Process-Generated Wastewater Treatment, Available online at: www.cals.ncsu.edu /waste_mgt/natlcenter/modules /Module%205.pdf .

10- Schofield, C. P. 1984. A review of the handling characteristics of agricultural slurries. Journal of Agricultural Engineering Research 30:101-109.

11- Stroshine, R., and D. Hamann. 1994. Physical Properties ol Agricultural Materials and Food Products, Publisher : R. Stroshine.

Determination of static friction coefficient for separator solid manure on different surfaces

Ahmad Reza Salehion[1], Saeid Minaei[1,*], Seyed Jalil Razavi[3] and Hamid khafajeh[1]

1 MSc Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, Tarbiat Modares University
2 Associate Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Tarbiat Modares University
3 Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Isfahan University of Tech.

Abstract

Static and dynamic friction coefficient on different crops are required in the design and construction of storage silos, handling equipment such as conveyors and spiral conveyors and transfer equipment to the design and distribution of manure in the field of solid and semisolid strength and uniformity. One of the suitable cattle slurry manure management techniques for the separation of solid and liquid manure on the farm immediately by the application of mechanical separators. In this study, the coefficient of static friction separator for solid manure moisture levels 5, 30, 40, 50, 60 and 71% moisture (wet basis) for 4 material: plywood, aluminum, steel and rubber (belt) was determined . Randomized complete block design was used to compare the coefficients of friction. Data were analyzed using SPSS software and the results showed that the coefficient of static friction between significantly different at the 1% level of moisture content varies between different materials. Increasing moisture content was significantly increased static coefficient of friction between the surfaces, was highest for plywood (42.7) and black iron plate (33.2) had the lowest mean friction angle.

Keywords: dairy manure slurry Static friction coefficient, manure separator, moisture content.