



การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัด

Development of a Double-Die Organic Fertilizer Pelletizing Machine

พิศมาส หวังดี^{1*}, วินัย หล้าวงษ์²

Phisamas Hwangdee^{1*}, Winai Lawong²

¹สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร, คณะเกษตรและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยนครพนม, นครพนม, 48000

¹Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture and Technology, Nakhonpanom University, Nakhonpanom, 48000

²สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร, สกลนคร, 47160

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Industry and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Sakonnakhon Campus, 47160

*Corresponding author: Tel: +66-42-532-471, Fax: +66-42-532-472, E-mail: samas_dee@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบดั้งเดิม โดยเปลี่ยนชุดส่งกำลังไปยังหัวอัดเม็ดปุ๋ย จากชุดเพลาท้ายของรถยนต์เป็นชุดเกียร์ของรถไถนาเดินตามซึ่งให้แรงบิดที่สูง ใช้มอเตอร์ต้นกำลังขนาด 2.2 kW (3 Hp) หัวอัดเม็ดปุ๋ย จำนวน 2 หัวอัด ควบคุมความเร็วรอบของหัวอัดที่ 110 รอบต่อนาที ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกอัด 254 mm ขนาดรู 5 mm ลูกรีดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 mm ความเร็วรอบในการป้อนวัตถุดิบสำหรับอัดเม็ดปุ๋ยที่ 25 rpm จากการทดสอบพบว่า เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ที่มากกว่าเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยแบบดั้งเดิมเป็น 2 เท่า โดยมีอัตราการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 471.20 kg h^{-1} ความหนาแน่นเม็ดปุ๋ยคือ 745.40 kg m^{-3} นอกจากนี้พบว่า เม็ดปุ๋ยมีสภาพการคงตัวเท่ากับ 91.73 % และการแตกหักเป็นฝุ่นผงเท่ากับ 8.27 %

คำสำคัญ: เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ , เครื่องอัดเม็ดแบบแข็ง , ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

Abstract

This research aims to study a development and modify of the conventional two pelletizing die organic fertilizer compression machine. When changed the power transmission to pelletizing die from walking tractor to differential for obtain the high torque. The driving power was given by an electric motor of 2.2 kW (3 Hp), 2 pelletizing die with speed control of 110 rpm, diameter of cylinder compression was 254 mm with the hole size of the pelletizing die 5 mm. The diameter of rollers was 65 mm. The speed of raw material for feeding into the pelletizing die of 25 rpm. It was found that the development of two pelletizing die organic fertilizer compression machine that can deliver high compression capacity at more than double the speed of conventional two pelletizing die organic fertilizer compression machine. When the average compression capacity of the machine was 471.20 kg h^{-1} with bulk density of 745.40 kg m^{-3} . Moreover, the percentage of durability of pelleted and broken pelleted were about 91.73 % and 8.27 % respectively

Keywords: Pelletizing fertilizer Compression machine, Pelletizing machine, Pelleted organic fertilizer

1 บทนำ

ตามนโยบายของรัฐบาลในปี พ.ศ. 2550 ได้ให้มีการสนับสนุนให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการเกษตรมากขึ้น เพื่อลดการนำเข้าปุ๋ยเคมี ลดต้นทุนของการใช้ปุ๋ยและที่สำคัญให้หลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งมีผลทำให้กายภาพของดินเสื่อมอันเป็นผลทำให้ผลผลิตที่ออกมามีคุณภาพต่ำ(ชาญยุทธ, 2556) และจากการประเมินของกรมพัฒนาที่ดิน (ปรัชญา, 2536) พบว่า

พื้นที่ที่มีปัญหาดินเสื่อมโทรมประมาณ 70.13 % ของพื้นที่ทั่วประเทศ และเป็นพื้นที่ที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 2 % ประมาณ 60 % ของพื้นที่ทั้งประเทศ สาเหตุที่ทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ เนื่องจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่ สภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น ทำให้อัตราการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การทำการเกษตรติดต่อกันเป็นระยะเวลานานโดยไม่มีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินอย่างเพียงพอ ความลาดเอียงของพื้นที่และประกอบกับดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายทำให้เกิด

การชะล้างหน้าดินสูง และการใช้ที่ดินอย่างไม่ถูกหลักการอนุรักษ์
ดิน สิ่งเหล่านี้คือปัจจัยหลักที่ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน
ลดลงอย่างรวดเร็ว การแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถกระทำได้โดย
การใช้ปุ๋ยธรรมชาติโดยเฉพาะปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากมูลสัตว์ เพราะ
ปุ๋ยธรรมชาติจะมีอินทรีย์วัตถุและไม่ทำลายหน้าดิน

การใช้งานเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อพยายามที่จะสามารถลดปริมาณของปุ๋ยลง ทำให้เป็นสิ่งที่ต้องการของตลาด สะดวกต่อการขนส่ง และการนำมาใช้ (สันติภาพ, 2527) ภายในปี 2552 กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ศูนย์เทคโนโลยีปุ๋ย, 2548) มีเป้าหมายในการสร้างโรงงานผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ใน 876 อำเภอ โรงงานผลิตปุ๋ยอินทรีย์ต้นแบบ มีวัสดุอุปกรณ์ ได้แก่ 1.วัสดุอินทรีย์ คือวัสดุที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งได้แก่ มูลสัตว์หรือของเหลือใช้ในอุตสาหกรรม เช่น กากตะกอนอ้อย 2. ของหมัก คือของที่ก่อด้วยอิฐบล็อกขนาด 4 x 6 m สูง 0.8 m พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก จำนวน 4 ช่อง 3. ลานตากปุ๋ย เป็นลานคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 20 x 20 m ใช้สำหรับตากปุ๋ย 4. เครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงาน ได้แก่ เครื่องอัดเม็ดปุ๋ย เครื่องผสมปุ๋ย เครื่องกลั่นกรอง เครื่องตีปน เครื่องซั่ง จักรเย็บกระสอบและอุปกรณ์ต่างๆ เช่น จอบ เสียม พลั่ว รถเข็นปูน ดังแสดงใน Figure 1

และมีขั้นตอนที่สำคัญของการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อยู่ 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการหมักปุ๋ยอินทรีย์ โดยหมักวัสดุที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ในช่องหมัก โดยก่อนหมักจะผสมมูลสัตว์ จำนวน 1,000 kg ปุ๋ยยูเรีย จำนวน 2 kg หินฟอสเฟต 25 kg ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ขณะที่ทำการผสมให้เติมน้ำให้มีความชื้นประมาณ 50 % ปริมาณความชื้นดังกล่าวสามารถวัดได้โดยการนำมูลสัตว์ที่ผสมกันเรียบร้อยแล้ว นำมากำด้วยมือ ถ้าปล่อยมือออกมูลสัตว์ยังคงรูปได้ แสดงว่าปุ๋ยมีความชื้นพอเหมาะ แต่ถ้ากำแล้วปล่อยมือออกก้อนมูลสัตว์แตกเป็นก้อนเล็กๆ แสดงว่าปริมาณน้ำยังไม่พอ ต้องเพิ่มน้ำอีก หลังจากที่ได้ผสมคลุกเคล้าแล้วให้ลำเลียงมูลสัตว์ที่ผสมเรียบร้อยแล้วเข้ากองในช่องหมัก จากนั้นจึงนำผ้าพลาสติกหรือผ้าใบมาคลุมเพื่อป้องกันฝนและไม่ให้ความชื้นระเหยออกจากกองปุ๋ย หลังจากนั้น 3 วันแรก ให้ทำการกลับกองปุ๋ยครั้งที่ 1 และถัดจากวันที่ 3 นับไปอีก 7 วัน กลับกองปุ๋ยครั้งที่ 2 และกลับครั้งต่อไปทุกๆ 7 วัน จนกว่ากองปุ๋ยจะไม่มีความร้อน มีสีดำ และร่วนซุย ดังแสดงใน Figure 2



Figure 1 Materials and equipment used in the production of organic fertilizers.

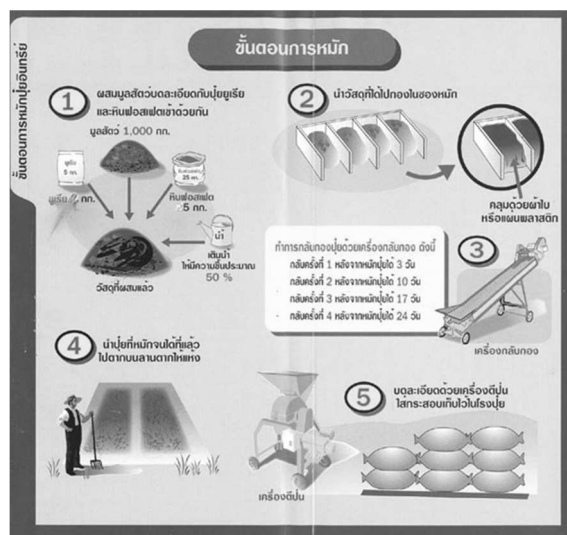


Figure 2 The Process of organic fertilizer production.

หลังจากหมักปุ๋ยจนได้ที่แล้ว นำปุ๋ยหมักที่ได้มาทำการตากแดด แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดให้มีขนาดเล็ก

ขั้นตอนที่ 2 การผสมปุ๋ยสูตร ในกรณีที่ต้องการผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (ปุ๋ยอินทรีย์เคมี) ให้นำแม่ปุ๋ยเคมีมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด จากนั้นจึงนำแม่ปุ๋ยที่บดแล้วมาผสมกับดินเหนียวบดละเอียดและปุ๋ยอินทรีย์ผสมคลุกเคล้ากันด้วยเครื่องผสมปุ๋ย เติมน้ำให้ปุ๋ยมีความชื้นที่พอเหมาะ นำปุ๋ยไปอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย ถ้ายังไม่สามารถอัดเม็ดได้ อาจต้องเติมน้ำลงไปอีกเล็กน้อยหรือเติมดินเหนียว หลังจากอัดเม็ดปุ๋ยแล้วให้นำปุ๋ยที่ได้ไปทำการตากแดดประมาณ 1-2 แดด ปุ๋ยจะแห้ง นำไปบรรจุใส่กระสอบปุ๋ย เย็บปากกระสอบให้เรียบร้อย นำปุ๋ยไปเก็บไว้ในโรงเรือนเก็บผลิตภัณฑ์เพื่อรอจำหน่ายต่อไป

จากการสำรวจและสอบถามการใช้งานเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย
เบื้องต้น โดยเกษตรกรที่ได้รับเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ในโครงการ
หนึ่งอำเภอหนึ่งโรงปุ๋ย พบว่า อัตราการทำงานของเครื่องสูงสุด
1,500 – 3,000 kg d⁻¹ แต่ยังมีปัญหาเรื่องการติดขัดระหว่างการ

ทำงาน ทำให้ส่งผลต่อประสิทธิภาพจริงของการทำงานต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบผลการทำงานของเครื่องอัดเม็ดแบบสองหัวอัดต้นแบบ (Two Pelleting Die Fertilizer Compression Machine Prototype) ที่ออกแบบสร้างโดยช่างในท้องถิ่นโดยใช้หลักการถ่ายทอดกำลังจากต้นกำลังไปยังหัวอัดสองข้างด้วยชุด

เพลาท้ายของรอกยนต์ ซึ่งการทดสอบประเมินผลเบื้องต้น พบว่า มีอัตราการทำงานที่ 650 kg h^{-1} มีเปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ย น้อยกว่า 70 % ใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า 2.2 kW (3 Hp) ดังแสดงใน Table 1

Table1. Compared of the performance of pellet fertilizer compression machine

Comparison List	TISTR ¹ Pellet Fertilizer Compression Machine	Two Pelleting Die Fertilizer Compression Machine Prototype
Power source	16 hp Diesel engine	2.2 kW (3 Hp) electric motor
capacity	1,500 – 3,000 kg d ⁻¹	650 kg h ⁻¹
number of header compression die	1 header	2 headers

Remark: TISTR1; Thailand Institute of Scientific and Technological Research

โครงการวิจัยและพัฒนาจึงต้องการศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ที่ออกแบบสร้างโดยช่างในท้องถิ่นโดยแนวทางหลักๆ จะเป็นการที่ติดตั้งอยู่บนพื้นฐานที่เหมาะสมกับชาวบ้านเกษตรกรผู้ที่จะใช้งานจริง ด้วยเทคโนโลยีง่ายๆ ไม่ยุ่งยาก ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 2.2 kW (3 Hp) 220 volt เป็นต้น กำลัง ป้องกันปัญหาในการขยายเขตหรือพิกัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า และสามารถสร้างได้โดยอาศัยวัสดุที่มีอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ในโครงการนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ณ กลุ่มปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพบ้านนาเหมืองน้อย ตำบลพังโคน อำเภอฟังโคน จังหวัดสกลนคร ที่ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ประสบผลสำเร็จในการวิจัยพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีโรงงานต้นแบบผลิตปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อศึกษารายละเอียดการทำงาน สมรรถนะการทำงานและคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลฐานสำหรับการเปรียบเทียบกับเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยแบบสองหัวอัด (The develop two Pelleting die Fertilizer Compression Machine) ที่จะออกแบบสร้างขึ้น

รายละเอียดเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยกลุ่มปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพบ้านนาเหมืองน้อย เป็นเครื่องอัดเม็ดแบบแข็ง(Pelleting Machine) ดังแสดงใน Figure 1 เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยจะมีกลไกการอัดแบบลูกกลิ้งเป็นแบบ 1 หัวอัด ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ส่งกำลังด้วยสายพาน ขนาดหัวอัด 5 mm ความจุถังป้อน 20 kg

2.1.1 วิธีการทดสอบเครื่องต้นแบบ

นำปุ๋ยอินทรีย์ที่มีอัตราส่วนการผสมที่เหมาะสมแล้วตามข้อกำหนดของศูนย์เทคโนโลยีปุ๋ย ผสมคลุกเคล้ากันด้วยเครื่องผสมปุ๋ย เติมน้ำให้ปุ๋ยมีความชื้นที่พอเหมาะ นำปุ๋ยไปทดสอบอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย ถ้ายังไม่สามารถอัดเม็ดได้ อาจต้อง

เติมน้ำลงไปอีกเล็กน้อยหรือเติมดินเหนียวมาเข้าเครื่องผสมปุ๋ย (ศูนย์เทคโนโลยีปุ๋ย, 2548) เพื่อให้ส่วนผสมของปุ๋ยเข้ากัน เมื่อส่วนผสมของปุ๋ยเข้ากันดีแล้วนำปุ๋ยมาทำการชั่งน้ำหนัก ให้ได้น้ำหนัก 20 kg จำนวน 5 sample เพื่อการทดสอบ 5 replicate จากนั้นใส่ปุ๋ยที่ชั่งเสร็จแล้วลงในถังป้อนปุ๋ยของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย ทำการจับเวลาเมื่อเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยทำงาน เมื่อปุ๋ยในถังป้อนหมดหยุดจับเวลา ทำจนครบ 5 replicate เสร็จแล้วนำปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้ไปลดความชื้นโดยไปทำการตากแดดประมาณ 1-2 แดด ให้ได้ความชื้นไม่เกิน 35 % (มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548) แล้วทำการชั่งน้ำหนักปุ๋ยที่ได้ทั้งหมด และทำการสุ่มตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดไปหาสภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ย ตัวอย่างละ 1 kg.จำนวน 10 Replicate ด้วยวิธีการเดียวกันกับการทดสอบหาขนาดมวลละของดิน (Sieve Analysis) ในงานวิศวกรรมโยธา โดยเลือกใช้ขนาดตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 mm) และเบอร์ 8 (2.36 mm) ดังแสดงใน Figure 3



Figure 3 Test Sieve for sieve analysis.

ค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์สภาพคงตัวของเม็ดปุ๋ยและเปอร์เซ็นต์เม็ดปุ๋ยแตกหัก และแตกเป็นฝุ่นผง

ความสามารถในการทำงาน (TC) ; (kg h^{-1})

$$TC = W / t \quad (1)$$

เปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ย(DoP) ; %

$$\% \text{ DoP} = (\text{WoP}/\text{Wt}) \times 100 \quad (2)$$

เปอร์เซ็นต์เม็ดปุ๋ยแตกหักและแตกเป็นฝุ่นผง(BoP) ; %

$$\% \text{ BoP} = (\text{WBoP}/\text{Wt}) \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ

W = น้ำหนักปุ๋ยอินทรีย์ที่อัดเม็ดได้ (kg)

t = เวลาที่ใช้ในการอัด (h)

WoP = น้ำหนักเม็ดปุ๋ยที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 4 (kg)

WBoP = น้ำหนักของเม็ดปุ๋ยค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 8 (kg)

Wt = น้ำหนักของเม็ดปุ๋ยค้างอยู่บนตะแกรงทั้งหมดและน้ำหนักปุ๋ยที่เป็นฝุ่นผง(kg)

2.2 การศึกษาตัวแปรและปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัด

วัตถุประสงค์ในการศึกษา คือต้องการรู้ปัจจัยที่มีผลกับคุณภาพการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งจรัสชัย และคณะ.(2550) ได้นิยามไว้ คือ เปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ยและเปอร์เซ็นต์เม็ดปุ๋ยแตกหักและแตกเป็นฝุ่นผง เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการกำหนดค่าการออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบ ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย ขนาดรูอัด เส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้ง ความเร็วรอบเพลารัด และความเร็วรอบเกลียวลำเลียง ดังแสดงใน Table 2. สำหรับตัวแปรขนาดรูอัด ความเร็วรอบเพลารัด และความเร็วรอบเกลียวลำเลียง ในการศึกษาในครั้งนี้จะกำหนดค่าของตัวแปรที่ได้จากการทดสอบเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) (Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR))

Table 2 Parameter and parameter value these studies.

Parameter	parameter value
hole on die (mm.)	5*
speed of feeder screw (rpm)	25*
speed of shaft pellet compression (rpm)	85,94,110
diameter of the roller (mm.)	65(2.5"),80(3"),100(4")

Remark: * TISTR

2.2.1 วิธีการทดสอบ

เริ่มจากการออกแบบสร้างชุดทดสอบ โดยกำหนดขนาดรูอัดเม็ดปุ๋ย 5 mm เพื่อให้ขนาดเม็ดปุ๋ยที่อัดได้มีขนาดเดียวกันกับเม็ดปุ๋ยของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) กำหนดความเร็วเกลียวลำเลียงที่ 25 rpm อัตราเดียวกันกับเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยของ วว. กำหนดขนาดมุมเกลียวที่ปลายเพลารัด 3 ขนาด เพื่อให้ความเร็วรอบที่เพลารัดแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 85 94 และ 110 rpm สร้างลูกกลิ้งอัดเม็ดขนาดเส้น

ผ่านศูนย์กลาง 65 80 และ 100 mm นำปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้ทำการผสมด้วยเครื่องผสมปุ๋ยตามอัตราส่วนการผสมที่เหมาะสมแล้ว คือ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการหมัก 35.80 kg แม่ปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ 54.20 kg และดินเหนียวละเอียด 10 kg (สูตรนาข้าวเร่งการเจริญเติบโต นาดินทราย) เมื่อส่วนผสมของปุ๋ยเข้ากันดีแล้วนำปุ๋ยมาทำการชั่งน้ำหนัก ให้ได้น้ำหนัก 20 kg จำนวน 27 sample เพื่อทำการทดสอบ จากนั้นทำการทดสอบโดยกำหนดค่าความเร็วรอบเพลารัด 85 rpm และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้ง 65 mm ทำการทดสอบ 3 replicate จากนั้นปรับความเร็วรอบเพลารัดเป็น 94 และ 110 rpm เปลี่ยนขนาดลูกกลิ้งอัดเม็ดเป็น 80 และ 100 mm เสร็จแล้วนำปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้ไปทำการตากแดดประมาณ 1-2 แดด ให้ได้ความชื้นไม่เกิน 35 % แล้วทำการชั่งน้ำหนักปุ๋ยที่ได้ทั้งหมด เพื่อหาความสามารถในการทำงานของชุดทดสอบ ดังสมการที่ 1 และทำการสุ่มตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดไปหาเปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ย เช่นเดียวกันกับข้อ 2.1.1

2.3 ขั้นตอนการสร้างเครื่อง

จากการศึกษาเอกสารและผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและองค์ประกอบในการออกแบบเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดจึงสามารถกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ ทำการออกแบบสร้าง ดังนี้

2.3.1 เกณฑ์ในการออกแบบ

- 1) เป็นเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ที่อัดได้สองหัวอัดพร้อมกัน
- 2) วัสดุที่ใช้ทำได้ทั่วไปและมีวิธีการสร้างไม่ซับซ้อน
- 3) ระบบส่งกำลังเป็นระบบสายพานซึ่งมีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า และสามารถเปลี่ยนชนิดต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็กแบบสูบเดียวได้
- 4) สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก และมีความปลอดภัยในการใช้งาน

2.3.2 ส่วนประกอบของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดที่พัฒนาขึ้นมา (The develop two Pelleting die Fertilizer Compression Machine)

จากการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและข้อมูลสำคัญอื่นๆ ที่นำมาประกอบการพิจารณาเพื่อออกแบบแล้ว จึงได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

โครงสร้างเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย โครงสร้างการออกแบบแข็งแรง เคลื่อนย้ายสะดวก รวมถึงจุดติดตั้งอุปกรณ์ทำให้การทำงานสะดวก

ต้นกำลังและชุดถ่ายทอดกำลัง ในการออกแบบเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยจะใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง แนวทางการเลือกจะใช้เลือกมอเตอร์ขนาดที่ใหญ่เพียงพอที่จะส่งกำลังได้โดยไม่ติดขัด ซึ่งพิจารณาจากเครื่องอัดเม็ดหรืออัดเชื้อเพลิงแท่งซึ่งมีหลักการที่คล้ายๆ กัน จึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 2.2 kW(3 Hp) ความเร็ว

รอบ 1,450 rpm ชุดถ่ายทอดกำลัง ทำหน้าที่ขับเคลื่อนและทดรอบและเพิ่มกำลังแรงบิดไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ชุดเกียร์ส่งกำลังของรถไถนาเดินตามรับกำลังจากมอเตอร์ ทำหน้าที่ขับเคลื่อนหัวอัดทั้งสองข้าง ดังแสดงใน Figure 4,5



Figure 4 Components of develop two pelleting die organic fertilizer compression machine.

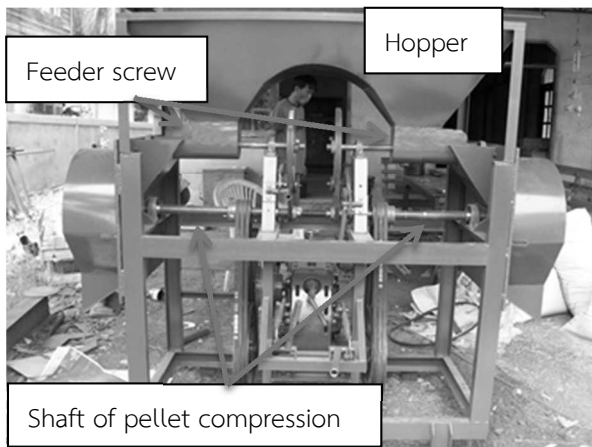


Figure 5 Components of develop two pelleting die organic fertilizer compression machine.

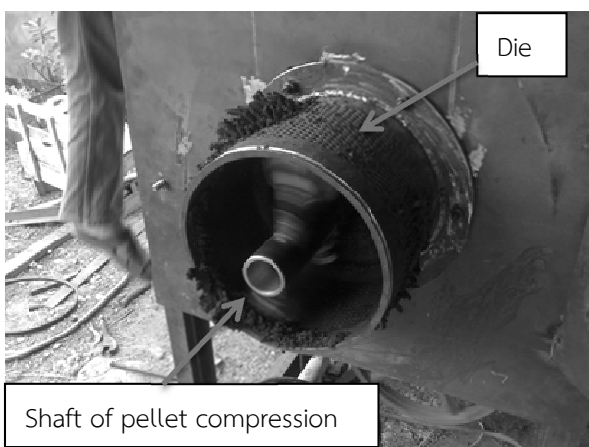


Figure 6 The compression die of develop two pelleting die organic fertilizer compression machine.

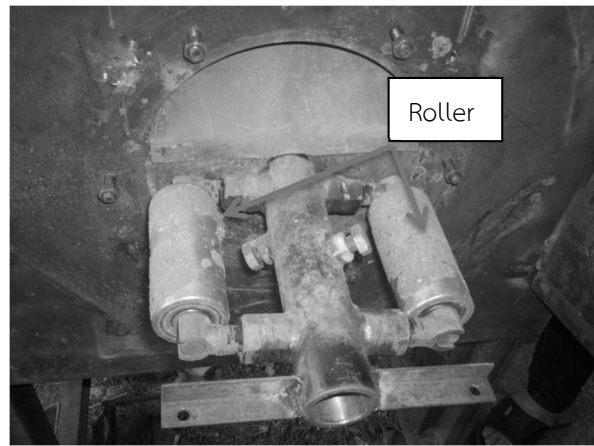


Figure 7 The roller of develop two pelleting die organic fertilizer compression machine.

2.3.3 อุปกรณ์อัดเม็ด ดังแสดงใน Figure 6

1) อุปกรณ์ลำเลียง (Feeder screw) ทำหน้าที่ลำเลียงปุ๋ยที่ใส่ลงในถังป้อนไปยังชุดหัวอัดปุ๋ย เกลียวลำเลียงทำด้วยเหล็กแผ่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียว 127 mm ความเร็วรอบ 25 rpm

2) ชุดหัวอัด (Pellets die) ทำหน้าที่รองรับปุ๋ยที่ผ่านมาจากเกลียวลำเลียงเพื่อจะทำการอัดเม็ด โดยการใส่ลูกกลิ้งเป็นตัวอัดเม็ดผ่านรูกระบอกหัวอัดเม็ด ทำจากเหล็กแผ่นม้วนกลมหนา 5 mm.เส้นผ่านศูนย์กลาง 254 mm (10 inch) ความเร็วรอบ เพลาอัด 110 rpm

3) ลูกกลิ้ง (Roller) ทำหน้าที่อัดเม็ดปุ๋ยที่อยู่ในหัวอัดผ่านรูของหัวอัดเพื่อที่จะให้ปุ๋ยที่ออกมาเป็นเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 mm ข้างละ 2 ลูก

2.4 การทดสอบประเมินผลของเครื่อง

ในการทดสอบประเมินผลของเครื่องเครื่องเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ที่ออกแบบสร้างขึ้น จากหัวข้อ 2.3 เพื่อหาสมรรถนะและคุณภาพในการอัดเม็ดปุ๋ย

2.4.1 วิธีดำเนินการทดสอบ

- 1) เตรียมเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดให้เรียบร้อย
- 2) ผสมปุ๋ยอินทรีย์ที่จะทำการอัดให้ได้น้ำหนัก 15 kg ทำการทดสอบ 2 หัวอัดพร้อมกัน ข้างละ 3 replicate
- 3) นำปุ๋ยอินทรีย์ที่เตรียมไว้ใส่ลงในถังป้อนปุ๋ยด้านบนของเครื่องฯ ทำการอัดเม็ดปุ๋ย จับเวลาเมื่อเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยทำงานเมื่อปุ๋ยในถังป้อนหมดหยุดจับเวลา ทำงานจนครบ 3 replicate เสร็จแล้วนำปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้ไปลดความชื้นโดยการตากแดด แล้วนำปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดทั้งหมดไปทำการชั่งน้ำหนัก แล้วสุ่มตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดบางส่วนเพื่อนำไปหาสภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ย ดังข้อ 2.1.1 และหาความหนาแน่นของเม็ดปุ๋ยเปรียบเทียบกับก่อนทำการอัดเม็ดและหลังอัดเป็นเม็ดแล้ว ดังแสดงใน Figure 8

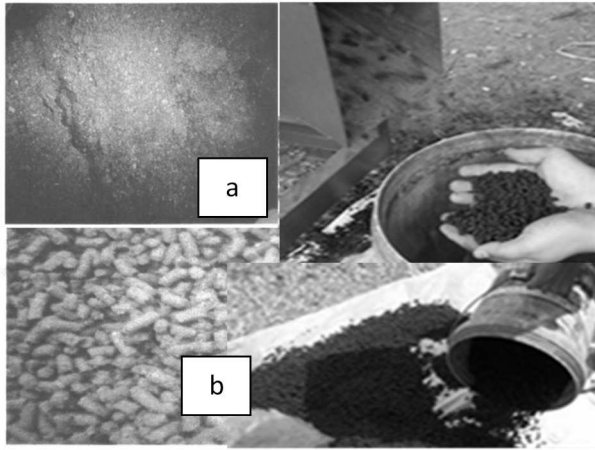


Figure 8 (a) Non Pellets Organic Fertilizer and (b) Pelleted Organic Fertilizer.

ค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ความสามารถในการทำงาน (kg h^{-1}) ดังสมการที่ 1 เปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ย ดังสมการที่ 2 เปอร์เซ็นต์เม็ดปุ๋ยแตกหักและแตกเป็นฝุ่นผง ดังสมการที่ 3 และความหนาแน่นเม็ดปุ๋ย (kg m^{-3}) ดังสมการที่ 4

ความหนาแน่นปุ๋ยอินทรีย์ก่อนทำการอัดเป็นเม็ด (ρ_{of})

$$\rho_{of} = \frac{m}{v} ; \text{kg m}^{-3} \quad (4)$$

ความหนาแน่นของเม็ดปุ๋ยที่อัดเป็นเม็ดแล้วใช้เครื่องมือวัด (เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของเม็ดปุ๋ยที่อัดได้จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักปุ๋ยด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล ซึ่งสามารถคำนวณหาความหนาแน่นของปุ๋ยอัดเม็ดได้ ดังสมการ ที่ 5

ความหนาแน่นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (ρ_{op})

$$\rho_{op} = \frac{m}{v} ; \text{kg m}^{-3} \quad (5)$$

เมื่อ

ρ_{of} = ความหนาแน่นปุ๋ยอินทรีย์ก่อนทำการอัดเป็นเม็ด

ρ_{op} = ความหนาแน่นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

m = มวล (kg)

v = ปริมาตร (m^3)

และทำการวิเคราะห์ผลเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างเปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ย และเปอร์เซ็นต์เม็ดปุ๋ยแตกหักและแตกเป็นฝุ่นผง ระหว่างเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร (The group agriculturalist pelleting fertilizer compression machine) และเครื่องอัดเม็ดแบบสองหัวอัดตันแบบที่พัฒนาขึ้น (The Develop two Pelleting die Fertilizer Compression Machine) ด้วยค่า Independent samples T- test ในโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการทดสอบเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์เบื้องต้น

จากการทดสอบเบื้องต้น ณ กลุ่มปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพบ้านนา-เหมืองน้อย ตำบลพังโคน อำเภอฟังโคน จังหวัดสกลนคร เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยเป็นเครื่องอัดเม็ดแบบแข็ง (Pelleting Machine) เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยจะมีกลไกการอัดแบบลูกกลิ้ง เป็นแบบ 1 หัวอัดใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ส่งกำลังด้วยสายพาน ขนาดรูหัวอัด 5 mm ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

จาก Table 3.แสดงผลการทดสอบ เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์เบื้องต้น พบว่า ที่ความชื้นเม็ดปุ๋ยระหว่าง 25-30 % (wb) เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร มีความสามารถในการทำงานระหว่าง $205.88 - 252.27 \text{ kg h}^{-1}$ มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยของเครื่องเท่ากับ 232.01 kg h^{-1} มีความสามารถในการทำงานสูงกว่า เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ของศูนย์เทคโนโลยีปุ๋ยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.) ได้ทำการทดสอบไว้

จาก Table 4 แสดงผลการทดสอบหาสภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ย พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของเม็ดปุ๋ยที่ค้างอยู่บนตะแกรง เบอร์ 4 เท่ากับ 938.69 g ได้เปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ยเท่ากับ 94.11% น้ำหนักเฉลี่ยของเม็ดปุ๋ยที่ค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 8 น้ำหนักเฉลี่ยเศษฝุ่นผงปุ๋ยที่อยู่บนถาดรอง เท่ากับ 30.73 g และ 27.97 g ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เม็ดปุ๋ยแตกหักและแตกเป็นฝุ่นผง เท่ากับ 5.89%

Table 3 Results of the group agriculturalist Pellet fertilizer compression machine capacity.

Replicate	Weight of organic fertilizer (kg)	Weight of pelleted organic fertilizer (kg)	Time (min)	Capacity (kg h^{-1})
1	20	17.50	5.10	205.88
2	20	18.20	4.90	222.86
3	20	18.40	4.50	245.33
4	20	18.30	4.60	238.70
5	20	18.50	4.40	252.27
average		18.18	4.70	233.01

Table 4 Results of tests the percentage durable of pelleted and percentage of broken pelleted by pelleting fertilizer compression machine the group agriculturalist.

Replicate	weight of pelleted Organic Fertilizer on sieve (g)		weight of non-pellet Organic Fertilizer (g)	Percentage of durable pellets (%)	Percentage of broken pellets (%)
	Sieve no. 4	Sieve no. 8			
1	950.50	26.00	22.50	95.15	4.85
2	938.40	31.30	30.00	93.87	6.13
3	952.00	31.10	15.00	95.38	4.62
4	939.60	32.20	24.90	94.27	5.73
5	942.10	31.40	25.70	94.29	5.71
6	916.10	33.50	48.00	91.83	8.17
7	948.00	25.80	22.00	95.20	4.80
8	937.80	32.40	26.30	94.11	5.89
9	914.70	39.00	42.20	91.85	8.15
10	947.70	24.60	23.10	95.21	4.79
Average	938.69	30.73	27.97	94.11	5.89

3.2 ผลการทดสอบตัวแปรและปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพการอัดเม็ดปุ๋ยและความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัด

ผลการทดสอบเพื่อหาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพการอัดเม็ดปุ๋ย โดยการทดสอบหาสภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ยด้วยวิธีการทดสอบหาขนาดมวลคละของดิน ขนาดตะแกรง เบอร์ 4 และเบอร์ 8 จาก Table 5 พบว่า ที่ขนาดรูอัด 5 mm. ความเร็วเพล

ลาล์ย 25 rpm ความเร็วรอบเพลอัด 110 rpm และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้ง 100 mm. ได้เปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ยสูงที่สุด เท่ากับ 93.80 % ความสามารถในการทำงาน 239.51 kg h⁻¹ และพบว่าที่ความเร็วรอบเพลอัด 110 rpm และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้ง 65 mm. ได้เปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ยสูงที่สุด เท่ากับ 91.33 % มีความสามารถในการทำงานสูงที่สุด เท่ากับ 274.26 kg h⁻¹

Table 5 Results of tests for factors affecting to percentage of durable pelleted and capacity.

Speed of shaft pellet compression (rpm)	Diameter of rollers (mm)	Percentage of durable pellets	Capacity (kg h ⁻¹)
85	65	91.57	269.16
	80	92.38	265.47
	100	93.03	242.12
94	65	91.57	272.31
	80	92.12	265.88
	100	93.46	242.12
110	65	91.33	274.26
	80	92.05	261.79
	100	93.80	239.51

จากผลการทดสอบพบว่าความเร็วรอบเพลอัดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้งเพิ่มขึ้น ทำให้คุณภาพเม็ดปุ๋ยสูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของจรชัย และคณะ (2550) ที่ได้ทำการศึกษาไว้พบว่า ร้อยละความคงตัวของความเป็นเม็ดปุ๋ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแปรผันตามตามตัวแปรทุกตัวคือ ความหนาของแผ่นอัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งและจำนวน

ลูกกลิ้ง แต่เมื่อพิจารณาจากความสามารถในการทำงานของเครื่องฯ พบว่าที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้ง 65 mm จะมีความสามารถในการทำงานสูงกว่าที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้ง 80 และ 100 mm เนื่องจากขนาดลูกกลิ้งที่ใหญ่ขึ้น จะทำให้เนื้อที่หรือช่องว่างภายในชุดกระบออัดเม็ดลดลง อัตราการป้อนปุ๋ยจะลดลงทำให้ได้ความสามารถในการทำงานต่ำ

ดังนั้น จึงพิจารณาเลือกขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ลูกกลิ้ง 65 mm. ที่ความเร็วรอบความเร็วรอบเพลาลัด 110 rpm ไปใช้ในการออกแบบสร้างเครื่อง เนื่องจากมีความสามารถในการทำงานสูงกว่า และมีคุณภาพการอัดเม็ดปุ๋ยหรือเปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ย เท่ากับ 91.33 % มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ซึ่งถือว่ายอมรับได้ของเกษตรกรผู้ใช้และผู้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

3.3 ผลการทดสอบและประเมินผลเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัด (The develop two Pelleting die Fertilizer Compression Machine)

ผลการทดสอบหาความสามารถในการทำงานและความหนาแน่นปุ๋ยอินทรีย์ก่อนและหลังอัดของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดต้นแบบที่ออกแบบสร้างขึ้น ดังแสดงใน Table 6, Table 7 แสดงผลการทดสอบหาความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดต้นแบบที่ออกแบบสร้างขึ้น โดยทดสอบอัดปุ๋ยอินทรีย์ หัวอัดที่ 1 ป้อน

ปุ๋ยอินทรีย์ 15 kg ใช้เวลา เฉลี่ย 3.35 min ได้น้ำหนักปุ๋ยอัดเม็ดเฉลี่ย 13.63 kg มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยของเครื่องเท่ากับ 244.06 kg h⁻¹ หัวอัดที่ 2 ป้อนปุ๋ยอินทรีย์ 15 kg ใช้เวลาเฉลี่ย 3.56 min ได้น้ำหนักปุ๋ยอัดเม็ดเฉลี่ย 13.47 kg มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยของเครื่องเท่ากับ 227.14 kg h⁻¹ เมื่อรวมความสามารถในการอัดเม็ดปุ๋ยทั้งสองหัวอัด พบว่าเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดต้นแบบ มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยของเครื่องเท่ากับ 471.20 kg h⁻¹ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร พบว่าความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดต้นแบบ มีความสามารถในการทำงานสูงกว่า เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร

จาก Table 7 พบว่าเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดต้นแบบ ทำให้ปุ๋ยอินทรีย์มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจากก่อนอัดเม็ด 393.33 kg m⁻³ เป็น 745.40 kg m⁻³ ทำให้ปริมาตรปุ๋ยลดลง 52%

Table 6 Test results of the two pellets die machine.

Test	Average weight (kg)		Time (min)		Capacity (kg h ⁻¹)	
	A	B	A	B	A	B
1	12.40	12.00	3.24	3.20	229.63	225.00
2	14.20	14.20	3.31	4.00	257.40	213.00
3	14.30	14.20	3.50	3.50	245.14	243.43
average	13.63	13.47	3.35	3.57	244.06	227.14
sum					471.20	

Note: A = 1st, B = 2nd (header compression)

Table 7 Effectiveness of the machine.

Effectiveness	Quantity	Unit
1. compression capacity of machine		
1.1 Pellet Organic Fertilizer	471.20	kg h ⁻¹
2. bulk density		
2.1 organic fertilizer	393.33	kg m ⁻³
2.2 Pellet Organic Fertilizer	745.40	kg m ⁻³

ผลการทดสอบหาเปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ยและเปอร์เซ็นต์เม็ดปุ๋ยแตกหักและแตกเป็นฝุ่นผง

จาก Table 8 แสดงผลการทดสอบหาสภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ยด้วยวิธีการทดลองหาขนาดมวลผลของดินขนาดตะแกรงเบอร์ 4 และ เบอร์ 8 พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของเม็ดปุ๋ยที่ค้างอยู่บนตะแกรง เบอร์ 4 เท่ากับ 911.85 g ได้เปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ย เท่ากับ 91.73 % น้ำหนักเฉลี่ยของเม็ดปุ๋ยที่ค้างอยู่บนตะแกรง เบอร์ 8 น้ำหนักเฉลี่ยเศษฝุ่นผงปุ๋ย ที่อยู่บนภาตรอง เท่ากับ 56.35 g. และ 25.85 g. ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เม็ดปุ๋ยแตกหักและแตกเป็นฝุ่นผงเท่ากับ 8.27% เมื่อเปรียบเทียบกับ

เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร พบว่าเปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ยของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดต้นแบบที่ออกแบบสร้างขึ้น ได้เปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ยต่ำกว่าเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกร เนื่องจากส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์มีกลบดิบผสมอยู่ด้วยทำให้เนื้อปุ๋ยหยาบ แต่อยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่า 90 % และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยระหว่างเปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ย และเปอร์เซ็นต์เม็ดปุ๋ยแตกหักและแตกเป็นฝุ่นผง ระหว่างเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรและเครื่องอัดเม็ดแบบสองหัวอัดต้นแบบที่

พัฒนาขึ้น ด้วยค่า Independent samples T- test ในโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังแสดงใน Table 9. พบว่าเปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ย และเปอร์เซ็นต์เม็ดปุ๋ยแตกหักและแตกเป็นฝุ่นผงระหว่างสองเครื่อง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านความละเอียดของปุ๋ยอินทรีย์ การตีป่นและการที่

เกษตรกรใช้แกลบรองพื้นคอกสัตว์ จะทำให้การตีป่นปุ๋ยไม่ได้ ความละเอียดที่เหมาะสมสำหรับการอัดเป็นเม็ด และผลมาจากการเลือกใช้ขนาดของกลิ้งขนาด 65 mm ทำให้เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรมีคุณภาพการอัดเม็ดที่ดีกว่า ถ้าจะออกแบบขนาดลูกกลิ้งให้มีขนาดใหญ่ขึ้นต้องเพิ่มขนาดของกระบอกอัดให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้นด้วย

Table 8 results of tests of the percentage durable of pelleted and percentage of broken pelleted of develop two pelleting die organic fertilizer compression machine.

Replicate	weight of pelleted Organic Fertilizer on sieve (g)		weight of non-pelleted Organic Fertilizer (g)	Percentage of durable pelleted (%)	Percentage of broken pelleted (%)
	Sieve no. 4	Sieve no. 8			
1	910.30	56.67	28.33	91.46	8.54
2	911.70	55.80	25.20	91.84	8.16
3	915.00	56.40	26.70	91.67	8.33
4	906.50	67.14	25.86	90.70	9.30
5	915.00	48.60	22.60	92.78	7.22
6	918.40	49.96	22.04	92.73	7.27
7	915.00	59.60	24.30	91.60	8.40
8	914.80	51.33	24.67	92.33	7.67
9	905.00	58.20	26.60	91.43	8.57
10	906.80	59.80	32.20	90.79	9.21
Average	911.85	56.35	25.85	91.73	8.27

Table 9 the statistic tests compare difference between of the percentage durable of pelleted.

Comparison List	The Group Agriculturalist Pellet Fertilizer Compression Machine		The development of Two Pellet Die Organic Fertilizer Compression Machine		t-test	P
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
Percentage of durable pelleted (%)	94.11	1.31	91.73	0.72	-4.39	0.001**

**Significant coefficient for confidence limits of 99%

4 สรุป

ผลการทดลองเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์เบื้องต้น พบว่าเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ของกลุ่มปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพบ้านนาเหมื่อนน้อยมีความสามารถในการทำงานระหว่าง 205.88-252.27 kg h⁻¹ เฉลี่ย 232.01 kg h⁻¹ มีเปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ยและเปอร์เซ็นต์เม็ดปุ๋ยแตกหักและเป็นฝุ่นผง เท่ากับ 64.11 % และ 5.89 % ตามลำดับ

ผลการศึกษาตัวแปรและปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพการอัดเม็ดปุ๋ยของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัด ที่ขนาดรูอัด 5 mm ความเร็วเพลาลำเลียง 25 rpm ที่ความเร็วรอบเพลาลำเลียง 110 rpm และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกกลิ้ง 65 mm. ได้

เปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ย เท่ากับ 91.33 % มีความสามารถในการทำงานสูงสุด เท่ากับ 274.26 kg h⁻¹

ผลการออกแบบสร้างเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดต้นแบบ (The develop two Pelleting die Fertilizer Compression Machine) ประกอบด้วย ชุดถ่ายทอดกำลังจากชุดเกียร์ส่งกำลังของรถไถนาเดินตาม เพื่อส่งถ่ายกำลังไปยังหัวอัดทั้งสองหัวอัด ถึงป้อนมีอุปกรณ์ลำเลียงไปยังชุดหัวอัดปุ๋ย เกลียวลำเลียงทำด้วยเหล็กแผ่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียว 127 mm ความเร็วรอบ 25 rpm หัวอัดเม็ดปุ๋ยจำนวน 2 หัวอัด ขนาดรู 5 mm ทำจากเหล็กแผ่นม้วนกลมหนา 5 mm เส้นผ่านศูนย์กลาง 254 mm ความเร็วรอบ เพลาลำเลียง 110 rpm ลูกรีดมีจำนวน 4 ลูกข้างละ 2 ลูก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 mm

ผลการทดสอบและประเมินผลเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดตันแบบ พบว่า มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 471.20 kg h^{-1} มีความหนาแน่นเม็ดปุ๋ยเท่ากับ 745.40 kg m^{-3} ทำให้ปริมาตรปุ๋ยลดลง 52 % มีเปอร์เซ็นต์สภาพการคงตัวของเม็ดปุ๋ยและเปอร์เซ็นต์เม็ดปุ๋ยแตกหักเป็นฝุ่นผงเท่ากับ 91.73 และ 8.27 % ตามลำดับ

สรุปผลงานวิจัยการพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบสองหัวอัดตันนี้ มีความสามารถในการทำงานสูงกว่าเครื่องตันแบบที่ออกแบบโดยช่างในท้องถิ่น และเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ในโครงการหนึ่งอำเภอหนึ่งโรงปุ๋ย แต่คุณภาพการอัดปุ๋ยยังด้อยกว่าเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ในโครงการหนึ่งอำเภอหนึ่งโรงปุ๋ย ซึ่งผู้วิจัยกำลังทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมโดยยึดรูปแบบการถ่ายทอดกำลังและจำนวนหัวอัดจำนวน 2 หัวอัดตามรูปแบบที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ แต่จะพัฒนาชุดหัวอัดจากกลไกการอัดแบบเพลาลูก(shaft of pellet compression) พาชุดลูกกลิ้งหมุนเป็นแบบเพลาลูกพาชุดกระบอกอัดหมุน

5 กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่สนับสนุนทุนวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ที่ให้สถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย กลุ่มปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพบ้านนาเหมืองน้อย ตำบลพังโคน อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร และกลุ่มเกษตรกรปลูกพืชผสมผสาน(ผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด) บ้านโพนบก ตำบลนาถ่อน อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม ที่ให้ข้อมูลและความร่วมมือ อันเป็นประโยชน์ในการศึกษาในครั้งนี้

6 เอกสารอ้างอิง

- จรัสชัย เย็นพยัป, พงศักดิ์ กฤตยพรพงษ์, วิศิษฐ์ ทางดี. 2550. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลในการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์โดยใช้กลไกการอัดแบบลูกกลิ้ง. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8. 22 – 24 มกราคม 2550. ขอนแก่น.
- ชาญยุทธ ตระกูลสรณคมน์. 2556. ศึกษากรรมวิธีการชุบแข็งสำหรับแม่พิมพ์อัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการผลิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ.
- ปรัชญา ธัญญาดี. 2536. ความจำเป็นในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อสิ่งแวดล้อม. วารสารพัฒนาที่ดิน 30(336): 37 – 46.
- สันติภาพ ปัญจพรรค. 2527. วิทยาการทางปุ๋ย. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศูนย์เทคโนโลยีปุ๋ย. 2548. เทคโนโลยีกระบวนการผลิตปุ๋ย (ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ปุ๋ยชีวภาพ). สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.). กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.