تعیین خواص فیزیکی کود کمپوست حاصل از زباله های شهری به منظور تهیه پلت های کمپوست(۲۳۸)

سینا مودتی [۱] ، محمدحسین کیانمهر [۲] ، ایرج الله دادی [۳] ، سید رضا حسن بیگی [۲]

چکیده

تعیین خواص فیزیکی کمپوست حاصل از زباله های شهری برای تعیین پارامترهای لازم به منظور طراحی دستگاه های مناسب جهت تهیه پلت های کمپوست ضروری است. هدف این مطالعه تعیین خواص فیزیکی کمپوست حاصل از زباله های شهری مانند چگالی حجمی، زاویه استقرار طبیعی، ضریب اصطکاک و تخلخل می باشد. خواص فیزیکی کمپوست حاصل از زباله شهری برای نوع ریز[۴] در سطح رطوبتی ۱۵ درصد در اندازه طبیعی و سه سطح اندازه مش بندی ۱۰، ۳۰ و ۱۰۰منفذ بر اینچ مربع محاسبه شدند. با توجه به جدول تجزیه واریانس متغیرها (ANOVA) نرم افزار آماری SAS اثر فاکتور مش بندی در تعیین زاویه استقرار طبیعی به روش پر کردن[۵] معنی دار نبود ولی برای روش تخلیه کردن[۶] در سطح یک درصد معنی دار بود. همچنین اثر فاکتور مش بندی روی ضریب اصطکاک کود کمپوست بر روی چهار سطح اصطکاکی آهن، آلومینیوم، تفلون و تخته سه لایه معنی دار بود. در آنالیز وزن مخصوص حقیقی مشخص گردید که اثر فاکتورهای مش بندی، رطوبت و فشار روی چگالی پلت تهیه شده معنی دار است. بر طبق نتایج به دست آمده در این مطالعه، استفاده از کمپوست با تخلخل کمتر، مش ۱۰۰، رطوبت ۲۵ درصد و فشار ۵۳ بار به تهیه پلت های بهتر می انجامد.

کلیدواژه: کمپوست، چگالی حجمی، زاویه استقرار طبیعی، ضریب اصطکاک، تخلخل

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشورزی دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، پست الکترونیک: Smavaddati@Gmail.com
۲- استادیاران گروه مکانیک شین های کشاورزی دانشگاه تهران،پردیس ابوریحان
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران،پردیس ابوریحان

4 - Fine
5 - Filling
6 - Emptyin

۱- مقدمه

یکی از مهمترین مسائلی که در جوامع مختلف مد نظر کارشناسان قرار گرفته و روز به روز به صورت حادتری بروز می کند، مسئله جمع آوری، نگهداری و فرآوری زباله های شهری است که با افزایش روز افزون جمعیت اهمیت این مسئله بیشتر می شود. عدم توجه به ایجاد روش های مناسب برای دفع مناسب این زباله ها می تواند خطری برای بشریت و طبیعت محسوب شود. به این منظور کارهای مختلفی را می توان بر روی زباله انجام داد همانند سوزاندن، دفن کردن، تبدیل به مواد قابل استفاده هستند بازیافت، کمپوست، و غیره. در مرحله فرآوری، تبدیل مواد آلی زباله های شهری به کمپوست از اهمیت زیادی برخوردار است، چرا که می توان از ماده ای به ظاهر بی ارزش هستند زباله، ماده ای با ارزش همانند کمپوست را به دست آورد که موارد استفاده گسترده ای به خصوص در کشاورزی و باغداری دارد. کمپوست عبارت است از بقایای گیاهی و حیوانی، زباله های شهری و یا لجن فاضلاب که تحت شرایط پوسیدگی قرار گرفته باشند، بطوری که مواد سمی آنها از بین رفته، مواد پودر شده و فرم اولیه خود را از دست داده باشند. به منظور استفاده بهینه کود کمپوست می توان کود کمپوست را به پلت[۱]های کود کمپوست تبدیل کرد (شکل۱). از جمله مزایایی که تبدیل کود کمپوست به پلت های کمپوست دارد عبارتند از:

۱- کاهش فضای نگهداری به علت خاصیت تراکم پذیری
۲- مناسب برای بخش مکانیزاسیون و سازگار با ادوات کشاورزان در هنگام کاشت یا پراکنده کردن
۳- قابل استفاده در مناطق مسکونی به علت عدم تولید گرد و غبار و آلودگی محیط
۴- افزایش دقت در هنگام کار با کود پاش و کاهش مصرف کود های آلی
۵- قابل استفاده به همراه ماشین های کاشت و عدم نیاز به عملیات جداگانه
۶- مناسب برای حمل و نقل به مسافت های دور
۷- امکان نگهداری به مدت طولانی
۸-اضافه کردن مواد شیمیایی موثر همچون کودهای شیمیایی و ریز مغذی ها به پلت

تهیه پلت یکی از راه های موثر جهت استفاده بهینه، کاهش هزینه حمل و نقل و افزایش صرفه اقتصادی در استفاده از کمپوست حاصل از زباله های شهری است. برای تهیه پلت هایی با شرایط مناسب، آگاهی از خواص فیزیکی کمپوست حاصل از زباله های شهری ضروری می باشد. بنابراین هدف این مطالعه تعیین چگالی ظاهری، زاویه استقرار طبیعی، ضریب اصطکاک و تخلخل کود کمپوست ریز می باشد.

شکل ۱. تصویر پلت های تهیه شده از کود کمپوست

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیه کمپوست

کمپوست مورد استفاده در این مطالعه، از نوع کمپوست ریز می باشد. کمپوست مورد نیاز برای این مطالعه از کارخانه تولید کمپوست واقع در شهرستان کهریزک تهران تهیه شد. توزیع اندازه ذرات در این نمونه کمپوست با استفاده از سه نمونه الک با اندازه ۱۰، ۳۰ و ۱۰۰ منفذ بر اینچ مربع مورد بررسی قرار گرفت و درصد وزن مرتبط با هر کدام از الک ها محاسبه گردید. ابعاد منافذ این الک ها بر اساس استاندارد های ASTM در جدول (۱) آورده شده است [۹].

۱Pellet

جدول ۱. ابعاد منافذ الک های مورد استفاده بر اساس استاندارد ASTM E-11-70 (Part 41)

اندازه الک	۱۰۰	۳۰	۱۰
قطر منافذ (میلی تر)	۰/۱۵	۰/۶	۲

محتوای رطوبت کمپوست مورد استفاده به میزان ۱۵ درصد بر پایه خشک بوده است که از قرار دادن نمونه های کمپوست در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد آون به مدت ۵ ساعت و تا زمانی که وزن ثابتی به دست بیاید[۱۰]، بر طبق رابطه زیر محاسبه شده است.

$$MC = \frac{W_1 - W_2}{W_2}$$ رابطه (۱)

MC = رطوبت بر پایه خشک بر حسب درصد، W_1 = وزن اولیه بر حسب گرم و W_2 = وزن ثانویه بر حسب گرم

۲-۲- نحوه تعیین تخلخل کمپوست

تخلخل عبارتست از نسبت فضای خلل و فرج به کل حجم اشغال شده توسط ماده. برای تعیین تخلخل کمپوست از روشی مشابه با روش سطل ۵ گالنی استفاده شده است [۱]. در این روش ۲ لیتر آب در یک ظرف ریخته شده و سطح آب در داخل سطح داخلی مخزن علامت گذاری می شود. بعد از خالی کردن آب، ظرف را تا یک سوم با کمپوست پر می کنیم و سطل را ۱۰ بـ ر از ارتفاع ۱۵ سانتی متری زمین رها می کنیم، سپس ظرف را تا دو سوم حجم مورد نظر پر کرده و بار دیگر ۱۰ بار از ارتفاع ۱۵ سانتی متری زمین رها می کنیم و این کار را برای بار سوم تکرار کرده و نهایتاً ظرف را تا حجم مورد نظر پر می کنیم. بعد از انجام مراحل قبل سطل را با آب پر کرده تا آب خلل و فرج موجود در کمپوست را پر کرده و به خط مورد نظر برسد. سپس حجم آب اضافه شده را یادداشت کرده و از رابطه زیر تخلخل را محاسبه می کنیم.

$$p = \frac{V_1}{2} \cdot 100$$ رابطه (۲)

p = تخلخل بر حسب درصد و V_1= حجم آب اضافه شده بر حسب لیتر

۲-۳- تعیین چگالی حجمی کمپوست

چگالی حجمی به جرم در واحد حجم ماده داده شده اشاره دارد. برای اندازه گیری چگالی ظاهری کمپوست یک سطل ۲۰ لیتری را وزن کرده و جرم آنرا یادداشت می کنیم. سپس ظرف را با کمپوست پر کرده و مجدداً وزن می کنیم. چگالی حجمی از تقسیم جرم ماده بر حجم ماده به دست می آید [۲،۳].

$$\rho = \frac{M}{V_2}$$ رابطه (۳)

ρ = چگالی حجمی کمپوست بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب، M = جرم کمپوست بر حسب کیلوگرم و V_2 = حجم کمپوست بر حسب مترمکعب

۲-۴- تعیین زاویه استقرار طبیعی کمپوست

زاویه استقرار طبیعی عبارتست از ماکزیمم زاویه از سطح افق که یک ماده روی سطح مورد نظر بدون سر خوردن یا غلطیدن قرار بگیرد. به بیان دیگر این زاویه مابین لبه توده ماده و سطح افق تحت فشار نرمال صفر تعریف می شود. در این مطالعه زاویه استقرار طبیعی در دو روش پر کردن و تخلیه کردن محاسبه شده است.

شکل ۲. اندازه گیری زاویه استقرار طبیعی کود کمپوست

در روش پر کردن که توسط بومن (۱۹۹۲) تعریف شده است [۴] ، ابتدا کمپوست را در یک استوانه به قطر تقریبی ۱۵ سانتی متر ریخته و به آرامی استوانه را بالا می کشیم تا کمپوست به طور طبیعی یک مخروط را تشکیل دهد. در روش تعریف شده توسط بومن (۱۹۹۲) می توان توسط رابطه (۲) پارامتر مورد نظر را محاسبه کرد.

رابطه (۴)

$$\theta_f = \tan^{-1}\left[\frac{h}{100}\right]$$

θ_f = زاویه استقرار طبیعی و h = ارتفاع مخروط بر حسب سانتی متر

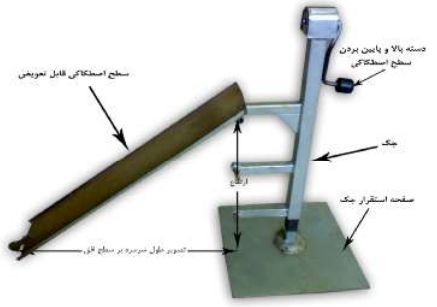
در این مطالعه سعی شده است تا از طریق عکسبرداری توسط دوربین دیجیتال و محاسبه زاویه به صورت نرم افزاری پارامتر مربوطه محاسبه شود. به همین منظور بعد از تشکیل مخروط طبیعی کمپوست، دوربین را روی سطح هم تراز با قاعده مخروط کمپوست تشکیل شده قرار داده و پس از عکس برداری، از طریق نرم افزار AutoCAD مطابق با شکل (۲) دو خط را دقیقاً بر روی یال های مخروط و خط سوم را منطبق با قاعده مخروط ترسیم کرده و سپس زاویه تشکیل شده بین قاعده و یال های مثلث تشکیل شده را قرائت می کنیم. اما در روش تخلیه کردن استوانه مورد نظر را از ارتفاع ۳۰ سانتی متری آویخته و انتهای آن را با یک صفحه فلزی می پوشانیم و کمپوست را در آن ریخته و صفحه فلزی را ناگهان کشیده تا کمپوست یک مخروط را تشکیل داده و نهایتاً توسط روش بالا و عکسبرداری توسط دوربین دیجیتال زاویه مورد نظر را به دست می آوریم.

۲-۵- ضریب اصطکاک

ضریب اصطکاک نسبت نیروی اصطکاک محدود کننده به نیروی نرمال متناظر است. برای اندازه گیری ضریب اصطکاک از یک دستگاه سرسره مانند (شکل ۳) استفاده می شود که سطوح اصطکاکی مورد استفاده در آن عبارتند از: آهن، آلومینیوم، تفلون و تخته سه لایه. در این دستگاه برای تعیین زاویه ای که در آن کمپوست شروع به سر خوردن می کند، ابتدا یک قاب فلزی به طول ضلع حدود ۱۰ سانتی متر را در نظر گرفته و کمپوست را در آن ریخته و سپس قاب مورد نظر را کمی بالا آورده تا از تماس قاب فلزی با سطح سرسره جلوگیری شود. سپس با چرخاندن اهرم روی دستگاه، زاویه را افزایش داده تا ماده مورد استفاده شروع به حرکت کرده و سپس با اندازه گیری ارتفاع و طول مثلثی که وتر آنرا طول سرسره تشکیل می دهد، بر طبق رابطه (۵) ضریب اصطکاک به دست می آید [۶،۷،۸].

رابطه (۵)

$$\propto = \tan\theta$$



شکل ۳. دستگاه اندازه گیری ضریب اصطکاک

۲-۶- تعیین وزن مخصوص حقیقی کمپوست

وزن مخصوص حقیقی کمپوست را بایستی با اعمال فشار به کمپوست و خارج کردن هوا و از بین بردی خلل و فرج تا حد ممکن و وارد کردن ذرات کمپوست درون یکدیگر، به دست آورد. برای همین منظور از یک پرس هیدرولیکی (شکل ۴) برای فشردن کمپوست به داخل قالب[۱] های مربوطه استفاده می شود (شکل ۵).

۱ Die

شکل ۴. دستگاه پرس هیدرولیک جهت فشردن کمپوست

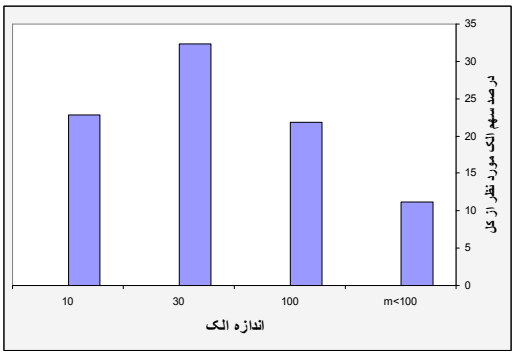
شکل ۵. نمونه قالب مورد استفاده شامل سیلندر و پیستون

به منظور به دست آوردن حجم مخصوص حقیقی کمپوست، مقداری کمپوست را در داخل قالبی با قطر داخلی ۱۵ میلیمتر ریخته و تحت فشار متوالی قرار می دهیم تا جایی که در دو فشار متوالی تغییر حجم پلت تولید شده برابر صفر باشد. در این حالت می توانیم وزن مخصوص حقیقی کمپوست را با استفاده از رابطه (۳) به دست آوریم. داده ها در نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نمودارها در نرم افزار Excel ترسیم شده اند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مش بندی

نتایج به دست آمده از مش بندی کود کمپوست با استفاده از سه نوع الک با اندازه ۱۰، ۳۰ و ۱۰۰ منفذ بر اینچ مربع در شکل (۶) نشان داده شده است. با توجه به داده های به دست آمده از مش بندی کود مورد استفاده، مشخص شد که در کود کمپوست مورد نظر بیشترین درصد اندازه ذرات مربوط به ذرات بزرگتر از الک ۳۰ و کوچکتر از الک ۱۰ و کمترین درصد مربوط به ذرات کوچکتر از الک ۱۰۰ بوده است. بدیهی است که هر چه اندازه ذرات بزرگتر باشد، باد بردگی ذرات کاهش می یابد.



شکل ۶. درصد ذرات کمپوست ریز و درشت

۳-۲- تخلخل و چگالی حجمی

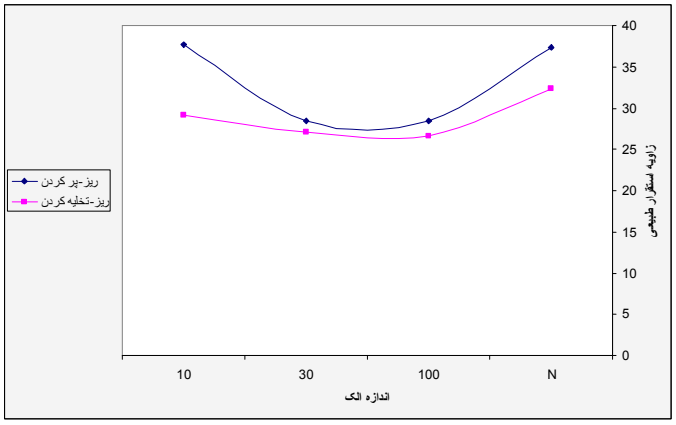
با توجه با روشهای مورد استفاده برای تعیین تخلخل و چگالی حجمی، نتایج به دست آمده در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲. تخلخل و چگالی حجمی برای کمپوست ریز و درشت

پارامتر	چگالی حجمی	تخلخل
واحد	kg/m^3	٪
کمپوست	۹۴۰	۳۹

۳-۳- زاویه استقرار طبیعی

نتایج به دست آمده از محاسبه زاویه استقرار طبیعی با استفاده از دو روش پر کردن و تخلیه کردن که توسط روش عکس برداری با دوربین دیجیتال و تعیین زاویه مورد نظر به صورت نرم افزاری انجام شد، در نمودار شکل (۷) نشان داده شده است. در این نمودار محور افقی نشان دهنده اندازه الک مورد استفاده و محور عمودی نشان دهنده زاویه استقرار طبیعی به دست آمده برای کود کمپوست است.



شکل ۷. نمودار تغییرات زاویه استقرار طبیعی برای کود کمپوست با استفاده از دو روش پرکردن و تخلیه کردن

جدول ۳. تحلیل آماری داده های مربوط به زاویه استقرار طبیعی به روش تخلیه کردن

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	سطح احتمال
تیمار	۳	۷۱/۷۵	۲۳/۹۱	۱۰/۸۳	۰/۰۰۳۴
خطا	۸	۱۷/۶۶	۲/۲		
مجموع	۱۱	۸۹/۴۱			

جدول ۴. تحلیل آماری داده های مربوط به زاویه استقرار طبیعی به روش پر کردن

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	سطح احتمال
تیمار	۳	۴۸/۱۶	۱۶/۰۵	۱/۸۱	۰/۲۲۲۷
خطا	۸	۷۰/۸۳	۸/۸۵		
مجموع	۱۱	۱۱۹			

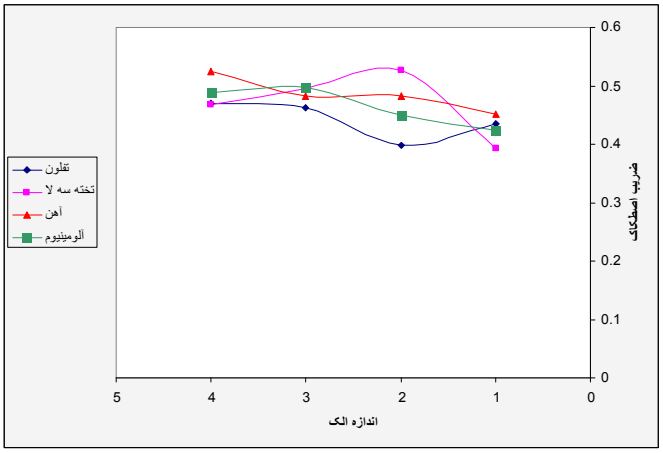
با توجه به جدول تجزیه واریانس متغیرها (ANOVA) نرم افزار آماری SAS اثر فاکتور مش بندی در سطح یک درصد (P= ۰/۰۰۳۴) برای روش تخلیه کردن معنی‌دار شد، اما برای روش پر کردن معنی دار نبود. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین به روش دانکن[۱]، در روش تخلیه کردن اثر مش های معمولی، ۱۰ و ۱۰۰، بیشتر از مش ۳۰ بود.

۱ Duncan's multiple range tests

با بررسی نمودار های مرتبط با زاویه استقرار طبیعی در این مطالعه در خواهیم یافت که با کاهش اندازه ذرات کود کمپوست در هر دو روش پر کردن و تخلیه کردن مقدار زاویه استقرار طبیعی کاهش تدریجی خواهد داشت و این کاهش تدریجی در هر دو روش به چشم می خورد.

۳-۴- ضریب اصطکاک

ضریب اصطکاک محاسبه شده از نسبت تانژانت ارتفاع سرسره در لحظه آغاز حرکت کمپوست به طول تصویر سرسره بر سطح افق، در نمودار شکل ۸ آورده شده است. داده های به دست آمده بر روی چهار نوع سطح اصطکاکی متفاوت آهن، آلومینیوم، تفلون و تخته سه لا محاسبه شده است.



شکل ۸. نمودار ضریب اصطکاک برای کمپوست

با توجه به جدول تجزیه واریانس متغیرها (ANOVA) نرم افزار SAS، اثر فاکتور مش بندی روی سطح اصطکاکی چوب در سطح یک درصد (P= ۰/۰۰۴۳)، برای سطح اصطکاکی تفلون در سطح پنج درصد (P= ۰/۰۲۴۷)، برای سطح اصطکاکی آهن در سطح یک درصد (P= ۰/۰۰۰۲) و برای سطح اصطکاکی آلومینیوم در سطح یک درصد (P= ۰/۰۰۵۹) معنی‌دار شد. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین به روش دانکن، اثر مش ۱۰۰ برای چوب، مش ۱۰، ۳۰ و ۱۰۰ برای تفلون، اثر مش ۱۰ برای آهن و اثر مش ۱۰ و ۱۰۰ برای آلومینیوم بیشتر از مش های دیگر بود.

جدول۵. تحلیل آماری داده های مربوط به زاویه اصطکاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	سطح احتمال
چوب					
تیمار	۳	۳۱/۲۳	۱۰/۴	۱۰/۰۴	۰/۰۰۴۳
خطا	۸	۸/۲۸	۱/۰۳		
مجموع	۱۱	۳۹/۵			
تفلون					
تیمار	۳	۲۴/۴۸	۸/۱۶	۵/۴۴	۰/۰۲۴۷
خطا	۸	۱۲	۱/۵		
مجموع	۱۱	۳۶/۴۸			
آهن					
تیمار	۳	۳۰/۹۷	۱۰/۳۲	۲۷/۱۴	۰/۰۰۰۲
خطا	۸	۳/۰۴	۰/۳۸		
مجموع	۱۱	۳۴/۰۱			
آلومینیوم					
تیمار	۳	۱۳/۸۸	۴/۶۲	۹/۰۶	۰/۰۰۵۹
خطا	۸	۴/۰۸	۰/۵۱		
مجموع	۱۱	۱۷/۹۷			

۳-۵- وزن مخصوص حقیقی

نتایج به دست آمده مربوط به وزن مخصوص حقیقی کمپوست مورد استفاده در این مطالعه در جدول (۶) آورده شده است. با توجه به جدول تجزیه واریانس متغیرها (ANOVA) اثر فاکتور مش بندی در سطح پنج درصد (P= ۰/۰۲۱۵)، اثر فاکتور رطوبت در سطح یک درصد (P= ۰/۰۰۵۷) و اثر فاکتور فشار در سطح یک درصد (P= ۰/۰۰۰۱) معنی دار بود. اثر متقابل فاکتورهای مش بندی و رطوبت در سطح پنج درصد، اثر متقابل فاکتورهای مش بندی و فشار در سطح پنج در صد و اثر متقابل فاکتورهای رطوبت و فشار در سطح پنج درصد معنی دار نبودند. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین به روش دانکن، اثر مش ۱۰۰ روی چگالی بیشتر از سایر مش ها بود. اثر سطح رطوبتی ۲۰ و ۲۵ درصد روی چگالی بیشتر از سطح رطوبتی ۱۵ بود. اثر فشار ۵۳ روی چگالی نیز بیشتر از فشار ۴۰ و ۲۶ بود.

جدول ۶ چگالی حقیقی کمپوست

اندازه مش	رطوبت (درصد)	فشار (بار)	طول (میلی متر)	قطر (میلی متر)	جرم (گرم)	چگالی حقیقی (کیلو گرم بر متر مکعب)
	۱۵	۲۶	۴۶/۱	۱۵/۵	۱۰/۳۳	۱۱۸۷/۵۳
	۱۵	۴۰	۴۰/۵۵	۱۵/۳	۱۰/۰۳	۱۳۴۵/۳۶
	۱۵	۵۳	۴۲	۱۵/۵	۱۰/۴	۱۳۱۲/۲۹
	۲۰	۲۶	۵۱/۷	۱۵/۵	۱۳/۱۲	۱۳۴۴/۹
۳۰	۲۰	۴۰	۴۶/۹	۱۵/۴	۱۲/۸۹	۱۴۷۵/۵۳
	۲۰	۵۳	۴۳/۲۵	۱۵/۵	۱۲/۳۱	۱۵۰۸/۴۱
	۲۵	۲۶	۴۸	۱۵/۶۵	۱۱/۴۴	۱۲۳۸/۹۹
	۲۵	۴۰	۴۵/۰۵	۱۵/۳	۱۲/۷	۱۴۵۷/۲۷
	۲۵	۵۳	۴۶/۸	۱۵/۵	۱۲/۵۱	۱۴۱۶/۶۴
	۱۵	۲۶	۴۷/۱۵	۱۵/۳	۱۰/۶۷	۱۲۳۰/۸۶
	۱۵	۴۰	۴۲/۵	۱۵/۵	۱۰/۷۴	۱۳۳۹/۲۵
	۱۵	۵۳	۴۰/۵	۱۵/۳	۱۰/۷۶	۱۴۴۵/۰۶
	۲۰	۲۶	۴۹/۲	۱۵/۳	۱۲/۴۴	۱۳۷۵/۲۵
۱۰۰	۲۰	۴۰	۴۶/۳	۱۵/۲۵	۱۲/۹	۱۵۲۵/۳۸
	۲۰	۵۳	۴۴/۱	۱۵/۲۵	۱۲/۵۸	۱۵۶۱/۷۵
	۲۵	۲۶	۴۵/۲۵	۱۵/۲۵	۱۲/۲۱	۱۴۷۷/۲۹
	۲۵	۴۰	۴۳/۱	۱۵/۴	۱۱/۸۱	۱۴۷۱/۰۹
	۲۵	۵۳	۴۲/۹	۱۵/۳	۱۲/۰۱	۱۵۲۲/۶۹
اندازه مش	رطوبت (درصد)	فشار (بار)	طول (میلی متر)	قطر (میلی متر)	جرم (گرم)	چگالی حقیقی (کیلو گرم بر متر مکعب)
	۱۵	۲۶	۵۱/۵	۱۵/۳۵	۱۱/۷۸	۱۲۳۶/۰۴
	۱۵	۴۰	۴۸/۷	۱۵/۴	۱۱/۷۳	۱۲۹۳/۱۷
	۱۵	۵۳	۴۲	۱۵/۳۵	۱۱/۲۴	۱۴۴۶/۱۴
	۲۰	۲۶	۴۸/۱	۱۵/۵	۱۱/۲۳	۱۲۳۷/۹۵
معمولی	۲۰	۴۰	۴۹	۱۵/۵	۱۳/۵۱	۱۱۴۷/۶
	۲۰	۵۳	۴۳/۲	۱۵/۳	۱۲/۲۸	۱۵۴۶/۱۲
	۲۵	۲۶	۴۸	۱۵/۳	۱۱/۷۶	۱۳۳۲/۵۸
	۲۵	۴۰	۵۱/۵	۱۵/۳	۱۳/۷۵	۱۴۵۲/۱۹
	۲۵	۵۳	۴۵/۸	۱۵/۲۵	۱۲/۸۸	۱۵۳۹/۶۵
	۱۵	۲۶	۳۶/۱	۱۵/۳	۸/۵۷	۱۲۹۱/۲۲
	۱۵	۴۰	۴۰	۱۵/۴	۹/۸۸	۱۳۲۶/۰۷
	۱۵	۵۳	۴۱/۳	۱۵/۴۵	۱۰/۸۶	۱۴۰۲/۶
	۲۰	۲۶	۴۷/۸	۱۵/۳	۱۱/۵۴	۱۳۱۳/۱۲
۱۰	۲۰	۴۰	۴۴/۱	۱۵/۴	۱۱/۳۳	۱۳۷۹/۳
	۲۰	۵۳	۴۶/۲	۱۵/۵	۱۱/۸۶	۱۳۶۰/۴۷
	۲۵	۲۶	۴۶	۱۵/۳	۱۱/۳۴	۱۳۴۰/۸۶
	۲۵	۴۰	۴۵/۲	۱۵/۵۵	۱۱/۱۲	۱۲۹۵/۴۴
	۲۵	۵۳	۵۰	۱۵	۱۲/۲۳	۱۳۸۴/۱۵

جدول۷. تحلیل آماری داده های مربوط به وزن مخصوص حقیقی

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	سطح احتمال
چگالی					
تیمار	۲۳	۳۶۷۹۷۴	۱۵۹۹۸	۴/۶۶	۰/۰۰۴۱
مش بندی(b)	۳	۴۸۴۳۲	۱۶۱۴۴	۴/۷	۰/۰۲۱۵
رطوبت (c)	۲	۵۶۱۶۷	۲۸۰۳۳	۸/۱۸	۰/۰۰۵۷
فشار(d)	۲	۱۴۰۹۹۰	۷۰۴۹۵	۲۰/۵۴	۰/۰۰۰۱
(b*c)	۶	۵۹۴۲۱	۹۹۰۳	۲/۸۹	۰/۰۵۵۸
(b*d)	۶	۵۷۱۱۲	۹۵۱۸	۲/۷۷	۰/۰۶۲۶
(c*d)	۴	۵۸۴۹	۱۴۶۲	۰/۴۳	۰/۷۸۷۰
خطا	۱۲	۴۱۱۷۶	۳۴۳۱		
مجموع	۳۵	۴۰۹۱۵۰			

۴- نتیجه گیری

با توجه به بررسی های انجام شده می توان گفت که برای تهیه پلت هایی با شرایط مناسب، کمپوست مورد استفاده باید:

۱- دارای تخلخل کم باشد تا قابلیت فشرده شدن آن به منظور تهیه پلت افزایش یابد.

۲- چگالی حجمی زیاد داشته باشد تا بتوان در حجم ثابت پلت های سنگین تری درست کرد.

۳- زاویه استقرار طبیعی کمتری داشته باشد، چون در این حالت ذرات کمپوست ابعاد کوچکتری داشته و قابلیت پلت شدن آنها آفزایش می یابد.

۴- ضریب اصطکاک بیشتری داشته باشد تا با درگیری بیشتر با دیواره داخلی قالب، بتوان پلت های فشرده تری به دست آورد.

۵- وزن مخصوص حقیقی بیشتری داشته باشد تا بتوان به یکی از اهداف اصلی که افزایش جرم در حجم ثابت است، رسید.

۵- منابع

[۱] Rosen, C. J., T. R. Halbach, and R. Mugaas. 2000. Composting and Mulching: A guide to Managing Organic Yard Wastes. University of Minnesota Extension Service, BU-3296-F

[۲] Asoewgu, S., S. Ohanyere, O. Kanu and C. Iwueke. 2006. Physical properties of African oil bean seed (Pentaclethra macrophylla). Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript FP 05 006. Vol. VIII.

[۳] Pechon, R. R., N. Ito, K. Kito and H. Jinyama. Effect of hand tractor implements on soil physical properties in upland conditions. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript PM 07 005. Vol. IX. May, 2007.

[٤] Bouman, G. (1992). Grain handling and storage (Developments in agricultural engineering), Vol. 4.

[٥] Fasina, O.O. (2007). Physical properties of peanut hull pellets. Auburn University: Department of Biosystems Engineering (2007).

[٦] Baryeh, E. A. (2001). Physical properties of bambara groundnuts. Journal of Food Engineering, 47, 321-326.

[٧] Baryeh, E. A. (2002). Physical properties of millet. Journal of Agricultural Engineering Research, 51, 39-46

[٨] Dutta, S.D., Nema, V. K., & Bhardwaj, R. K. (1998). Physical properties of gram. Journal of Agricultural Engineering Research, 39, 259-268

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

[۱۰] Kashaninejad, M., Mortazavi, A., Safekordi, A., & Tabil, L. G. (2005). Some physical properties of Pistachio (Pistachia Vera L.) nuts and its kernel. Journal of Food Engineering, 72, 30–38.

Determination of physical and mechanical properties of urban waste compost in order to provide pellets

S. Mavaddati[1], M. H. Kyanmehr[2], I. Allahdadi[3], S. R. Hassan Beigi[2]

Abstract:

Determination of the physical properties of urban waste compost is necessary for obtaining the parameters related to designing and constructing a suitable pelleting machine for producing compost pellets. The purpose of this study is to determine the physical properties of urban waste compost such as, bulk density, coefficient of friction, porosity and angle of repose in Fine kind of compost, at 15 percent moisture content and in regular size and three mesh sizes: 10, 30 and 100. According to the table of analysis of variance (ANOVA) and statistical software, SAS, the effect of mesh size factor in determination of angle of repose ,using filling method, was not significant but for emptying method was significant (P= 0.01). The effect of mesh size was significant on four friction surfaces, iron, aluminum, Teflon and plywood. Also the effect of mesh size, moisture content and pressure on pellet density was significant. According to the results in this study, using compost with low porosity, mesh size at 100, moisture content at 25 percent and pressure at 53 bars will results producing best pellets.

Keywords: Compost, Bulk density, Angle of repose, Coefficient of friction, Porosity, Mesh.

1 Graduate student of department of mechanical agricultural machinery, University of Tehran, Iran.

2 Assistant professor of department of mechanical agricultural machinery, University of Tehran, Iran.

3 Assistant professor of department of crop production, University of Tehran, Iran.