بررسی اثر پارامترهای ماشینی و محیطی بر خواص انبارداری پلت های کمپوست تولید شده توسط اکسترودر تک پیچ

نبی اله کشوری سارانی[1]، محمدحسین کیانمهر[2]، اکبر عرب محمدحسینی[2]، سیدرضا حسن بیگی بیدگلی[2]، هیمن امیری[3]

1- مدرس مرکز جامع علمی کاربردی هلال احمر شیراز

2- دانشجویان دانشگاه تهران

3- دانش آموخته کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تهران

nabikeshvari@gmail.com

چکیده

یکی از عوامل محدود کننده ی کاربرد مناسب کمپوست جرم مخصوص پایین این ماده می باشد که حمل و نقل، ذخیره و کاربرد این مواد را مشکل ساخته و افزا یش هزینه ها را در پی خواهد داشت . تهیه‌ی پلت یکی از راه های مؤثر جهت رفع این مشکل می‌باشد. پلت های تولید شده باید قابلیت جابجایی درمسافت طولانی و هم چنین قابلیت انبارداری به مدت قابل قبول را دارا باشند، بنابراین در این تحقیق که در سال 1389 در پردیس ابوریحان دانشگاه تهران انجام شد، تأثیر عوامل محیطی مانند رطوبت نسبی و دمای محیط و عوامل ماشینی از جمله طول و سرعت مارپیچ اکسترودر بر دوام پلت ها به عنوان پارامتر نشان دهنده قابلیت انبارداری پلت ها مورد مطالعه قرار گرفت . نتایج نشان داد که پارامترهای سرعت و طول مارپیچ اکسترودر، بر میزان دوام پلت ها اثر معنی‌داری داشتند. هم چنین بالاترین میزان جذب رطوبت پلت ها در محیط با دمای 40 درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 80 درصد مشاهده گردید.

کلمات کلیدی: اکسترودر، پلت، دوام، رطوبت نسبی، کمپوست.

مقدمه

چندین عامل کاربرد مناسب کود کم پوست را محدود نموده است . اولین مشکل جرم مخصوص کم این مواد می باشد که حمل و نقل، جابه جایی و ذخیره و کاربرد این مواد را در مزارع و باغ ها مشکل ساخته و افزایش هزینه ها را در پی دارد. مشکل دوم این است که کیفیت مواد مغذی موجود در آن ثابت نبوده و با توجه به شرا یط، متفاوت می‌باشد که این یک عامل بازدارنده استفاده از کود کمپوست می باشد، چون هر زمین کشاورزی با توجه به محصولی که در آن کشت می شود نیاز به مقدار معینی مواد غذایی دارد و نقص این ماده مغذی بر عملکرد محصول تأثیر دارد [مودتی، 1387].

یکی از بهترین روش ها برای حل مشکل اول استفاده از فن آوری شکل دهی و متراکم سازی کود کمپوست می باشد. می توان کود را به صورت استوانه کوچک با قطر و طول مشخص درآورد که در صنعت فرآوری مواد به این استوانه ها پلت گفته می‌شود. ماشین‌های مختلفی برای تبدیل کود به پلت وجود دارد.

بریگز و همکار ان در سال 1999، تحقیقی در رابطه با تأثیر ترکیب مواد اولیه، فشار بخار و چیدمان پره های مخلوط کن بر روی کیفیت پلت های خوراک دام انجام دادند . طبق نتایج حاصل از این تحقیق، هر چه زمان ماندن مواد درون اکسترودر بیشتر شود، دوام پلت ها افزایش می‌یابد [Briggs *et al.*, 1999].

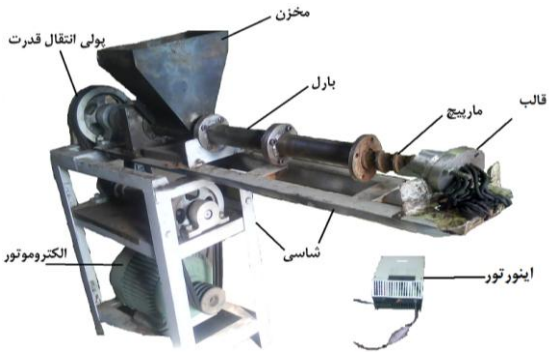
در سال 2001 در ژاپن مطالعاتی توسط هارا بر روی پلت های تولید شده از کود دام با استفاده از اکسترودر انجام شد و تاثیر تغییرات رطوبت و گرد و خاک موجود در کود بر روی استحکام پلت مورد بررسی قرار گرفت . بر اساس نتایج آزمایش های بدست آمده، با افزایش مقدار رطوبت و خاک استحکام پلت ها کاهش یافت و بهترین محتوای رطوبتی کود برای تشکیل پلت 45٪ و برای انبارداری پلت های کود رطوبت کمتر از 20٪ پیشنهاد شد و همچنین بیشینه‌ی سرعت فرآوری مواد و تبدیل آنها به پلت تعیین گردید [Hara, 2001].

برای محاسبه فرآیند فشردن و تعیین ق درت لازم، دانستن خواص فیزیکی و رئولوژیکی مواد و عوامل مؤثر در تجهیزات فشاری یا شکل گیری ضروری می باشد. کمپوست پلت شده بدون استثنا دارای خاصیت ویسکوالاستیک بوده و خواص این‌گونه مواد را می‌توان با استفاده از مدل های رئولوژیکی که شامل فنر و کمک فنر است، بیان نمود [Sitkey, 1986]. تراکم‌پذیری و دوام (ماندگاری) پلت‌هایی که تحت فشار ساخته می شوند به عوامل متعددی بستگی دارند که مهم ترین آنها عبارتند از ترکیب شیمیایی و ابعاد ماده، دما، وزن حجمی اولیه، درصد رطوبت (عوامل محیطی)، سرعت پلت سازی، مقدار فشار وارده و مدت ز مان اعمال آن (عوامل ماشینی). بنابراین شناخت خواص اساسی متفاوت ذرات مواد از قبیل اندازه ، شکل، ترکیبات شیمیایی و جرم مخصوص توده و ذره برای بهینه - سازی فرآیند متراکم‌سازی (پلت‌سازی) لازم و ضروری می‌باشد. همچنین پارامترهای مذکور برای شناخت مکانیسم فشردن و طراحی ادوات فشار دهنده با انرژی کافی و تعیین تاثیر متغیرهای مختلف بر روی چگالی و دوام پلت ها بسیار مهم می‌باشد، بطوری‌که فشردگی پلت‌ها باید به اندازه‌ای مناسب صورت گیرد که هم دوام مناسب در مراحل حمل و نقل و ذخیره سازی را داشته باشد و هم این که به راحتی در خاک قابل تجزیه باشد [مودتی، 1387 و رضایی‌فر، 1387]. بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر پارامترهای ماشینی و محیطی بر خواص انبارداری پلت‌های تولید شده توسط اکسترودر تک پیچ انجام گرفت.

مواد و روشها

کمپوست مورد استفاده در این تحقیق، از کارخانه ی تولید کمپوست شهرستان کهریزک، واقع در جنوب شهر تهران، تهیه شد . با توجه به آزمایش های مقدماتی انجام گرفته در قسمت رئومتری و با استفاده از الک های استاندارد موجود در گروه فنی کشاورزی پردیس ابوریحان، سطوح مختلف اندازه ی ذرات کود کمپوست به دست آمد که تنها از دو سطح کوچک تر از 0/3 میلی‌متر و 0/6-0/3 میلی‌متر، برای تولید پلت استفاده شد . اکسترودر مورد استفاده در این تحقیق شامل یک شاسی است که دیگر قطعات بر روی آن نصب می شوند. نیروی محرک اکسترودر، توسط یک الکترو موتور به قدرت 5 کیلووات و حداکثر سرعت چرخش 900 دور در دقیقه تأمین شد، جهت تأمین سرعت های متفاوت چرخش پیچ، با استفاده از سیستم انتقال قدرت پولی- تسمه، حداکثر سرعت چرخش الکتروموتور، به حداکثر سرعت چرخش پیچ 250 دور بر دقیقه، کاهش داده شد، هم چنین جهت تأمین سرعت‌های دیگر چرخش پیچ، از یک اینورتور (Lenze 8300-Germany) ساخت کشور آلمان استفاده شد.

این دستگاه دارای یک محفظه به نام بارل به طول 100 سانتی‌متر و قطر داخلی 51 میلی‌متر می‌باشد که برای تأمین طول های متفاوت پیچ (یا بارل)، از چهار قطعه ی 25 سانتی‌متری تشکیل شده است . . سیستم تغذیه ی دستگاه از نوع ثقلی می باشد، به این صورت که مواد به علت نیروی وزنشان از مخزن وارد محفظه ی بارل می‌شوند. برای ایمنی بیشتر اپراتور قسمت‌های محرک دستگاه به وسیله‌ی یک ورق فلزی پوشانده شد (شکل 1).



شکل 1 اکسترودر مورد استفاده جهت تولید پلت کمپوست

دوام و پایداری یکی از مهم ترین قابلیت پلت‌ها می‌باشد، بطوری‌که آن‌ها بتوانند بدون خرد شدن و ترک خوردگی، فشارهای ناشی از جابجایی و حمل و نقل مواد را تحمل نمایند [McMahon, 1984]. به منظور سنجش دوام پلت‌های ایجاد شده، از دستگاه تست دوام طراحی شده در گروه فنی کشاورزی پردیس ابوریحان استفاده شد. برای انجام آزمون دوام، رطوبت پلت های تشکیل شده باید کمتر از 11٪ و طول نمونه های مورد استفاده سه برابر قطر نمونه باشد و الکتروگیربکس باید با سرعت دورانی 50 دور بر دقیقه و به مدت 10 دقیقه محفظه حاوی نمونه ها را بچرخاند [McMullen, *et al.*, 2004]. برای سنجش دوام نمونه ها، 500 گرم پلت درون محفظه دستگاه قرار داده شد و سپس درب محفظه را بسته و الکترو گیربکس به مدت 10 دقیقه و با سرعت 50rpm محفظه چرخانده شد (شکل 2). پس از این مدت الکتروگیربکس متوقف شد و پلت ها از محفظه خارج شدند. دوام پلت‌ها (DU) با استفاده از مقادیر جرم پلت های سالم باقیمانده (m_c) و جرم کل پلت های سالم اولیه (m_i) مطابق رابطه (1) محاسبه شد. بالا بودن شاخص دوام به مفهوم پایداری بیشتر پلت ها می‌باشد [ASAE Standards. 1998. S269.4].

$$DU = \frac{m_c}{m_i} \qquad (1)$$

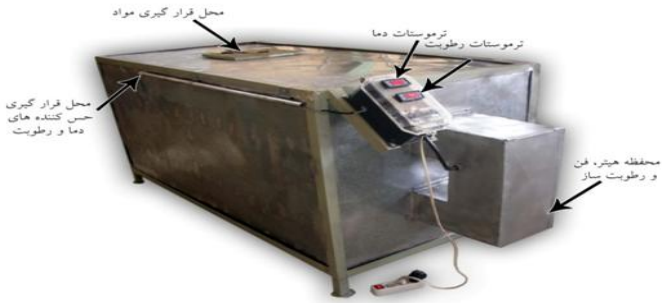
شکل 2 دستگاه آزمون دوام ساخته شده بر اساس استاندارد ASAE S269.4

برای انجام آزمایش جذب رطوبت از محیط توسط پلت کود کمپوست نیاز به یک محفظه هوا بندی شده با امکان تغییر و تثبیت دما و رطوبت نسبی مطابق شکل (3) است. جهت برازش منحنی به داده های به دست آمده در جذب رطوبت توسط پلت‌ها در دماهای (35 و40 درجه سلسیوس)، رطوبتهای مختلف محفظه (70 و80 درصد) از رابطه (2) استفاده شد:

$$M = (M_i - M_f) \times e^{-kt} + M_f \quad (2)$$ یا

که در این رابطه:

t = زمان (h)؛ M : محتوای رطوبت در هر لحظه (٪)؛ M_i = رطوبت اولیه پلت ها (11٪)؛ k = ضریب جذب رطوبت (h^{-1}).



شکل3 دستگاه جذب رطوبت(مودتی، 1387)

محاسبات آماری و تحلیل داده ها و رسم نمودارها توسط نرم‌افزارهای Excel و SAS انجام شد. مقادیر میانگین، ضریب تغییرات، کمینه وبیشینهٔ داده‌ها به کمک برنامه‌های آماری فوق تعیین گردید. جهت برازش داده‌های مربوط به آزمون جذب رطوبت سطحی به رابطه‌ی توانی از نرم‌افزار Datafit 9.1 استفاده شد.

نتایج و بحث

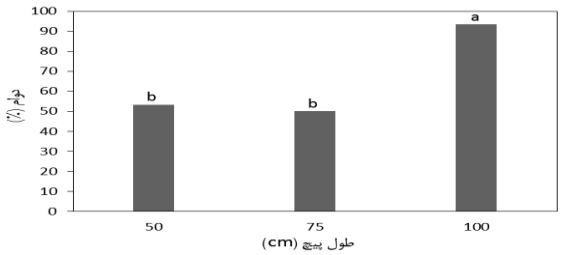
برای پارامترهای ذکر شده در اهداف این تحقیق، بر اساس میزان پلت مورد نیاز آزمایش های طراحی شده، مقداری پلت تولید شد. با پهن کردن پلت های تولیدی در فضای باز، پس از گذشت حدود دو هفته رطوبت آنها به حدود 11 درصد رسید. پلت‌های خشک شده جهت انجام آزمایش ه‌ای دوام و جذب رطوبت بسته بندی و نام گذاری شدند.

همان طور که در جدول 1 نشان داده شده است، طول مارپیچ اکسترودر اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر دوام پلت ها دارد. ذکر این نکته ضروری است که آزمایش های مربوط به مقایسه ی طول پیچ در سرعت 150 دور در دقیقه انجام شد. اثر طول مارپیچ اکسترودر بر دوام در شکل 4 نشان داده شده است. همان طوری که مشاهده می‌شود افزایش طول پیچ از 50 به 75 سانتی‌متر اثر معنی‌داری بر دوام ندارد در حالی که، با افزایش طول پیچ از 75 به 100 سانتی‌متر میزان دوام پلت‌ها افزایش معنی‌داری از 50٪ به 93٪ دارد. این افزایش به این دلیل است که، با افزایش طول مارپیچ (به عبارت دیگر همان بارل اکسترودر)، میزان تنش برشی ایجاد شده در درون اکسترودر زیاد می شود بنابراین، خمیر کمپوست اختلاط بهتری پیدا می کند، که باعث افزایش یکنواختی با فت خمیر کمپوست می‌شود. به دلیل این یکنواختی بیشتر، ذرات کمپوست بهتر به هم نزدیک شده و در هم قفل می - شوند، که این باعث افزایش ماندگاری پلت ها می‌شود. هم چنین می توان گفت با افزایش طول پیچ (بارل)، زمان ماندن خمیر اکسترودر در درون محفظه ی بارل اکسترودر زیاد می شود که این خود باعث افزایش میزان اختلاط خمیر کمپوست و در نتیجه افزایش میزان دوام پلت ها می‌شود.

جدول 1 تجزیه واریانس اثر طول مارپیچ اکسترودر بر روی دوام پلت‌ها

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات دوام
طول مارپیچ	2	1753/07**
خطا	6	67/60
ضریب تغییرات (٪)	-	12/54

** معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد



شکل 4 تأثیر طول مارپیچ اکسترودر بر دوام پلت‌ها

نتایج تجزیه واریانس تأثیر سرعت چرخش مارپیچ اکسترودر و محتوای رطوبتی خمیر کمپوست (بر پایه‌ی تر) بر روی دوام پلت های تولید شده در شرایط تعداد سوراخ قالب 10 عدد، طول قالب 15 میلی‌متر، طول پیچ 100 سانتی‌متر و اندازه ذرات کود کوچک تر از 0/3 میلی‌متر در جدول 2 نشان داده شده است . با توجه به جدول، تیمارهای سرعت چرخش مارپیچ و ترکیب سرعت مارپیچ و رطوبت خمیر کمپوست در سطح احتمال 5٪ و تیمار رطوبت خمیر کمپوست به تنهایی در سطح احتمال 1٪ بر دوام پلت‌های تولیدی اثر معنی‌داری دارند.

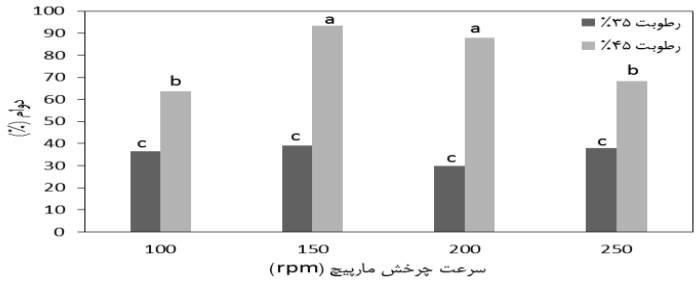
جدول 2 نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر سرعت چرخش مارپیچ و رطوبت خمیر کمپوست بر مقادیر دوام پلت‌ها

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات دوام
تکرار	2	24/97ns
سرعت	3	305/13*
رطوبت	1	10803/402**
سرعت × رطوبت	3	388/20*
خطا	14	70/056
ضریب تغییرات (٪)	-	14/66

*معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد، **معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد، ns غیر معنی‌دار

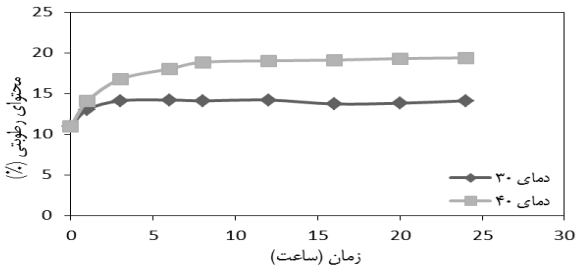
اثر متقابل سرعت چرخش پیچ و محتوای رطوبتی خمیر کمپوست در هنگام تولید پلت، در شکل 5 نشان داده شده است. همان طور که در شکل مشاهده می‌شود، در رطوبت 35٪ افزایش سرعت تأثیری بر دوام پلت‌ها ندارد در حالی که، در رطوبت 45٪ با افزایش سرعت پیچ از 100 به 150 دور در دقیقه، دوام پلت ها افزایش معنی‌داری از 63/52٪ به 93٪ دارد. هم چنین با توجه به شکل 4-12، افزایش سرعت پیچ از 150 به 200 دور در دقیقه تأثیری بر دوام ندارد، ولی با افزایش سرعت پیچ از 200 به 250 شاهد کاهش معنی دار دوام از 88٪ به 68٪ هستیم. هم چنین از شکل پیداست که در تمامی سرعت های پیچ، کاهش رطوبت از 45 به 35٪ باعث کاهش

معنی‌دار دوام پلت ها می‌شود. با توجه به شکل بهترین دوام در سرعت 150 و رطوبت 45 ٪ به دست آمده که تفاوت معنی‌داری با سرعت 200 دور در دقیقه ندارد، که این نتیجه کاملاً مشابه نتایج حاصل از تحقیق کرت و همکاران در سال 2009 می‌باشد.



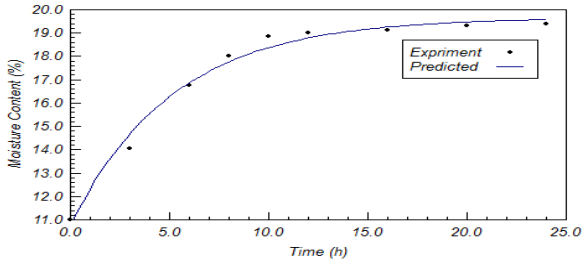
شکل 5 نمودار اثر متقابل سرعت چرخش مارپیچ و محتوای رطوبتی خمیر کمپوست‌بر دوام پلت‌ها

جذب یا واجذب رطوبت پلت های کود کمپوست به درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا وابسته است . نمودار جذب رطوبت پلت‌های کمپوست تولید شده توسط کسترودر در شرایط سرعت پیچ 150 دور در دقیقه، طول پیچ 100 سانتی‌متر، طول قالب 15 میلی‌متر، تعداد سوراخ قالب 10 عدد، محتوای رطوبتی 45٪ کود کمپوست و اندازه ی ذرات کوچک تر از 0/3 میلی‌متر در محیط با دمای 30 و 40 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 80٪ در شکل 6 نشان داده شده است.

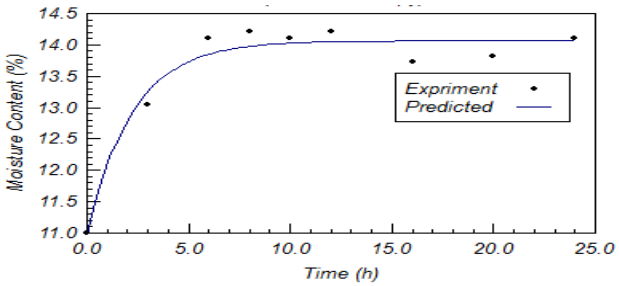


شکل6 منحنی جذب رطوبت پلت‌های تولید شده با سرعت چرخش پیچ 150 دور در دقیقه در محیط با رطوبت نسبی 80٪

نتایج حاصل از برازش داده هی جذب رطوبت از محیط نشان داد که داده های مربوط به دمای 40 درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 80٪ بهترین برازش را با رابطه ی نمایی دارند و دمای 40 درجه‌ی سلسیوس و رطوبت نسبی 70٪ برازش ضعیف تری را با رابطه ی نمایی دارند، که این مطلب را منحن ی‌های برازش شده با داده های آزمایشگاهی محتوای رطوبتی بر حسب زمان در رطوبتهای نسبی هوا 70٪ و 80٪ در شکل‌های 7 و 8 تأیید می-کند.



شکل7 نمودار برازش شده به داده‌های جذب رطوبت از محیط با رطوبت نسبی80٪ و دمای 40 درجه سلسیوس



شکل8 نمودار برازش شده به داده‌های جذب رطوبت از محیط با رطوبت نسبی70٪ و دمای 40 درجه سلسیوس

منابع

رضایی‌فر، ج. 1387. بررسی پارامترهای پلت کود گاو ی جهت طراح ی اکسترودر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

مودتی، س. 1387. تعیین خواص فیزیکی کود کمپوست به منظور تهیه پلت. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد. پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

ASAE Standards. (1998). 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.

Briggs, J. L., D. E. Maier, B. A. Watkins, and K. C. Behnke, (1999). Effect of ingrediants and Processing parameters on pellet quality, Poultry Science 78: 1464-1471

Hara, M. (2001). Fertilizer pellets made from composted livestock manure. Food and Fertilizer Technology Center.

McMahon, M. J. (1984). Physical quality measurement. In Manufacture of Animal Feed. ed. Beaven, D.A., 7 1-73. Herts, England: Turret-Wheatland Ltd.

McMullen, J., O. O. Fasina, C. W. Wood, Y. Feng, G. Mills, (2004). Physical characteristics of pellets from poultry litter. ASAE/CSAE Meeting Presentation. Ottawa, Ontario, Canada. Page Number: 046005

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