تعیین تنش تسلیم کود گاوی با استفاده از ویسکومتر پره‌ای

هیمن امیری[1]، محمدحسین کیانمهر[2]، اکبر عرب‌حسینی[2]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

2- دانشیار گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

Hemanamiri@ut.ac.ir

چکیده

متراکم سازی و تهیه ی پلت یکی از راه های موثر جهت استفاده بهینه، کاهش هزینه ی حمل و نقل و افزایش صرفه اقتصادی در استفاده از مواد زیست توده است . شناخت خصوصیات رئولوژیکی زیست توده برای طراحی ادوات فشار ده ندہ با انرژی کافی و تعیین تأثیر متغیرهای مختلف بر روی چگالی و دوام پلت ها، همچنین بهینه سازی فرآیند پلت سازی، ضروری است . خصوصیات رئولوژیکی یک ماده خمیری اکسترود شده به خصوصیات ماده و محتوای رطوبتی خمیر تولیدی ورودی به اکسترودر بستگی دارد.لذا در این تحقیق د ستگاه ویسکومتر پره ای برای تعیین خصوصیات رئولوژیک مواد زیست توده طراحی و ساخته شد . دور خروجی الکتروموتور توسط اینکودر و نیروی وارده از طرف مواد به پره توسط لودسل نوع خمشی اندازه گیری و از طریق دیتالاگر طراحی شده به کامپیوتر منتقل شد . کود گاوی ابتدا آسیاب و سپس با استفاده از الک های استاندارد، اندازه‌بندی گردید و از مواد با قطر کمتر از 0/6 میلیمتر جهت انجام آزمایشات استفاده شد . آزمایشات در سه سطح رطوبت 35٪، 40٪ و 45٪ و سه سرعت 0/1، 0/2 و 0/3 دور در دقیقه چرخش ظرف ویسکومتر انجام گرفت . نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر رطوبت و دور بر روی صفات اندازه گیری شده با استفاده از نرم افزار SAS نشان داد که سرعت چرخش ظرف ویسکومتر تأثیر معنی داری بر روی هیچکدام از صفات اندازه گیری شده نداشت . اثر مستقل رطوبت بر روی کلیه صفات در سطح 1٪ معنی‌دار بود. همچنین نتایج نشان داد اثر متقابل رطوبت و دور بر روی هیچکدام از صفات معنی دار نشد. بیشترین تنش تسلیم در رطوبت 35٪ و سرعت چرخش 0/1 دور در دقیقه و کمترین مقدار تنش برشی در رطوبت 40٪ و سرعت چرخش 0/1 دور در دقیقه حاصل گردید.

کلمات کلیدی: تنش برشی، تنش تسلیم، کود گاوی، گشتاور، همزن-ورزدهنده، ویسکومتر پره‌ای

مقدمه

زیست توده (بایومس) عبارتست از مواد غیر فسیل و مواد زیست تخریب پذیر با منشاء آلی از گیاهان، جانوران و میکروارگانیسم‌ها. زیست توده همچنین شامل گازها و مایعات بازیافتی از تجزیه مواد آلی و زیست تخریب پذیر غیر فسیلی نیز می‌شود [Crocker, 2010].

رطوبت و حجم زیاد و نیز یکسان نبودن مواد متشکله، از جمله عوامل محدود کننده استفاده از مواد زیست توده خصوصاً کودهای دامی و کمپوست حاصل از زباله شهری است . در حالت طبیعی به علت پایین بودن چگالی، حمل و -

نقل این کودها مشکل و پرهزینه است، متراکم سا زی و تهیه‌ی پلت یکی از راه های موثر جهت استفاده بهینه، کاهش هزینه حمل و نقل، افزایش صرفه اقتصادی و مدیریت توزیع در استفاده از این نوع مواد است [Adapa et al., 2003].

برای محاسبه فرآیند فشردن و تعیین قدرت لازم، دانستن خواص فیزیکی و رئولوژیکی مواد و عوامل مؤث ر در تجهیزات فشاری یا شکل‌گیری ضروری می‌باشد [Sitkey, 1986].

تنش تسلیم ممکن است به عنوان کمترین تنش برشی مورد نیاز برای شروع جریان تعریف شود . تنش تسلیم با در نظر گرفتن این نکته که آیا همه مواد زمان کافی یا دستگاه خیلی دقیقی جهت اندازه گیری دارند به یک چالش تبدیل می‌شود [Steffe, 1996].

روش پره (ویسکومتر پره‌ای) به دلیل سهولت و سادگی یکی از معمول ترین روش‌های تعیین مقاومت برشی و تنش تسلیم در آزمایشگاه‌ها برای مواد خمیری و پودری می‌باشد. در این روش فرض بر اینست که توده مواد قرار گرفته درون ظرف، یک مقاومت پیچشی در تمام سطوح ظرف در مقابل چرخش ایجاد می‌کند و این مقاومت بر روی یک پره با طول و قطر مشخص قابل اندازه‌گیری است [Amiri et al., 2012].

بنابراین هدف از انجام این تحقیق تعیین مقادیر ماکزیمم گشتاور، تنش برشی و تنش تسلیم مواد زیست توده و به صورت مشخص کود گاوی باستفاده از ویسکومتر پره‌ای جهت طراحی ادوات پلت کننده از نوع اکسترودر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نحوه‌ی آماده سازی کود گاوی جهت آزمایش

کود دامی مورد استفاده در این تحقیق از محل دپو کود گاو پوسیده در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در شهرستان پاکدشت تهیه گردید. ابتدا کود توسط یک آسیاب چکشی کاملا خرد شد. برای تعیین محتوای رطوبت اولیه کود گاوی، سه نمونه 100 گرمی از کود طبق استاندارد ASAE S358.2 در داخل آون با دمای $103\pm3^{\circ}C$ به مدت 48 ساعت قرار داده شد [Anonymous, 1998]. با استفاده از رابطه‌ی (1) محتوای رطوبت نمونه بر پایه‌ی تر تعیین گردید.

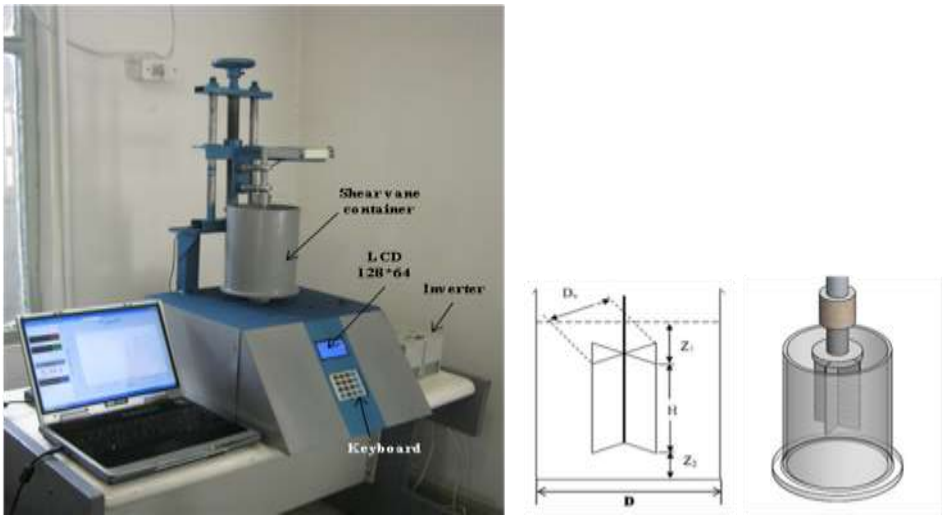
$$M_{w.b.}\% = \frac{w_w}{w_t} \times 100 = \frac{w_w}{w_w + w_d} \times 100 \qquad (1)$$

$M_{w.b.}$= رطوبت کود بر مبنای تر (٪)؛ W_w= وزن آب موجود در کود؛ W_t= وزن کل کود؛ W_d= وزن ماده خشک کود.

اندازه، پراکنش و شکل ذرات کود نقش مهمی در پدیده پلت شدن و خواص بعد از آن دارند، براین طبق استاندارد [ASTM E-11-70 Part 41] مواد مش بندی شدندو جهت انجام آزمایشات از ذرات کودی که از غربال با مش 50 رد شده بودند، استفاده گردید.

نحوه استفاده از ویسکومتر پره‌ای جهت تعیین خصوصیات رئولوژیکی خمیر مواد زیست توده (کود گاوی)

در این تحقیق دستگاه ویسکومتر پره‌ای جهت تعیین تنش تسلیم مواد زیست توده در پردیس ابوریحان طراحی و ساخته شد و برای تعیین گشتاور ماکزیمم و نیروی برشی از یک پره با چهار تیغه استفاده شد (شکل 1).



شکل 1 ویسکومتر پره‌ای و قسمت‌های اصلی آن [Amiri et al., 2012]

طرز کار دستگاه به این صورت است که پس از ریختن مواد داخل ظرف و تعیین دور دستگاه به وسیله تغییر فرکانس اینورتور، با زدن همزمان کلید استارت بر روی اینورتور و صفحه کلید دستگاه ظرف آزمایش شروع به چرخیدن می‌کرد. سرعت چرخش ظرف توسط اینکودر و نیروی وارده از طرف مواد داخل ظرف به پره توسط لودسل قرائت شده و به داخل نرم‌افزار دستگاه ریخته می‌شد.

تفاوت این دستگاه با دستگاه‌های مشابه در این بود که به جای چرخش پره، ظرف به چرخش درآمده و مواد قرار گرفته در فضای بین پره و ظرف، در اثر چرخش ظرف ویسکومتر به پره نیرو وارد می کنند که این نیرو در اهرم بازوی لودسل ضرب و گشتاور قرائت می‌گردد.

آنالیز رئولوژیکی در ویسکومتر پره‌ای

به منظور محاسبه خواص رئولوژیک کود از روابط زیر استفاده شد. تنش برشی از رابطه 2 محاسبه گردید.

$$\tau = \frac{0.86\ M}{\pi D_v^3} \qquad (2)$$

که در این رابطه : τ= تنش برشی (Pa)؛ M= گشتاور ماگزیمم (N.m)؛ D_v= قطر پره‌ی ویسکومتر (m) است [Karmakar and Kushwaha, 2007].

گشتاور کل با استفاده از رابطه 3 محاسبه گردید.

$$M_0 = M_c + M_h = \frac{\pi\sigma_0 D_v^3}{2}\left(\frac{H}{D_v}+\frac{1}{6}\right) \quad (3)$$

در این رابطه D_v، قطر پره (m) و H طول پره (m) هستند که در شکل 1 مشخص شده‌اند و σ_0 تنش تسلیم می-باشد که از رابطه 4 تعیین گردید [Tanjore, 2005]؛

$$\sigma_0 = \frac{2M_0}{\pi D_v^3}\left(\frac{H}{D_v}+\frac{1}{6}\right)^{-1} \quad (4)$$

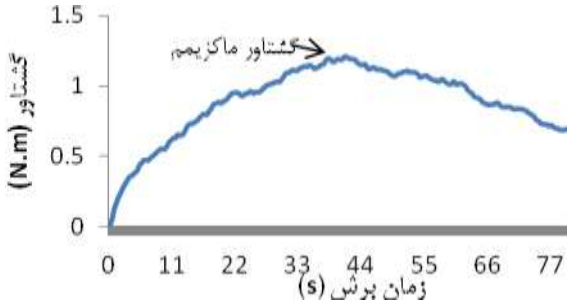
محاسبات آماری

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف رطوبت و سر عت چرخش ظرف ویسکومتر بر خصوصیات رئولوژیکی کود گاوی آزمایش فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی در سه سرعت چرخش ظرف ویسکومتر (0/1، 0/2 و 0/3 دور در دقیقه) و سه سطوح رطوبت (35٪، 40٪ و 45٪) و سه تکرا انجام شد.

نتایج و بحث

تعیین گشتاور ماکزیمم

شکل 2 رابطه گشتاور نسبت به زمان برش به وسیله دستگاه ویسکومتر پره ای را نشان می‌دهد. گشتاوری که در آن کود خمیری گسیخته می شود به عنوان گشتاور ماکزیمم انتخاب شد و تنش برشی ناشی از این گشتاور، به عنوان مقاومت برشی کود گاوی گزارش گردید . با ادامه چرخش ظرف تنش برشی کاهش می یابد نهایتاً به یک مقدار نسبتاً ثابت می‌رسد. که نتایج این بخش با نتایج کارماکار که با استفاده از یک ویسکومتر پره ای خواص رئولوژیکی خاک را محاسبه کرده بود مطابقت دارد [Karmakar and Kushwaha, 2007].



شکل 2 گشتاور برشی کود گاوی با محتوای رطوبتی 40٪ و چرخش ظرف 0/1 دور در دقیقه

تأثیر محتوای رطوبت و دور ظرف ویسکومتر بر روی گشتاور، تنش تسلیم و تنش برشی خمیر کود گاوی

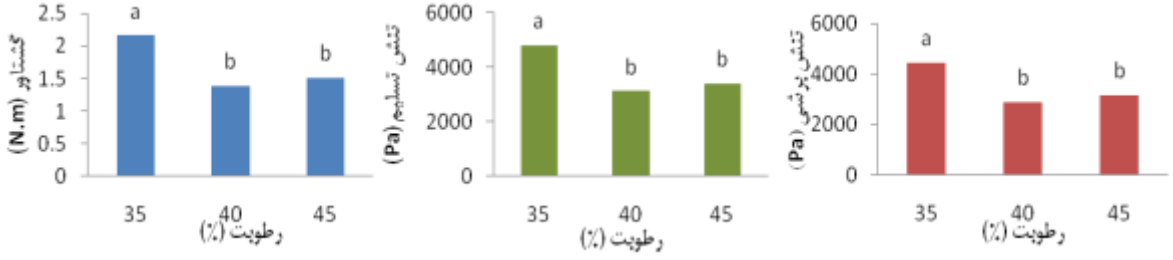
نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر رطوبت و دور ظرف بر روی صفات اندازه گیری شده نشان داد که سرعت چرخش ظرف ویسکومتر تأثیر معنی داری بر روی هیچکدام از صفات اندازه‌گیری شده نداشت. اثر مستقل رطوبت بر روی کلیه صفات در سطح 1٪ معنی‌دار بود. همچنین نتایج نشان داد اثر متقابل رطوبت و دور بر روی هیچکدام از صفات معنی‌دار نشد (جدول 1).

جدول 1 تجزیه واریانس بررسی تأثیر رطوبت و دور ویسکومتر بر روی گشتاور، تنش تسلیم و تنش برشی کود گاوی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات صفات		
		گشتاور	تنش تسلیم	تنش برشی
دور (rpm)	2	0/093^{ns}	390113/02^{ns}	334292/44^{ns}
رطوبت	2	1/56**	7253055/53**	6250953/01**
دور× رطوبت	4	0/17^{ns}	727658/27^{ns}	623582/69^{ns}
خطا	18	0/128	640280/34	554910/37
ضریب تغییرات	-	21/27	21/30	21/31

*و **- به ترتیب معنی دار در سطح احتمال 5٪ و 1٪ و ns غیرمعنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین اثر مستقل رطوبت بر گشتاور ، تنش تسلیم و تنش برشی نشان داد که بیشترین گشتاور، تنش تسلیم و تنش برشی در رطوبت 35٪ بدست آمد، که با تیمارهای 40٪ و 45٪ تفاوت معنی‌داری در سطح 5٪ نشان داد. همچنین نتایج نشان داد با افزایش رطوبت از 35٪ به 40٪، گشتاور، تنش برشی و تنش تسلیم کاهش پیدا کرد. تغییرات گشتاور، تنش تسلیم و تنش برشی در رطوبت‌های 40٪ و 45٪ تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل 3).



شکل 3 تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر گشتاور، تنش تسلیم و تنش برشی ماکزیمم کود گاوی در آزمون پره

مقایسه میانگین اثر تیمارهای اعمال شده نشان داد که بیشترین مقدار تنش تسلیم ماگزیمم در رطوبت 35٪ و سرعت چرخش 0/1 دور در دقیقه به دست آمد و کمتر ین مقدار تنش تسلیم ماگزیمم در رطوبت 40٪ و سرعت چرخش 0/1 دور در دقیقه حاصل گردید . نتایج مشابهی برای بیشترین گشتاور و تنش برشی ماگزیمم نیز حاصل گردید.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر رطوبت و دور بر روی صفات اندازه گیری شده نشان داد که سرعت چرخش ظرف ویسکومتر تأثیر معنی داری بر روی هیچکدام از صفات اندازه‌گیری شده نداشت. اثر مستقل رطوبت بر روی کلیه صفات در سطح 1٪ معنی‌دار بود. بیشترین گشتاور، تنش برشی و تنش تسلیم در رطوبت 35٪ و سرعت چرخش 0/1 دور در دقیقه و کمترین مقدار گشتاور ماکزیمم، تنش برشی و تنش تسلیم در رطوبت 40٪ و سرعت چرخش 0/1 دور در دقیقه حاصل گردید.

منابع

Adapa, P. K., Schoenau, G. J., Tabil, L. G., Sokhansanj, S. and Crerar, B. J. 2003. Pelleting of fractionated alfalfa products. ASABE Paper No.036069. ASABE, St. Joseph, MI.

Amiri, H., Arabhosseini, A., Kianmehr, M. H. 2012 .Determination of some rheological properties of cow manure using a shear vane .Egypt. Acad. J. Biolog. Sci., 4(1): 59-68.

Anonymous. 1998. ASAE Standards. S269.4 Cubes, Pellets and Crumbles-Definitions and Methods for Determining Density, Durability and Moisture Content ASAE DEC96. Standard S358.2 Moisture Measurement-forages. ASAE, St. Joseph, MI.

ASTM E-11-70 (Part 41) and U.S. National Bureau of standards official sieve designations.

Crocker, M, 2010. Thermochemical Conversion of Biomass to Liquid Fuels and Chemicals, Center for Applied Energy Research, University of Kentucky, Lexington, KY 40511, USA. Pp:13-17.

Karmakar, S. and Kushwaha, R.L. 2007. Development and laboratory evaluation of a rheometer for soil visco-plastic parameters. Journal of Terramechanics, 44, 197–204.

Sitkey, G. 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Budapest, Elsevier Science Publishers. Pp: 420-438.

Steffe, J.F. 1996. Rheological Methods in Food Process Engineering, Second Edition, Freeman Press, East Lansing, pp. 428.

Tanjore, D. 2005. A new application for Brookfield viscometer: viscoelastic property determination. Thesis to the Graduate Faculty of North Carolina State Univ., 127 Withers Hall, Box 7624, Raleigh, NC 27695-7624.