

การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ

DEVELOPMENT OF ORGANIC FERTILIZER PELLETS MILL MACHINE



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ

DEVELOPMENT OF ORGANIC FERTILIZER PELLETS MILL MACHINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF ORGANIC FERTILIZER PELLETS MILL MACHINE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG

ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อโครงการพิเศษ การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ
DEVELOPMENT OF ORGANIC FERTILIZER PELLETS MILL MACHINE

นักศึกษาผู้จัดทำ นาย ปรีชา พลศาสตร์ รหัสนักศึกษา 53010952
นาย รัฐพล วงศ์ขัตติย์ รหัสนักศึกษา 53011355
นาย วรุตม์ ใจดี รหัสนักศึกษา 53011436

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร
ปีการศึกษา 2556

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร. วินัย กล้าจริง	
ผศ.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายปรีชา	พลสาคร	53010952
	นายรัฐพล	วงศ์ขัติย์	53011355
	นายวรุตม์	ใจดี	53011436
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รศ.ดร.วินัย	กล้าจริง	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.ธีรพงศ์	ผลโพธิ์	
ปีการศึกษา	2556		

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ เครื่องมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ช่องป้อนหัวอัดเม็ดปุ๋ย มอเตอร์ต้นกำลัง ชุดเกสลิยวาล์วเลียง และแม่แบบ หลักการทำงาน คือนำปุ๋ยชีวภาพป้อนไปยังเกสลิยวาล์วเลียง ซึ่งจะรับกำลังจากมอเตอร์โดยผ่านเพลาทดรอบ และ จะถูกอัดเป็นเม็ดออกทางด้านข้างของตะแกรงแม่แบบแม่แบบ จากการทดสอบเครื่องอัดปุ๋ยได้ทำการหาความชื้นแห้งของปุ๋ยที่ 80%, 110% และ 115% และใช้ความเร็วในการทดสอบที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที, 292 รอบต่อนาที และ 334 รอบต่อนาที จากผลการทดลองพบว่าค่าความชื้นฐานแห้ง 115% และความเร็วรอบที่ 334 เป็นค่าที่เหมาะสมในการอัดเม็ดปุ๋ย และความสามารถในการทำงานที่เครื่องสามารถทำได้คือ ในการอัดเม็ดปุ๋ย 3 กิโลกรัม ใช้เวลา 1.5 นาที มีประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง 80 เปอร์เซ็นต์

Thesis Title	Development Of Organic Fertilizer Pellets Mill Machine		
Authors	Mr. Preesha	Ponsakorn	53010952
	Mr. Ratthapol	Wongkat	53011355
	Mr. Warut	Jaidee	53011436
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Vinai	Klajring and	
	Asst.Prof. Teerapong	PholPho	
Year	2013		

ABSTRACT

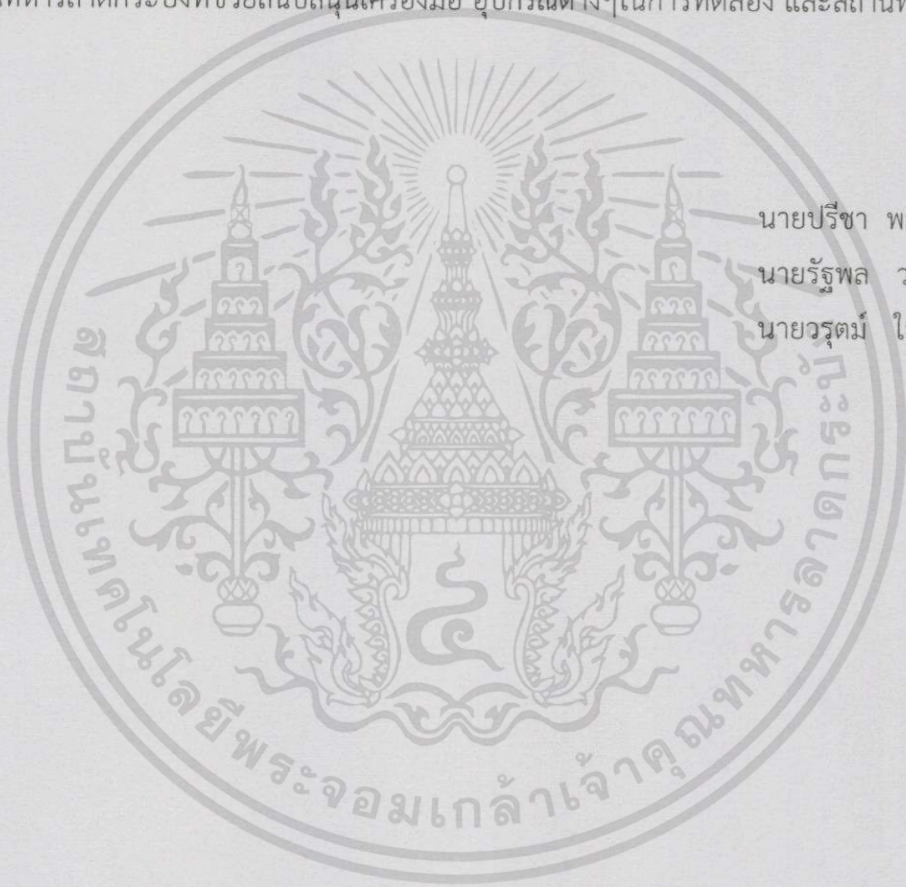
This project was development of organic fertilizer pellets mill machine. The machine consists of four parts. Which are an aperture feeder, a pelleting head, motor transmission sector and die. The working processes are as the following steps: put the organic fertilizer to the aperture feeder which powered from motor. the organic fertilizer is compressed to the side die. The test varied the moisture content of the organic fertilizer and the speed of the pellets mill machine. By 80%, 110% and 115% d.b. and 250, 292 and (334 rpm.) respectively. The results showed that 115% of dry basis and 334 (rpm.) is the most suitable for fertilizer pellets. Be able to do 3 (kg.) of fertilizer pellets in 1.5 minute and the efficiency of this machine was 80 percent.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การออกแบบพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยสำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือหลายบุคคล หลายๆฝ่ายด้วยกัน

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วินัย กล้าจริง อาจารย์ผู้ควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ และผศ.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจารย์ผู้ควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ร่วม ซึ่งเป็นแรงบันดาลใจในการทำโครงการเรื่องนี้ อีกทั้งได้ช่วยเหลือตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆมากมาย จนกระทั่งปริญญานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ขึ้นได้

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ช่วยสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆในการทดลอง และสถานที่ทำโครงการ



นายปรีชา พลสาคร

นายรัฐพล วงศ์ขัตติย์

นายวรุตม์ ใจดี

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของปุ๋ย	2
2.2 ปุ๋ยเคมี	2
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยในปัจจุบัน	3
2.3.1 การขึ้นรูปแบบปั้นเม็ด	3
2.3.2 การขึ้นรูปแบบอัดเม็ด	4
2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่อง	5
2.4.1 ทฤษฎีการออกแบบวัสดุ	5
2.4.2 ทฤษฎีการออกแบบเพลลา	6
2.4.3 ทฤษฎีการออกแบบระบบส่งกำลัง	11
2.4.4 กำลังขับเคลื่อนมอเตอร์และ มูเล่ย์	17
2.4.5 สูตรคำนวณหา Torque	17
2.4.6 ความเร็วสายพาน	17
2.4.7 ปริมาณความชื้นเปียก (Wet basis)	17
2.4.8 ปริมาณความชื้นแห้ง (Dry basis)	17

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบ	18
3.1 มอเตอร์ส่งกำลัง	18
3.1.1 แรงบิดมอเตอร์	18
3.1.2 การหาอัตราทด	18
3.2 ความเร็วชุดเกียร์วัด/ความเร็วของเพลา	19
3.3 สายพาน	19
3.3.1 ความเร็วของสายพาน	19
3.3.2 มุมสัมผัสของสายพาน	19
3.3.3 ส่วนโค้งสัมผัส	20
3.3.4 ความยาวสายพาน	20
3.3.5 จำนวนเส้นของสายพาน	20
3.3.6 แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง	20
3.3.7 ทอร์กที่เพลา	21
3.3.8 งานที่เพลา	21
3.4 การหาขนาดเพลา	21
3.5 ชุดป้อนปุ๋ย	22
3.6 โครงของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ	22
3.7 ชุดต้นกำลัง	23
3.8 ชุดส่งกำลังและใบอัด	23
3.9 ตะแกรงแม่แบบ	24
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	26
4.1 การทดสอบหาลักษณะของเม็ดปุ๋ยที่มีความขึ้นฐานแห้งต่างกัน	26
4.1.1 จุดประสงค์การทดสอบ	26
4.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	26
4.1.3 ขั้นตอนการทดสอบ	26
4.2 การทดสอบหาเวลาและความชื้นที่เหมาะสมในการอัดเม็ดปุ๋ย	31
4.2.1 จุดประสงค์การทดสอบ	31
4.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	31
4.2.3 ขั้นตอนการทดสอบ	32

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

4.3 การทดสอบหาอัตราการป้อน	36
4.3.1 จุดประสงค์การทดสอบ	36
4.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	36
4.3.3 ขั้นตอนการทดสอบ	37
4.4 การทดสอบหาอัตราการสูญเสียเนื่องจากการตกค้างของปุ๋ย	39
4.4.1 จุดประสงค์การทดสอบ	39
4.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	39
4.4.3 ขั้นตอนการทดสอบ	40
4.5 การทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดปุ๋ย	41
4.5.1 จุดประสงค์การทดสอบ	41
4.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	41
4.5.3 ขั้นตอนการทดสอบ	41
4.6 การทดสอบหาขนาดของเม็ดปุ๋ยชีวภาพ	45
4.6.1 จุดประสงค์การทดสอบ	45
4.6.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	45
4.6.3 ขั้นตอนการทดสอบ	45
4.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	52
4.7.1 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break Even Point) ของเครื่องอัดปุ๋ย	52
4.7.2 ต้นทุนจากค่าไฟฟ้า	53
4.7.3 ต้นทุนจากแรงงาน	53
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	54
5.1 สรุปผลการทดลอง	54
5.2 ข้อเสนอแนะ	54
ภาคผนวก ก	55
ภาคผนวก ข	60
เอกสารอ้างอิง	68

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 2.1	ขนาดระบุของเพลตามมาตรฐาน ISO/R775 – 1969	7
ตารางที่ 2.2	ค่าตัวประกอบความล้า	10
ตารางที่ 4.1	ลักษณะของเม็ดปุ๋ยที่ออกมาหลังจากการอัดเม็ด	28
ตารางที่ 4.1 (ต่อ)	ลักษณะของเม็ดปุ๋ยที่ออกมาหลังจากการอัดเม็ด	29
ตารางที่ 4.1 (ต่อ)	ลักษณะของเม็ดปุ๋ยที่ออกมาหลังจากการอัดเม็ด	30
ตารางที่ 4.2	ความชื้น 80% d.b. กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากการหมักปุ๋ย	33
ตารางที่ 4.3	ความชื้น 110% d.b. กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากการหมักปุ๋ย	34
ตารางที่ 4.4	ความชื้น 115% d.b. กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากการหมักปุ๋ย	35
ตารางที่ 4.5	อัตราการบ่อนที่ความชื้นต่างๆ ในเวลา 1 นาที	37
ตารางที่ 4.6	อัตราการสูญเสียเนื่องจากการตกค้างของปุ๋ย	40
ตารางที่ 4.7	การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย ที่ความเร็วรอบหัวอัด 250 rpm	41
ตารางที่ 4.8	การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย ที่ความเร็วรอบหัวอัด 292.35 rpm	42
ตารางที่ 4.9	การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย ที่ความเร็วรอบหัวอัด 334.11 rpm	43
ตารางที่ 4.10	ขนาดความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของปุ๋ยเม็ดชีวภาพ ที่ความเร็วรอบ 250 rpm	46
ตารางที่ 4.11	ขนาดความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของปุ๋ยเม็ดชีวภาพ ที่ความเร็วรอบ 292.35 rpm	48
ตารางที่ 4.12	ขนาดความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของปุ๋ยเม็ดชีวภาพ ที่ความเร็วรอบ 334.11 rpm	50
ตารางที่ 4.13	ต้นทุนรวมในการสร้างเครื่องอัดปุ๋ยเม็ด(ต้นทุนคงที่)	52
ตารางที่ 4.14	ต้นทุนส่วนปุ๋ยผสมต่อหนึ่งกิโลกรัม	53
ตารางผนวกที่ ก.1	แฟคเตอร์แก้ไข	56
ตารางผนวกที่ ก.2	ความยาวของสายพานลิ้มมาตรฐาน	57
ตารางผนวกที่ ก.3	สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด B ต่อเส้น	58
ตารางผนวกที่ ก.4	แฟคเตอร์แก้ไข K _θ	59

สารบัญญภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างเครื่องปั่นเม็ดปุ๋ย	3
รูปที่ 2.2 เครื่องอัดเม็ดแบบออกด้านหน้าหรือแบบเครื่องบดหมู	4
รูปที่ 2.3 เครื่องอัดเม็ดแบบอัดออกด้านข้าง(pellet mill)	5
รูปที่ 2.4 สกรูเดี่ยว	6
รูปที่ 2.5 สกรูคู่	6
รูปที่ 2.6 ครีบกวาด	6
รูปที่ 2.7 เพลายู่ภายใต้แรงต่าง ๆ	8
รูปที่ 2.8 หน้าตัดสายพานลิมและล้อสายพาน	12
รูปที่ 2.9 แผนภูมิที่เลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิม	13
รูปที่ 2.10 ลักษณะการขับด้วยสายพาน	13
รูปที่ 2.11 ภาพแสดงลักษณะต่างๆ ของสายพานที่ใช้สำหรับถ่ายทอดกำลัง	14
รูปที่ 2.12 เจอร์นัลแบริง(Journal Bearing)	15
รูปที่ 2.13 โรลลิ่งแบริง(Rolling Bearing or Anti-Friction Bearing)	16
รูปที่ 3.1 แบบโครงเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย	22
รูปที่ 3.2 มอเตอร์ไฟฟ้า	23
รูปที่ 3.3 ชุดส่งกำลัง	23
รูปที่ 3.4 ตะแกรงแม่แบบ	24
รูปที่ 3.5 เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ	25
รูปที่ 4.1 เม็ดปุ๋ยหลังจากการอัดเม็ดความชื้น 80%d.b. ที่ความเร็วรอบ 250,292.35และ334.11 rpm.	26
รูปที่ 4.2 เม็ดปุ๋ยหลังจากการอัดเม็ดความชื้น 110%d.b. ที่ความเร็วรอบ 250,292.35และ334.11 rpm.	27
รูปที่ 4.3 เม็ดปุ๋ยหลังจากการอัดเม็ดความชื้น 115%d.b. ที่ความเร็วรอบ 250,292.35และ334.11rpm.	27
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้น ที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา(วินาที)	36
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนกับความชื้น 80%d.b.	38
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนกับความชื้น 110% d.b.	38
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนกับความชื้น 115% d.b.	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น(%d.b.)กับประสิทธิภาพของหัวอัด ที่ความเร็วรอบ 250 rpm	42
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น(%d.b.)กับประสิทธิภาพของหัวอัด ที่ความเร็วรอบ 292.35 rpm	43
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น(%d.b.)กับประสิทธิภาพของหัวอัด ที่ความเร็วรอบ 334.11 rpm	44
รูปที่ 4.11 การวัดขนาดปุ๋ย	45
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความชื้นกับความยาวเฉลี่ยและเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ที่ความเร็วรอบ 250rpm.	47
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความชื้นกับความยาวเฉลี่ยและเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ที่ความเร็วรอบ 292.35 rpm.	49
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความชื้นกับความยาวเฉลี่ยและเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ที่ความเร็วรอบ 334.11 rpm.	51
รูปที่ ข.1 แบบจำลองเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ	61
รูปที่ ข.2 แบบจำลองของโครงเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ	62
รูปที่ ข.3 แบบจำลองแม่แบบขึ้นรูปเม็ดปุ๋ยชีวภาพ	63
รูปที่ ข.4 แบบจำลองเพลลาและเกลียวของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ	64
รูปที่ ข.5 แบบจำลองหัวอัดของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ	65
รูปที่ ข.6 แบบจำลองฮอปเปอร์ของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ	66
รูปที่ ข.7 แบบจำลองใบตัดของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ	67

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากปัจจุบันเกษตรกรไทยต้องแบกรับปัญหาเรื่องสภาพดินเสื่อมโทรมจากปุ๋ยเคมี และราคาปุ๋ยเคมีที่เพิ่มสูงขึ้น เกษตรกรจึงเริ่มหันมาใช้ปุ๋ยเคมีควบคู่ไปกับปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อเป็นตัดปัญหาเรื่องต้นทุน และปัญหาดินเสื่อมสภาพ

อีกทั้งการทำปุ๋ยชีวภาพค่อนข้างที่จะทำได้ง่ายเพราะเกษตรกรสามารถนำวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ย แต่ในการนำปุ๋ยชีวภาพไปใช้งานนั้นค่อนข้างมีหลายขั้นตอนจึงทำให้เกิดปัญหา ทางผู้ศึกษาจึงได้คิดและพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพขึ้น เพื่อให้การนำปุ๋ยชีวภาพไปใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาสร้างเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ
- 2) ทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1) ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมักชีวภาพ
- 2) ศึกษาออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ
- 3) ทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยมีประสิทธิภาพการทำงานสูง
- 2) หาค่าความชื้นที่เหมาะสมของปุ๋ยชีวภาพสำหรับการผลิตได้
- 3) สามารถนำไปใช้ในการศึกษาและพัฒนาเพื่อนำไปใช้ต่อไป

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของปุ๋ย

ปุ๋ย หมายถึง วัตถุใด ๆ ก็ตามที่มีธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเมื่อใส่ให้แก่พืชในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีและเร็วขึ้น

ปุ๋ยแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยอนินทรีย์

ปุ๋ยอนินทรีย์ คือ ปุ๋ยที่ได้จากสิ่งไม่มีชีวิต ส่วนมากมีอยู่ตามธรรมชาติแล้วผลิตขึ้นเพื่อนำมาใช้เป็นปุ๋ย เช่น หิน แร่ บางครั้ง เรียกกันว่า ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ หรือเรียกว่า ปุ๋ยเคมี

2.2 ปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมี คือสารประกอบอนินทรีย์ที่ให้ธาตุอาหารพืช เป็นสารประกอบที่ผ่านกระบวนการผลิตทางเคมี เมื่อใส่ลงไปดินที่มีความชื้นเหมาะสม ปุ๋ยเคมีจะละลายให้พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว มีอยู่ 2 ประเภท คือ

1) ปุ๋ยเดี่ยวหรือแม่ปุ๋ย ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียซัลเฟต โปแทสเซียมคลอไรด์เป็นต้น ซึ่งเป็นสารประกอบทางเคมี มีธาตุอาหารปุ๋ยคือ NหรือPหรือK เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยหนึ่งหรือสองธาตุแล้วแต่ชนิดของสารประกอบที่เป็นแม่ปุ๋ยนั้นๆมีปริมาณของธาตุอาหารปุ๋ยที่คงที่ เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต มีไนโตรเจน 20%N ส่วนโปแทสเซียมในเตรต มีไนโตรเจน13%N และโปแทสเซียม 46% K₂O อยู่ร่วมกันสองธาตุ

2) ปุ๋ยผสม ได้แก่ ปุ๋ยที่มีการนำเอาแม่ปุ๋ยหลายๆ ชนิดมาผสมรวมกัน เพื่อให้ปุ๋ยที่ผสมได้มีปริมาณสัดส่วนของธาตุอาหาร N P และK ตามที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ปุ๋ยที่มีสูตรหรือเกรดปุ๋ยเหมาะที่จะใช้กับพืชและดินที่แตกต่างกัน ปุ๋ยผสมนี้จะมีขายอยู่ในท้องตลาดทั่วไปเพราะนิยมใช้กันมาก ปัจจุบันเทคโนโลยีในการทำปุ๋ยผสมได้พัฒนาไปไกลมาก สามารถผลิตปุ๋ยผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสม่ำเสมอ มีการปั้นเป็นเม็ดขนาดสม่ำเสมอสะดวกต่อการใช้งาน ปุ๋ยประเภทนี้เก็บไว้ได้นาน ไม่จับก้อนกันเป็นก้อนแข็งๆ สะดวกแก่การใช้งาน

ปุ๋ยอินทรีย์ คือสารประกอบที่ได้จากสิ่งที่มีชีวิต ได้แก่ พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ที่ผ่านกระบวนการผลิตทางธรรมชาติ ปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุย ระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี ทำให้รากพืชสามารถชอนไชหาธาตุอาหารได้สะดวกยิ่งขึ้น ปุ๋ยอินทรีย์มี3ประเภทคือ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ละปุ๋ยพืชสด

1) ปุ๋ยคอก เป็นปุ๋ยที่ได้มูลของสิ่งมีชีวิต เช่น โค กระบือ สุกร คน เป็นต้น โดยอาจใช้ในรูปแบบปุ๋ยคอกแบบสด แบบแห้ง หรือนำไปหมักให้เกิดการย่อยสลายแล้วค่อยนำไปใช้ซึ่งต้องคำนึงถึงชนิดของดินปลະฟืชที่ปลูกด้วย โดยเฉพาะอาจทำให้เกิดความร้อน และมีการตั้งธาตุอาหารบางตัวไปใช้ในการย่อยสลายมูลสัตว์ ซึ่งอาจทำให้พืชแห้งเหี่ยวและตายได้ ประโยชน์ของปุ๋ยคอกนอกจากการช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้พืชแล้ว ยังช่วยทำให้ดินโปร่งและร่วนซุย ทำให้การเตรียมดินง่าย การตั้งตัวของต้นกล้าเร็วทำให้มีโอกาสรอดเพิ่มขึ้น

2) ปุ๋ยหมัก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำชิ้นส่วนของพืช วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น หญ้าแห้ง ใบไม้ ฟางข้าว ชังข้าวโพด กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล และแกลบข้าวจากโรงสีข้าว เป็นต้น มาหมักในรูปการกองทับกันบนพื้นหรือ อยู่ในหลุม เพื่อให้ผ่านการย่อยสลายให้เน่าเปื่อยเสียก่อนโดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์จนกระทั่งได้สารอินทรีย์วัตถุที่มีความคงทน ไม่มีกลิ่น มีสีน้ำตาลปนดำ

3) ปุ๋ยพืชสด คือ ปุ๋ยที่ได้จากการปลูกพืชบำรุงดิน เช่น พืชตระกูลถั่ว เมื่อพืชเจริญเติบโตถึงระยะหนึ่ง เราก็ทำการไถกลบในขณะที่พืชยังเขียวและสดอยู่ ซึ่งมักจะไถกลบในช่วงที่พืชกำลังออกดอก เพราะเป็นช่วงที่เหมาะสมแก่การให้ธาตุอาหารแก่พืชมากที่สุด

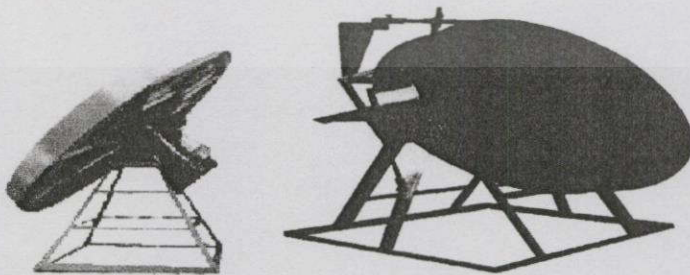
4) ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ปุ๋ยน้ำชีวภาพ น้ำสกัดชีวภาพ คือปุ๋ยที่ได้จากการสกัดน้ำเลี้ยงจากเซลล์พืชหรือเซลล์สัตว์โดยใช้กากน้ำตาลด้วยในกระบวนการหมักแบบไม่ต้องการอากาศโดยจุลินทรีย์จนได้น้ำสกัดสีน้ำตาล สารพวกคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน ฮอโรโมน โปรตีน และธาตุอาหารอยู่มาก ที่สำคัญคือ จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์จำนวนมากมายจะช่วยกำจัดควบคุมจุลินทรีย์ที่เป็นโทษไม่ให้เกิดบทบาททำให้สภาพแวดล้อมในดินและบริเวณต้นพืชดีขึ้น ดินดีขึ้น กระบวนการต่างๆใน

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยในปัจจุบัน

วิธีการขึ้นรูปเม็ดปุ๋ยที่มีตามท้องตลาดทั่วไป แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

2.3.1 การขึ้นรูปแบบปั้นเม็ด

เครื่องจักรที่ใช้คือ เครื่องขึ้นรูปแบบจานปั้นเม็ด



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างเครื่องปั้นเม็ดปุ๋ย

หลักการ ทำการปั่นเม็ดยับด้วยจานอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก ที่ดึงดูดวัตถุ ที่มีมวลหรือน้ำหนักให้วิ่งหนีศูนย์กลางของโลก หรือกล่าวง่าย ๆ ว่า ล่วงจากบนลงล่าง ดังนั้นเมื่อทำการปล่อยปุ๋ยที่เป็นลักษณะผงละเอียดลงในจากส่วนบนของจานปั่นเม็ดยับก็จะร่วงหรือลิ่งตามผิวของจานปั่น ในช่วงที่ลิ่งนั้นปุ๋ยจะจับตัวเป็นเม็ดได้ดีก็ต่อเมื่อปุ๋ยมีความชื้นที่เหมาะสม

เพื่อให้เกิดเป็นกระบวนการปั่นเม็ดยับที่ต่อเนื่องจึงใช้วิธีหมุนจานและปล่อยลงบนผิวจาน ขณะที่จานหมุนปุ๋ยจะลิ่งอยู่บนผิวจาน ระหว่างนั้นจะสเปรย์ฉีดน้ำผสมเข้าไปเพื่อสร้างความชื้น และให้เม็ดปุ๋ยยึดเกาะกันเป็นเม็ดกลม จุดที่น่าสังเกตจานจะแบ่งพื้นที่เป็น 2 วง ปุ๋ยจะถูกโรยลงในวงในและจะสเปรย์น้ำในวงในนี้ด้วย ดังนั้นการก่อตัวเม็ดปุ๋ยจะทำขึ้นที่ด้านวงในนี้ ส่วนพื้นที่วงนอกจะถูกใช้สำหรับเก็บงานปั่นผิวเม็ดยับให้กลมเนียน โดยจะใช้แรงงานคนใช้พลั่วตักจากด้านเพื่อตรวจสอบว่าได้ขนาดที่เหมาะสมหรือไม่ เมื่อได้ขนาดที่ต้องการก็จะเทลงวงนอกเพื่อให้ปุ๋ยมีเม็ดที่กลมเนียน หรือถ้าไม่ต้องการใช้คนตักจะใช้วิธีปล่อยให้เม็ดปุ๋ยล้นออกจากวงในสู่วงนอกเอง

2.3.2 การขึ้นรูปแบบอัดเม็ด

1) เครื่องอัดเม็ดแบบอัดออกด้านหน้าหรือแบบเครื่องบดหมู

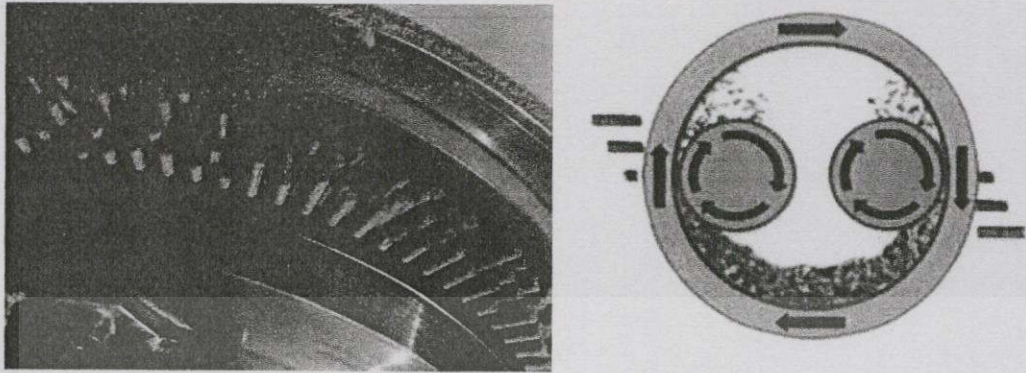


รูปที่ 2.2 เครื่องอัดเม็ดแบบออกด้านหน้าหรือแบบเครื่องบดหมู

หลักการ ตัวเครื่องหลักๆจะประกอบด้วย กระจบอกเลื้อยทำด้วยโลหะ แกนเกลียวเดียวหมุนที่มีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกระจบอกเลื้อยด้านใน และหน้าแปลนรู วิธีอัดคือใช้มอเตอร์หมุนเกลียวเดียว หมุนอยู่ในกระจบอกเลื้อย ปุ๋ยที่ถูกป้อนเข้าไปจะถูกเกลียวดันผ่านรูที่หน้าแปลนออกเป็นเส้นๆเหมือนการบดอัดเนื้อหมู หลังจากนั้นเส้นปุ๋ยจะหักออกเป็นท่อนๆ หรือบางเครื่องอาจมีการตัดตัวตัดเส้นเข้าไปเพื่อให้ได้ความยาวเม็ดปุ๋ยเท่าๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เครื่องอัดเม็ดแบบอัดออกด้านข้าง (Pellet mill)



รูปที่ 2.3 เครื่องอัดเม็ดแบบอัดออกด้านข้าง(pellet mill)

หลักการ จะใช้ชุดหมุนกดหรืออาจจะเรียกว่าลูกกลิ้งก็ได้ (rolling) หมุนภายในแม่แบบที่เป็นลักษณะเป็นตะแกรงทรงกระบอกซึ่งมีรูประมาณ 3-7 mm โดยหมุนเพื่อดันหรือกดอัดปุ๋ยที่ถูกป้อนเข้าไปในแม่แบบผ่านตามรูแม่แบบเป็นแท่งๆแล้วจะมีชุดตัดหมุนอยู่ด้านนอกเพื่อทำการตัดแท่งปุ๋ยออกเป็นเม็ดขนาดที่เหมาะสม ซึ่งเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดจะขึ้นอยู่กับขนาดของรูแม่แบบ

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่อง

2.4.1 ทฤษฎีการออกแบบวัสดุ

การเอกซ์ทรูด(Extrusion)คือการผสม การนวดและการขึ้นรูปเอาไว้ด้วยกัน วัสดุที่ผ่านการเอกซ์ทรูด จะถูกบีบอัดด้วยสกรู จากนั้นวัสดุจะถูกอัดผ่านช่องเปิดที่ขนาดคงที่ การเอกซ์ทรูดยังจัดเป็นการเพิ่มขนาด โดยวัสดุดิบที่มีขนาดเล็กหรือเป็นผงจะถูกขึ้นรูปใหม่ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

ส่วนประกอบหลักของการเอกซ์ทรูดเตอร์ ได้แก่

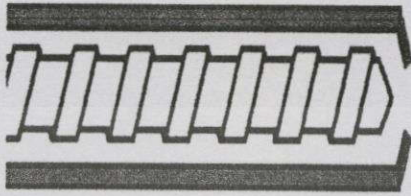
1) ทรงกระบอกที่หุ้มสกรู(barel)เป็นส่วนที่ยึดติดกับเครื่องมือ เคลื่อนย้ายลำบาก เนื่องจากมีน้ำหนักมาก ที่ผิวด้านในมักจะเจาะร่องเพื่อลดการสั่นไหวของวัสดุขณะเคลื่อนที่อยู่ภายใน และช่วยเพิ่มแรงอัด

2) สกรู(screw)จะเป็นแกนมีเกลียวอยู่รอบ แกนของสกรูอาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางคงที่หรือค่อยลดลงก็ได้ เกลียวบนตัวสกรูอาจมีระยะระหว่างเกลียวและความลึกของร่องเกลียวคงที่หรือไม่คงที่ก็ได้ หน้าที่ของสกรู คือ อัดวัตถุดิบ รับและขนถ่ายวัสดุ และเกิดการผสมทำให้ผลิตภัณฑ์สม่ำเสมอ

3) ส่วนช่องเปิด(die)ส่วนนี้จะอยู่ส่วนปลายของเครื่อง รูปร่างของช่องเปิดจะมีลักษณะต่างๆทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่างต่างกัน เช่น เป็นแท่ง ทรงกลม วงแหวน หลอด เป็นต้น

หลักการทํางาน

บาริล เป็นทรงกระบอกทรงภายในมีสกรู(screw)ซึ่งจะถูกหมุนด้วยมอเตอร์ที่ปรับความเร็วได้ อาจเป็นสกรูเดี่ยว(single screw extruder)หรือเกลียวคู่(twin screw extruder)

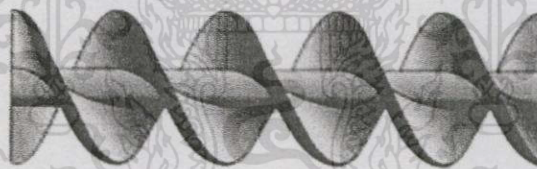


รูปที่ 2.4 สกรูเดี่ยว



รูปที่ 2.5 สกรูคู่

ครีบกวาดของสกรู(flight)ถูกออกแบบให้มีความสูงลดลงตามแนวยาวของสกรู อยู่ภายในกระบอกที่มีรัศมีลดลง ทำให้เกิดหน้าที่แตกต่างกัน ช่วงต้นของสกรูที่มีความสูงของครีบกวาดมาก จะทำหน้าที่ลำเลียงวัตถุดิบป้อนเข้าสู่ภายในและจะถูกคลุกเคล้าให้ผสมกันในช่องว่างระหว่างในครีบกวาดกับกระบอก เมื่อวัสดุลำเลียงมาถึงปลายสกรูจะถูกบังคับให้เคลื่อนที่ผ่านช่องเปิดเล็กๆซึ่งอยู่ทางออก วัสดุที่ออกมาจากเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์เรียกว่า เอกซ์ทรูเดท(extrudate)มีรูปร่างที่แตกต่างกันตามขนาดและรูปร่างของรูพิมพ์



รูปที่ 2.6 ครีบกวาด

2.4.2 ทฤษฎีการออกแบบเพลลา

เพลลาเป็นชิ้นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดจุดหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง ขณะใช้งานเพลลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่าง ๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวิญจักร ทำให้เกิดการล้าได้

(1) วัสดุที่ใช้ทำ

ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลานักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลาดำรับเป็นหลักโดยทั่วไปแล้ว จะพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลาดตามขนาด

(2) ขนาดของเพลานัก

เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลานัก ซึ่งเป็นขนาดระบุ (Normal Size) ใน ISO/R 755-1969 เอาไว้ให้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ทั้งนี้เพื่อให้สามารถซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาดด้วยขนาดระบุของเพลาดูได้จากตาราง

ตารางที่ 2.1 ขนาดระบุของเพลาดตามมาตรฐาน ISO/R775 - 1969

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น mm				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	400

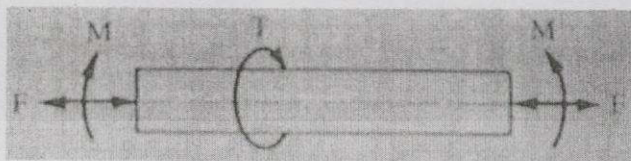
(3) หลักพิจารณาในการออกแบบเพลานัก

การคำนวณหาขนาดเพลานักที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้น มุมบิดของเพลานักที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ นั่นคือ เพลานักจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ในพิสัยที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนมีผลให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลานักเกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น

ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลานักในเครื่องจักรทั่วไปไม่เกิน 0.3 ต่อความยาวเพลานัก 1 เมตร สำหรับเพลานักส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มุมบิดได้ถึง 10 ต่อความยาวเพลานัก 20 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลานัก

(4) การออกแบบเพลตามัดของ ASME

ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด (code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป



รูปที่ 2.7 เพลอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพล ซึ่งเป็นกรออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static design method) ในการหาสมการสำหรับออกแบบเพลให้พิจารณาเพลในรูปที่ 2.5

ให้เพลเป็นกลมและกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d_i และ d ตามลำดับ ความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลมีดังต่อไปนี้ คือ

ความเค้นดึงหรือกด

$$\sigma_a = \frac{4F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \quad (2.1)$$

ความเค้นดัด

$$\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{32Md}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.2)$$

ความเค้นเฉือน

$$\tau_{xy} = \frac{T r}{J} = \frac{16Td}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.3)$$

ในกรณีที่เป็นแรงกดอาจมีผลจากการโค้งงอ (Buckling) ได้ ดังนั้นสมการ (3.1) จะกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4\alpha\alpha}{\pi(d^2 - d_i^2)} \quad (2.4)$$

เพลส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร เพราะเพลหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลจึงเกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าเป็นส่วนใหญ่สำหรับวิธีการคำนวณ ASME ใช้วิธีการแบบสถิตศาสตร์ ดังนั้นต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ดังนั้นสมการ (2.2) และ (2.3) จึงกลายเป็น

$$\sigma_b = \frac{32C_m M d}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.5)$$

$$\tau_{xy} = \frac{16C_t T d}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.6)$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวม คือ

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_b \quad (2.7)$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau = \left[\tau_{xy}^2 + \left[\frac{\sigma}{2} \right]^2 \right]^{1/2}$$

แทนค่าสมการลงในสมการข้างบนและจัดรูปใหม่จะได้

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)} \left[(C_t T)^2 + \left[\frac{\alpha F d (1+K^2)}{8} + C_m M \right]^2 \right]^{1/2} \quad (2.8)$$

โดยที่ $k = d_1/d$

กรณีไม่มีแรง f กระทำอยู่ด้วยสมการ (2.8) จะลดรูปลดลงเหลือเพียง

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)} \left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right]^{1/2} \quad (2.9)$$

ในกรณีของเพลาดัน $k = d_1/d = 0$ เมื่อแทนค่าลงในสมการ (2.9) ก็จะได้สมการ

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau} \left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right]^{1/2} \quad (2.10)$$

ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งหาได้จากราย

2.10

ตารางที่ 2.2 ค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลายู่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลามุม :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

สำหรับตัวประกอบความโค้งงอ ASME ได้แนะนำให้ใช้ดังนี้

$$\alpha = 1 \text{ เมื่อ } F \text{ เป็นแรงดึง} \quad (2.11)$$

$$\alpha = \frac{1}{1 - 0.0044(L/K)} \text{ เมื่อ } \frac{L}{K} \leq 115 \quad (2.12)$$

$$\alpha = \frac{\sigma_y (L/K)^2}{\pi^2 n E} \quad (2.13)$$

เมื่อ $n = 1.00$ เมื่อปลายเป็นแบบ SS

$n = 2.25$ เมื่อปลายเป็นแบบ CC

$n = 1.6$ เมื่อปลายถูกขึ้นเป็นบางส่วน (partially nestrained)

L = ความยาวจริงของเพล

นอกจากนี้ค่าของ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่า เพลที่มีอยู่ในงานธรรมดาทั่วไปควรมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

$$\tau_d = 55 \frac{N}{mm^2} \quad \text{สำหรับเพลที่ไม่มีร่องลิ้ม}$$

$$\tau_d = 41 \frac{N}{mm^2} \quad \text{สำหรับเพลที่มีร่องลิ้ม}$$

แต่ถ้ากำหนดวัสดุของเพลที่บอกถึงหมายเลขของโลหะหรือส่วนผสมของโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งานจากสมการ (14) โดยเลือกใช้ค่าน้อยมาคำนวณคือ

$$\tau_d = 0.3\sigma_y \text{ หรือ } \tau_d = 0.18\sigma_u \quad (2.14)$$

และถ้าเพลมีร่องลิ้มให้ลดค่าความเค้นเฉือนการใช้งานโดยใช้เพียง 75% ของค่าสมการ (2.14)

(5) ความแข็งแรงทางการบิด

สำหรับเพลที่มีขนาดสม่ำเสมอ มุมบิดเป็น rad จะหาค่าได้จากสมการ

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \quad (2.15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเพลากลมตัน $J = \frac{\pi}{32} d^4$ ดังนั้นจึงหาค่ามุมบิดเป็นองศาได้จากการสมการ

$$\theta = \frac{584TL}{Gd^4} \quad (2.16)$$

ถ้าเป็นเพลากลมกลวง

$$\theta = \frac{584TL}{(1-K^4)Gd^4} \quad (2.17)$$

ฉะนั้นถ้าต้องการให้เพลามีความแข็งแรงตามลักษณะการใช้งานแล้วก็ควรจะใช้สมการข้างบนนี้ตรวจสอบมุมบิดให้อยู่ในค่าที่ต้องการ

2.4.3 ทฤษฎีการออกแบบระบบส่งกำลัง

สำหรับงานเครื่องจักรกลที่ต้องใช้มอเตอร์เป็นตัวต้นกำลังนั้น การเลือกชนิดของมอเตอร์การกำหนดระบบส่งกำลัง การกำหนดความเร็วรอบ ฯลฯ จะมีการเจาะจงโดยเฉพาะกับเครื่องนั้นๆ ซึ่งเพื่อความเหมาะสมของแต่ละเครื่องแต่ละขั้นตอน ที่ผู้ออกแบบจะต้องศึกษาถึงระบบต่างๆ เพื่อช่วยในการออกแบบให้เครื่องนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

ระบบส่งกำลังคือการชักนำ การถ่ายกำลังจากตัวต้นกำลังจากแกนหนึ่งไปสู่อีกแกนหนึ่งซึ่งการส่งกำลังที่กระทำนี้มีทิศทางการทำงานทั้งที่ทิศทางเดียวกัน และทิศทางสวนทางกัน เป็นการช่วยเพิ่มความเร็วยรอบของต้นกำลังให้มากขึ้น หรือลดความเร็วรอบต้นกำลังให้ช้าลง เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้เป็นระบบส่งกำลังที่ยกเป็นตัวอย่าง ทั้งนี้เพราะระบบส่งกำลังมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน วิธีต่อไปนี้เป็นระบบส่งกำลังที่ใช้กันมากคือ

1. การส่งกำลังด้วยสายพาน
2. การส่งกำลังด้วยโซ่
3. การส่งกำลังด้วยเฟือง

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการส่งกำลังด้วยสายพานเท่านั้น เนื่องจากการส่งกำลังด้วยสายพานบำรุงรักษาและซ่อมแซมได้ง่าย ราคาถูกและหาได้ง่าย มีอัตราการทดรอบได้สูง ไม่มีเสียงรบกวน

การส่งกำลังด้วยสายพาน

การส่งกำลังทางกลจากเพลานหนึ่งไปยังเพล่อีกอันหนึ่ง อาจทำได้ 3 วิธีคือ โดยใช้เฟืองใช้สายพานหรือใช้โซ่ การส่งกำลังโดยสายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียหลายประการเมื่อเทียบกับการส่งกำลังโดยใช้เฟือง ข้อดีก็คือ มีราคาถูกและใช้งานง่ายรับแรงกระตุกและสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดังเหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลที่อยู่ห่างกันมากๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงต่ำ เป็นต้น แต่มีข้อเสียคือ อัตราการทดไม่แน่นอนนักเนื่องจากการสลิป และการครีพ ของสายพานและต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลหรือปรับแรงตึงในสายพานระหว่างใช้งานนอกจากนั้นยังไม่อาจใช้งานที่อัตราทดสูงมากได้ซึ่งมักใช้กับอัตราการทดไม่เกิน 5

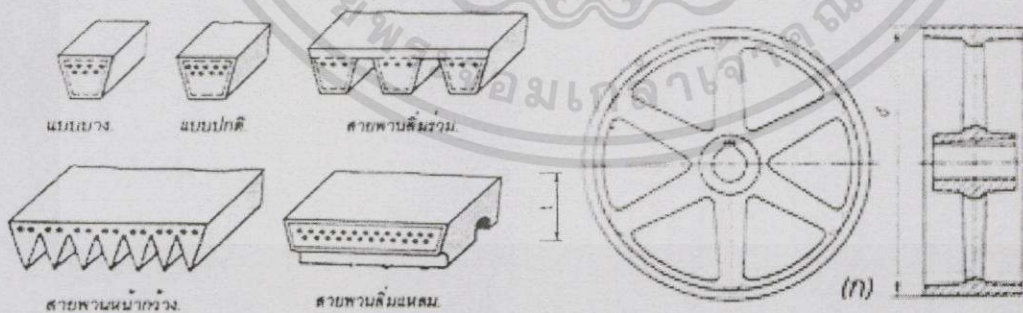
ชนิดของสายพาน

สายพานแบ่งออกเป็นสี่ชนิดตามลักษณะหน้าตัดของสายพานคือ สายพานแบน มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สายพานลิ่ม มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูสายพานกลม มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม และโทม์มิงเบิ้ลท์ มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะทำเป็นร่องคล้ายฟันเพื่อลดตลอดความยาวของสายพาน สายพานแต่ละชนิดจะมีลักษณะในการใช้งานต่างกัน ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานแบบลิ่มที่จะนำมาใช้ในการออกแบบเท่านั้น

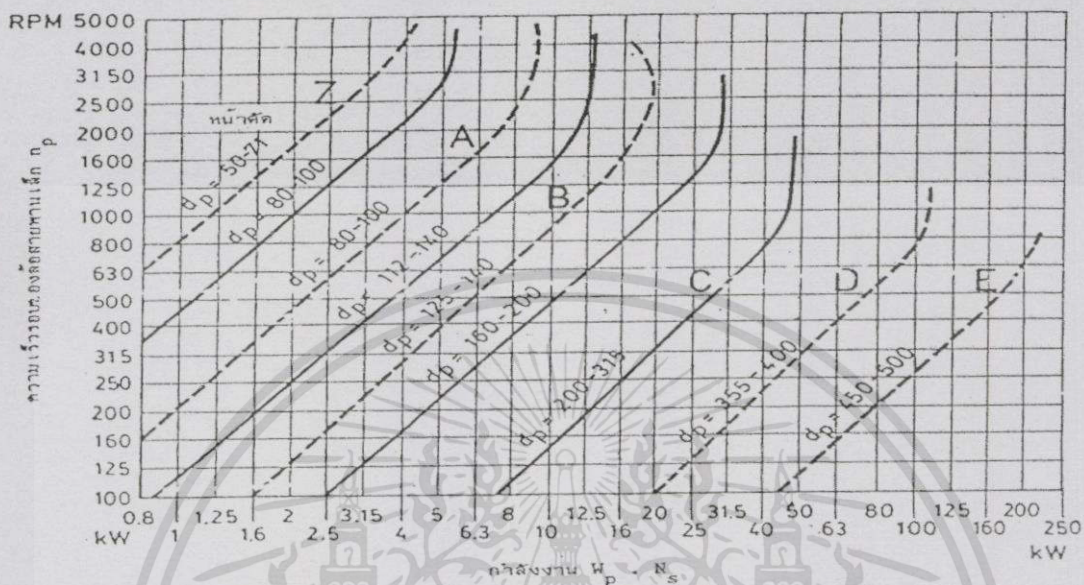
ขนาดสายพานและล้อสายพานลิ่มสายพานลิ่มมีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตซ์ และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ มีขนาด SPZ SPA SPB SPC และสายพานลิ่มแบบธรรมดา มีขนาด Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ่มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานแบบลิ่มและล้อสายพานดูได้จากรูปที่ 2.12 ส่วนขนาดต่างๆ

ลักษณะการขับด้วยสายพาน

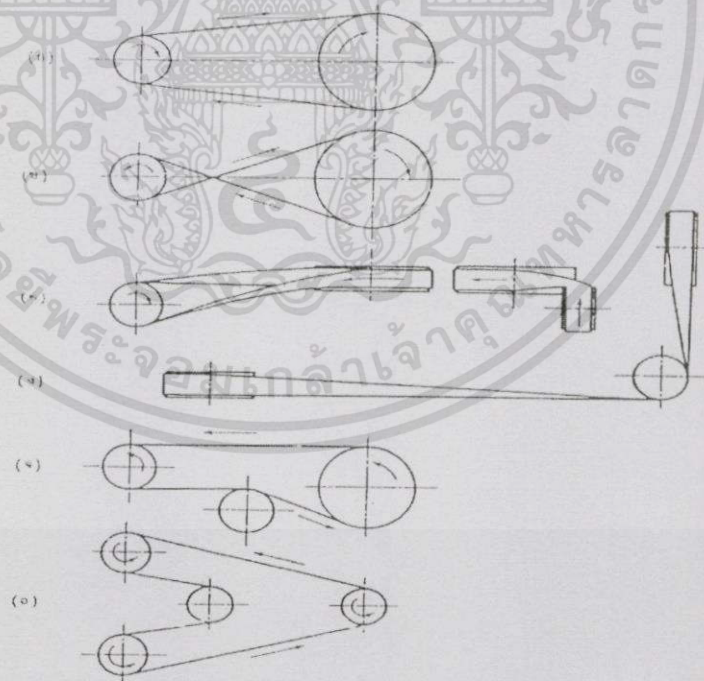
เนื่องจากคุณสมบัติในการอ่อนตัวของสายพาน จึงอาจจัดลักษณะการขับของสายพานได้ต่าง ๆ กัน ลักษณะทั่วไปที่นิยมใช้ในการขับด้วยสายพานดูได้จากรูปที่ 2.14 เมื่อต้องการขับเพลลาที่อยู่ขนานกันและต้องการให้เพลลาทั้งสองหมุนในทิศทางเดียวกัน ก็จะทำให้ในลักษณะดังรูปที่ 2.14 (ก) ซึ่งเรียกว่าโอเพนไดรฟ์ และถ้าเพลลาอยู่ห่างกันมากควรจะให้สายพานด้านล่างตึง และด้านบนหย่อน แต่ถ้าต้องการให้เพลลาทั้งสองหมุนสวนทางกันก็ทำได้โดยใช้วิธีดังรูป 2.14 (ข) ซึ่งเรียกว่าครอสไดรฟ์ แต่การขับในลักษณะนี้จุดที่สายพานไขว้กันจะทำให้สายพานถูกัน ทำให้สายพานเกิดการสึกหรอมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้สายพานเกิดการสึกหรอมากเกินไปจึงควรให้จุดศูนย์กลางของล้อสายพานอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่า 20 เท่าของความกว้างสายพาน และทำงานที่ความเร็วสายพานไม่เกิน 15 เมตร/วินาที



รูปที่ 2.8 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน



รูปที่ 2.9 แผนภูมิที่เลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ้ม



รูปที่ 2.10 ลักษณะการขับเคลื่อนด้วยสายพาน

(ก) โอเพ่นไดรฟ์ (ข) ครอสไดรฟ์ (ค) ควอเตอร์เทอนไดรฟ์ (ง) มิวส์ไดรฟ์

(จ) แสดงการขับโดยใช้ล้อช่วย (ฉ) รีเวสต์ไดรฟ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขับแบบควอเตอร์เทอนไดรฟ์ ดังรูป 2.10 เมื่อเพลาทั้งสองตั้งฉากกัน เพื่อป้องกันไม่ให้สายพานหลุดออกจากล้อสายพานขณะใช้ล้อสายพานที่กว้างเพียงพอ โดยทั่วไปมักจะต้องการกว้างมากกว่าความกว้างสายพานไม่น้อยกว่า 1.4 เท่า และก่อนใช้งานจะต้องทดสอบก่อนเสมอ ส่วนการขับแบบมิวล์ไดรฟ์ได้ ดังรูป 2.10 (ง) ใช้เมื่อเพลาทั้งสองตั้งฉากกัน แต่ไม่อาจจัดในลักษณะวอเตอร์ไดรฟ์ได้ หรือเมื่อต้องการให้หมุนกลับทิศทางได้

เมื่อไม่สามารถใช้ขับลักษณะโอเพ่นไดรฟ์ได้ เพราะส่วนโค้งสัมผัส บนล้อสายพานเล็กมีค่าน้อยเกินไป (เพราะอัตราทดสูง และล้อสายพานอยู่ใกล้กันมาก) หรือไม่อาจทำให้สายพานตึงได้โดยวิธีอื่น ก็อาจทำได้โดยใช้ล้อช่วย ดังรูป 2.10 (จ) เป็นการช่วยให้สายพานสัมผัสกับล้อมากขึ้น ซึ่งเพิ่มกำลังที่ส่งได้ด้วย ส่วนการขับแบบริเวอลไดรฟ์ ใช้เมื่อต้องการส่งกำลังไปยังเพลาลายๆ อันพร้อมกัน



รูปที่ 2.11 ภาพแสดงลักษณะต่างๆ ของสายพานที่ใช้สำหรับถ่ายทอดกำลัง

- | | |
|----------------------------|---|
| (A) สายพาน-V- มาตรฐาน | (G) สายพาน-V- ใช้ความเร็ว เปลี่ยนไป ง่ายๆ |
| (B) สายพาน-V-แบบพิเศษ | (H) สายพานห้องฟันขอบต่ำ |
| (C) สายพาน-V-ขอบต่ำ | (I) สายพานหกเหลี่ยม |
| (D) สายพาน-V-แบบใช้งานเบาๆ | (J) สายพานฟัน |
| (E) สายพาน-V-แบบแคบ | (K) สายพานร่องสวม |
| (F) สายพาน-V-มุมกว้าง | (L) สายพานที่ทำจากส่วนผสมของหนังและไนลอน |

ความยาวสายพาน

$$\text{จากสูตร } L = 2C + 1.57(D + d) + (D - d)^2 / (4C)^2 \quad (2.18)$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางมูเลย์ต์ัวใหญ่

เมื่อ d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางมูเลย์ต์ัวเล็ก

เมื่อ C คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมูเลย์ต์ัวทั้งสอง

มุมสัมผัสสายพาน

$$\text{จากสูตร } \theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1} (D - d) / 2C \quad (2.19)$$

แรงดึงสายพาน

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } F_1 / F_2 &= e^{f\theta} \quad (2.20) \\ H &= (F_1 / F_2) V \end{aligned}$$

F_1 = แรงดึงด้านดึงของสายพาน

F_2 = แรงดึงด้านหย่อนของสายพาน

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างสายพานกับมูเลย์ต์ัว มีค่า 0.35

θ = มุมสัมผัสสายพานหย่อน หน่วย rad

H = กำลังงานที่ส่งออก

V = ความเร็วสายพาน

การออกแบบลูกกลิ้ง

แบริ่ง(Bearing)เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการรองรับการหมุนหรือการเคลื่อนที่ในรูปแบบอื่นของชิ้นส่วนในขณะที่ชิ้นส่วนนั้นทำงาน เพื่อช่วยให้แรงเสียดทานที่กระทำต่อชิ้นส่วนนั้นลดลง ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

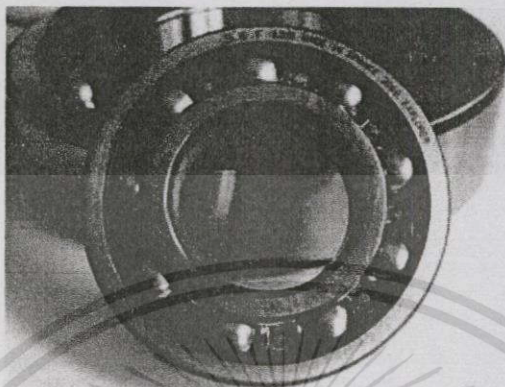
(1) เจอร์นัลแบริ่ง(Journal Bearing)เป็นแบริ่งที่ประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ เพลาที่หมุนเรียกว่าเจอร์นัล ส่วนรองรับเพลาเรียกว่า แบริ่ง และน้ำมันหล่อลื่น สำหรับความสามารถในการหมุนหรือความสามารถรองรับการเคลื่อนที่ของเจอร์นัลขึ้นกับคุณสมบัติ ความหนืด ความหนานแน่นของน้ำมันหล่อลื่น



รูปที่ 2.12 เจอร์นัลแบริ่ง(Journal Bearing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) โรลลิ่งแบร์ริง(Rolling Bearing or Anti-Friction Bearing)เป็นแบร์ริงที่ใช้งานเป็นส่วนใหญ่เรียกในท้องตลาดว่า ตลับลูกปืน ซึ่งประกอบด้วยลูกกลิ้ง เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เม็ดลูกปืน ที่ถูกจับยึดด้วยตัวยึดลูกกลิ้ง(Retainer)และติดตั้งไว้ระหว่างวงแหวนภายนอก(Outer Ring)และวงแหวนภายใน (Inner Ring)



รูปที่ 2.13 โรลลิ่งแบร์ริง(Rolling Bearing or Anti-Friction Bearing)

โดยทั่วไปแล้วจะจำแนกตามลักษณะของการรับแรงแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ Bearing รับแรงในแนวรัศมี และ Bearing รับแรงในแนวแกน

อายุการใช้งานของแบร์ริง

อายุของbearing คือ จำนวนรอบของแบร์ริง ซึ่งรับภาระที่ความเร็วคงที่ จะเกิดการเสียหายอย่างใดอย่างหนึ่งขึ้น การล้าจะเกิดขึ้นถ้าผิวของแบร์ริงเกิด Spalling ขึ้น

การกำหนดขนาดของแบร์ริงตามมาตรฐาน ISO

เนื่องจากการใช้แบร์ริงกันอย่างแพร่หลายทางสมาคมผู้ผลิตโรลลิ่งแบร์ริงจึงได้วางมาตรฐานกำหนดขนาดและหลักเกณฑ์ที่จะใช้ในการเลือกแบร์ริงเหล่านี้ขึ้น ทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ได้สะดวก ตัวแปรสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการออกแบบคือความเสียหายในแบร์ริงซึ่งที่จริงในการทำงานความเสียหายมีความสำคัญน้อยมาก แต่ทางทฤษฎีสามารถหากำลังงานที่สูญเสียไปกับความเสียหายได้ สัญลักษณ์บอกขนาดของ แบร์ริงตามISO แสดงไว้ในรูปสัญลักษณ์ 4 กลุ่มด้วยกันคือ

กลุ่ม 1	ชนิดของแบร์ริง
กลุ่ม 2	บอกความกว้าง
กลุ่ม 3	บอกขนาด OD
กลุ่ม 4	บอกขนาด Bore

2.4.4 กำลังขับเคลื่อนมอเตอร์ และ มุเลย์

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad W_p &= 2\pi nT / 60 & (2.21) \\ H_p &= W_p / 745 \end{aligned}$$

T = แรงบิดที่เกิดขึ้น (N/m)
n = ความเร็วรอบของมอเตอร์ rpm

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad D_1 n_1 &= D_2 n_2 & (2.22) \\ D &= \text{เส้นผ่านศูนย์กลางมุเลย์} \\ n &= \text{ความเร็วรอบ} \end{aligned}$$

2.4.5 สูตรคำนวณหา Torque

$$\text{จากสูตร} \quad T = W_p * 60 / 2\pi n \quad ; \text{ (N/m)} \quad (2.23)$$

2.4.6 ความเร็วสายพาน

$$\text{จากสูตร} \quad V = \pi Dn / 60 \quad (2.24)$$

D = เส้นผ่านศูนย์กลางมุเลย์ (m)

V = ความเร็วเชิงเส้น (m/s)

n = ความเร็วรอบมุเลย์

2.4.7 ปริมาณความชื้นเปียก (Wet basis)

$$\text{จากสูตร} \quad \%Mc \text{ (w.b.)} = \frac{W_w}{W_w + W_d} \cdot 100 \quad (2.25)$$

2.4.8 ปริมาณความชื้นแห้ง (Dry basis)

$$\text{จากสูตร} \quad \%Mc \text{ (d.b.)} = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100 \quad (2.26)$$

W_w = มวลวัตถุเริ่มต้น

W_d = มวลวัตถุที่แห้ง

บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบ

3.1 มอเตอร์ส่งกำลัง

มอเตอร์ส่งกำลัง 3 Hp = 2.238 kW ความเร็วรอบ 1450 rpm

3.1.1 แรงบิดมอเตอร์

จากสูตร
$$W_p = \frac{2\pi n T}{60} \quad (3.1)$$

n = ความเร็วรอบของมอเตอร์

T = แรงบิด

W_p = กำลังงานมอเตอร์

จากสูตร
$$T = \frac{W_p \times 60}{2\pi n} \quad (3.2)$$

แทนค่า
$$T = \frac{3 \times 746 \times 60 \times 1000}{2\pi \times 1450}$$
$$T = 145466.57 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

3.1.2 การหาอัตราทด

จากสูตร
$$M_w = \frac{D_2}{D_1} \quad (3.3)$$

D_2 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมูเลย์ตัวตาม(mm)

D_1 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมูเลย์ตัวขับ(mm)

แทนค่า
$$M_w = \frac{300}{87.5}$$

$$M_w = 3.4:1$$

3.2 ความเร็วชุดเกสียว้ด/ความเร็วของเพลลา

$$\text{จากสูตร} \quad n_a = \frac{n}{M_w} \quad (3.4)$$

n_a = ความเร็วชุดเกสียว้ดเพลลา(rpm)

$$\text{แทนค่า} \quad n_a = \frac{1450}{3.33}$$

$$n_a = 435.4 \text{ rpm}$$

3.3 สายพาน

เลือกใ้สายพานส่งกำลังแบบลิ้ม(V-Belt) เพราะเกิดการ slip น้อย

ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมูล่ย์ $c = 280 \text{ mm}$

จากตารางผนวกที่ 1 แพคเตอร์แก้ไข

โหลดมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ทำงานไม่เกินวันละ 8 ชั่วโมง จะได้ $N_s = 1.1$

กำลังงาน $W_p \times N_s = 2.238 \times 1.1 = 2.4618$

3.3.1 ความเร็วของสายพาน

$$\text{จากสูตร} \quad V = \frac{\pi d_1 n_a}{60 \times 1000} \quad (3.5)$$

$$\text{แทนค่า} \quad V = \frac{\pi \times 90 \times 435.4}{60 \times 1000}$$

$$V = 2.05 \text{ m/s}$$

3.3.2 มุมสั้มผัสของสายพาน

$$\text{จากสูตร} \quad \theta = 180^\circ - 2\sin^{-1} \frac{D_1 - D_2}{2c} \quad (3.6)$$

$$\text{แทนค่า} \quad \theta = 180^\circ - 2\sin^{-1} \frac{300 - 90}{2 \times 280}$$

$$\theta = 136^\circ$$

3.3.3 ส่วนโค้งสัมผัส

$$\text{จากสูตร} \quad x = \frac{d_2 - d_1}{c} \quad (3.7)$$

$$\text{แทนค่า} \quad x = \frac{300 - 90}{280}$$

$$x = 0.75$$

3.3.4 ความยาวสายพาน

$$\text{จากสูตร} \quad L_p = 2c + \frac{\pi}{2}(D_2 + D_1) + \left(\frac{D_2 - D_1}{4c}\right)^2 \quad (3.8)$$

$$\text{แทนค่า} \quad L_p = 2 \times 280 + \frac{\pi}{2}(300 + 90) + \left(\frac{300 - 90}{4 \times 280}\right)^2$$

$$L_p = 1211.53 \text{ mm.}$$

จากตารางตารางผนวกที่ 2 ความยาวของสายพานลิ้มมาตรฐาน

เลือกใช้สายพานที่มีความยาว 1194 mm หรือ 47"

จากตารางผนวกที่ 4 แฟคเตอร์แก้ไขมุมสัมผัส จะได้ค่า $k_\theta = 0.93$

จากตารางผนวกที่ 3 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด B ต่อเส้น จะได้ค่า $N_1 = P_R = 0.95 \text{ kW}$

3.3.5 จำนวนเส้นของสายพาน

$$\text{จากสูตร} \quad N_B = \frac{W_p \times N_s}{P_R \times k_\theta \times N_1}$$

$$\text{แทนค่า} \quad N_B = \frac{3 \times 0.746 \times 1.1}{0.95 \times 0.93 \times 0.95}$$

$$N_B = 2.93 \approx 3 \text{ เส้น}$$

3.3.6 แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง

$$\text{จากสูตร} \quad F = \frac{W_p}{v} \quad (3.9)$$

$$\text{แทนค่า} \quad F = \frac{3 \times 746}{2.05}$$

$$F = 1091.7 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 ทอร์กที่เพลลา

จากสูตร $T = Fr$ (3.10)

แทนค่า $T = 1091.7 \times 0.012$

$$T = 13.86 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3.3.8 งานที่เพลลา

จากสูตร $kW = \frac{2\pi \times T n_A}{1000}$ (3.11)

เมื่อ n_A คือ รอบต่อวินาที $= 362.5 \times \left(\frac{r}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ sec}} \right) = 7 \text{ rpm}$

แทนค่า $kW = \frac{2\pi \times 13.86 \times 7}{1000}$
 $= 0.6 \text{ kW}$

3.4 การหาขนาดเพลลา

จากสูตร $\tau_m = \frac{16T_m}{\pi d^3}$ (3.12)

แทนค่า $\tau_m = \frac{16 \times 4912.95}{\pi d^3}$

$$\tau_m = \frac{25021.45}{d^3}$$

เนื่องจากโมเมนต์บิดมีค่าคงที่ทำให้ความเค้นเฉือนมีค่าเท่ากันตลอดรอบผิวของเพลลา $\tau_u = 0$

จากตารางเหล็ก ST 37 จะได้ $\sigma_y = 240 \text{ MPa}$

ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด $\tau_y = 0.6\sigma_y = (0.6 * 240) = 144 \text{ MPa}$

เลือกใช้ Safety Factor สำหรับรับแรงกระแทก ให้ $N=10$ สำหรับใช้กับ σ_y

$$d^3 = \frac{25021.45 \times 10}{144}$$

$$d = 12.02 \text{ mm} .$$

∴ เนื่องจากแบริ่งทั่วไปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm จึงเลือกใช้เพลลาขนาด 25 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ชุดป้อนปุ๋ย

มีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมคางหมูสูง 17 ซม. ปากด้านบนความกว้าง 30 ซม.

ด้านล่าง 15 ซม. เชื่อมต่อติดกับทุ่มเกลียวลำเลียง

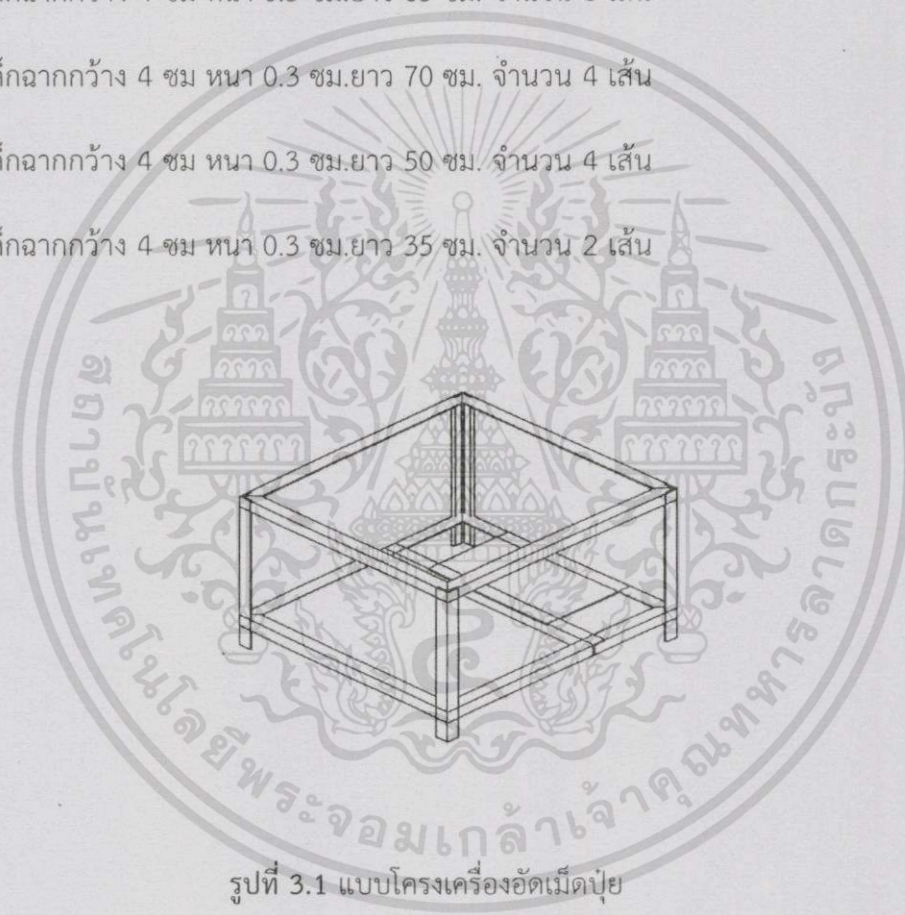
3.6 โครงของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ ประกอบด้วย

เหล็กฉากกว้าง 4 ซม. หนา 0.3 ซม. ยาว 65 ซม. จำนวน 6 เส้น

เหล็กฉากกว้าง 4 ซม. หนา 0.3 ซม. ยาว 70 ซม. จำนวน 4 เส้น

เหล็กฉากกว้าง 4 ซม. หนา 0.3 ซม. ยาว 50 ซม. จำนวน 4 เส้น

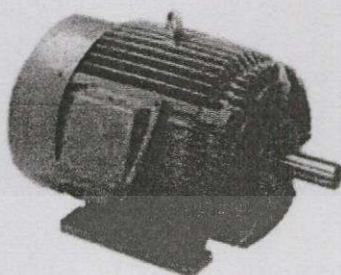
เหล็กฉากกว้าง 4 ซม. หนา 0.3 ซม. ยาว 35 ซม. จำนวน 2 เส้น



รูปที่ 3.1 แบบโครงเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย

3.7 ชุดต้นกำลัง

มอเตอร์ไฟฟ้า



รูปที่ 3.2 มอเตอร์ไฟฟ้า

3.8 ชุดส่งกำลังและใบอัด

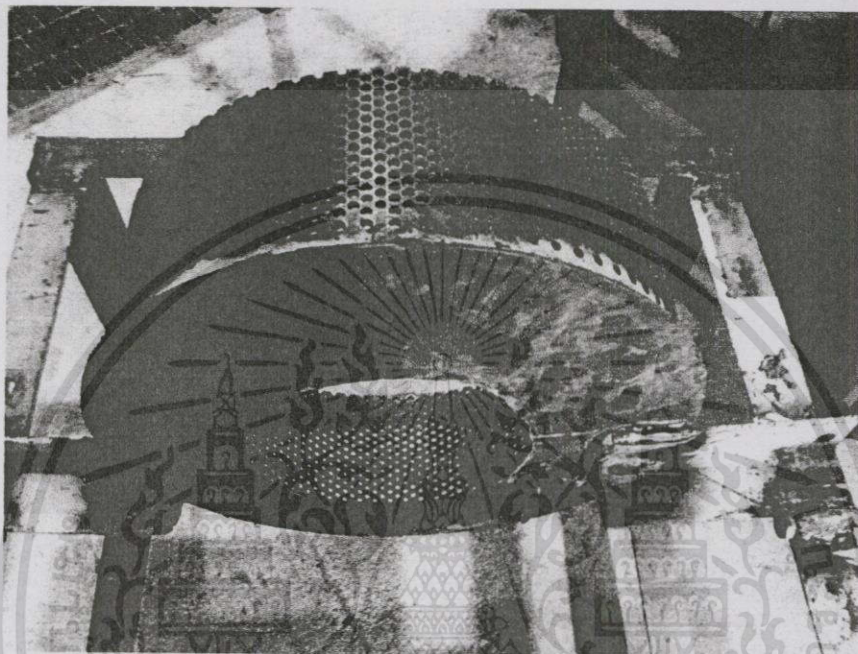
การหาค่ากำลังขับของมอเตอร์เป็นสิ่งที่สำคัญมากในการออกแบบ เพราะจะนำค่าที่ได้ไปเลือกขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ เพื่อให้เมื่อบูยที่ได้ออกมามีลักษณะทางกายภาพที่ดี



รูปที่ 3.3 ชุดส่งกำลัง

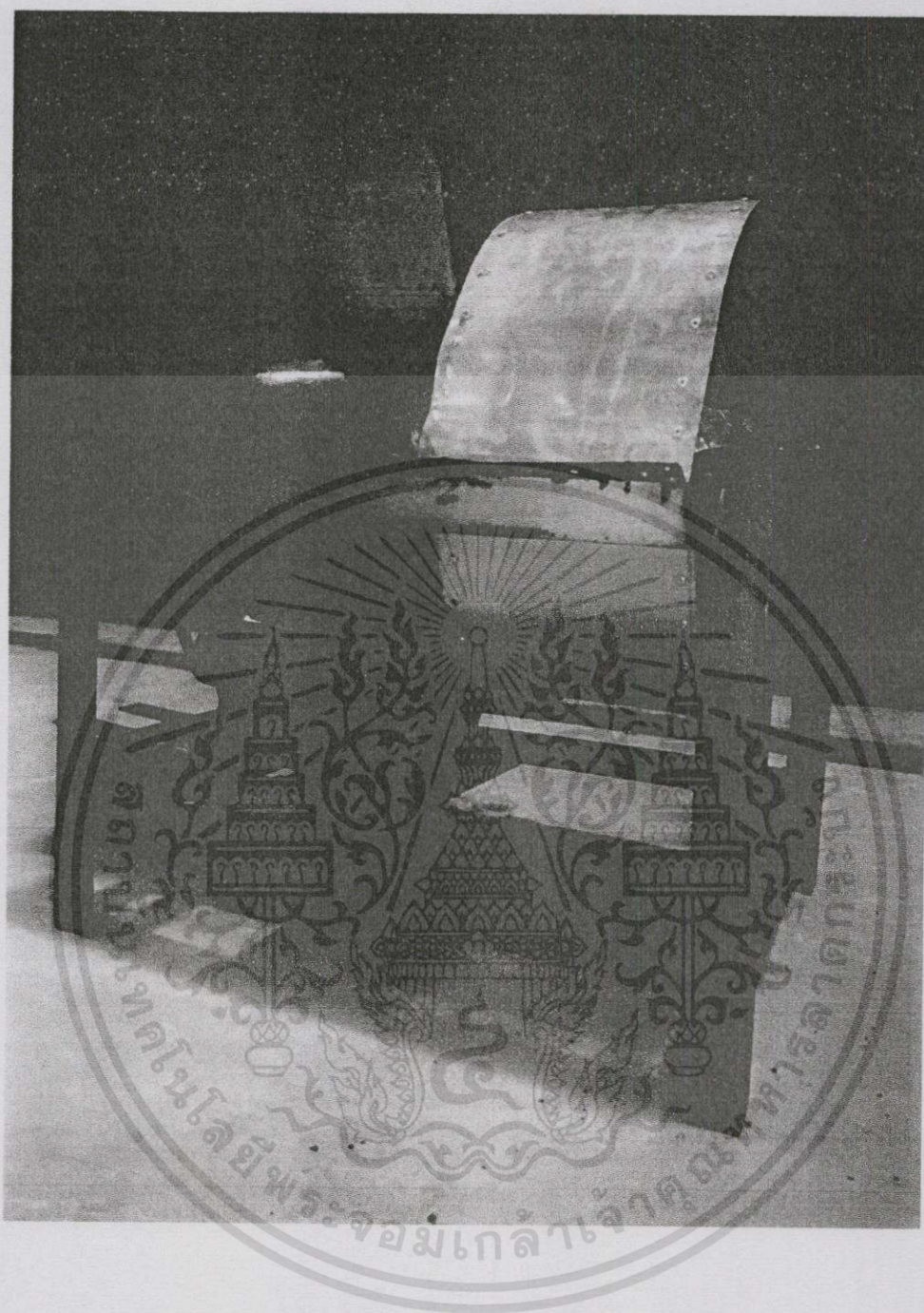
3.9 ตะแกรงแม่แบบ

เพื่อให้วัสดุที่จะทำการอัดออกมามีรูปร่างลักษณะตามที่เราต้องการ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 ซม. ความหนาของตะแกรง 3 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูตะแกรง 4.5 มม.



รูปที่ 3.4 ตะแกรงแม่แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

การทดสอบการใช้เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยเพื่อนำค่าต่างๆที่ได้จากการทดสอบมาปรับปรุงและแก้ไขเพื่อให้เครื่องอัดปุ๋ยมีความเหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยทำการทดสอบเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมของเม็ดปุ๋ยและประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง

4.1 การทดสอบหาลักษณะของเม็ดปุ๋ยที่มีความชื้นฐานแห้งต่างกัน

4.1.1 จุดประสงค์การทดสอบ

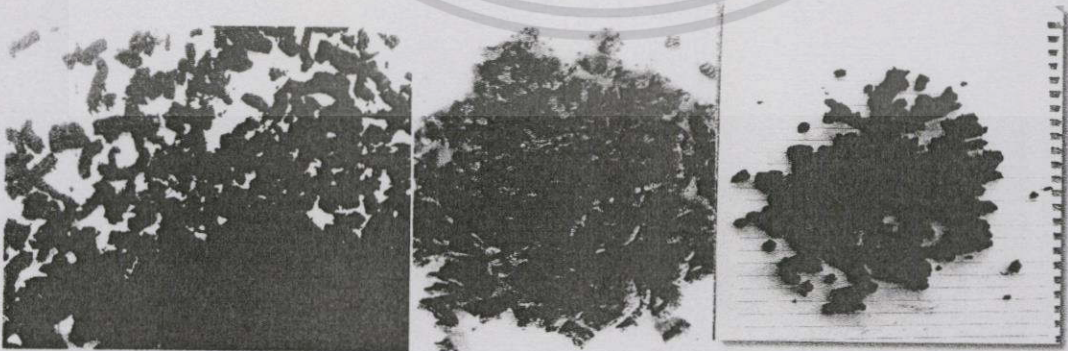
เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหมาะสมของปุ๋ยหมักชีวภาพ

4.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ
- 2) เครื่องปรับความเร็วรอบ (Inverter)
- 3) ปุ๋ย 3 ชุด ชุดละ 3 กิโลกรัม ที่ความชื้น
- 4) เครื่องชั่งน้ำหนัก

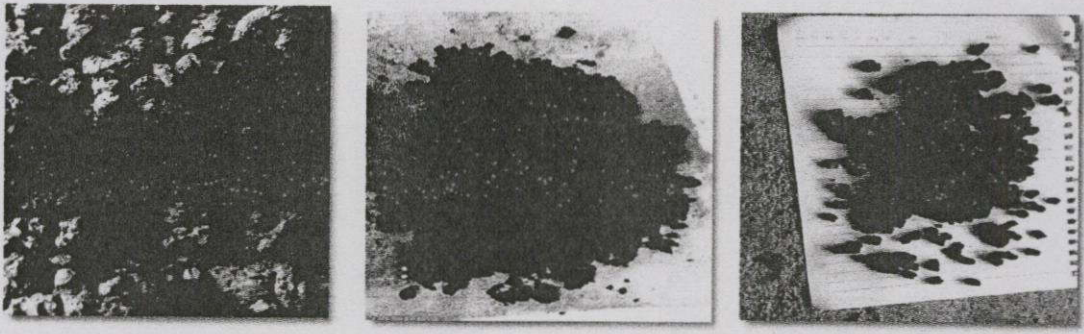
4.1.3 ขั้นตอนการทดสอบ

- 1) ปรับความเร็วรอบ 250 rpm.
- 2) เติมน้ำในเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย
- 3) ชั่งปุ๋ยที่มีความชื้น 80 % d.b. จำนวน 3 กิโลกรัม ใส่ลงในเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย
- 4) ตรวจสอบลักษณะของเม็ดปุ๋ยที่ออกมา
- 5) เปลี่ยนความเร็วรอบเป็น 292 และ 334 rpm.
- 6) ทดสอบซ้ำตามขั้นตอนที่ 1-5 โดยเปลี่ยนความชื้นปุ๋ยเป็น 110% และ 115% d.b.



รูปที่ 4.1 เม็ดปุ๋ยหลังจากการอัดเม็ดความชื้น 80% d.b. ที่ความเร็วรอบ 250, 292 และ 334 rpm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เม็ดปุ๋ยหลังจากการอัดเม็ดความชื้น 110 % d.b. ที่ความเร็วรอบ 250, 292 และ 334 rpm.



รูปที่ 4.3 เม็ดปุ๋ยหลังจากการอัดเม็ดความชื้น 115 % d.b. ที่ความเร็วรอบ 250, 292 และ 334 rpm.

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของเม็ดปุ๋ยที่ออกมาหลังจากการอัดเม็ด

จำนวนซ้ำ	ความชื้นปุ๋ย (% d.b.)	ความเร็วรอบ (rpm)	เวลาที่คงที่ใน การอัด(s)	ลักษณะของปุ๋ยที่ออกมา
1	80	250	316	-ไม่เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นเม็ดยาว
		292	275	-ไม่เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นเม็ดที่สั้น
		334	266	-ไม่เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมาเป็นเม็ดเล็กๆ
	110	250	720	-ไม่ค่อยเต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นแท่ง
		292	600	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นแท่ง
		334	390	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นแท่ง
	115	250	315	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมาเป็นเม็ดยาว
		292	305	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะสั้นลง
		334	300	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมาเป็นเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ลักษณะของเม็ดปุ๋ยที่ออกมาหลังจากการอัดเม็ด

จำนวนซ้ำ	ความชื้นปุ๋ย (%d.b.)	ความเร็วรอบ (rpm)	เวลาที่คงที่ในการอัด(s)	ลักษณะของปุ๋ยที่ออกมา
2	80	250	315	-ไม่เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นเม็ดยาว
		292	280	-ไม่เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นเม็ดสั้นลง
		334	265	-ไม่เต็มเม็ด -ไม่จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมาเป็นเม็ดเล็กๆ
	110	250	700	-ไม่ค่อยเต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นแท่ง
		292	600	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นแท่ง
		334	400	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นแท่ง
	115	250	320	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมาเป็นแท่งยาว
		292	298	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเม็ดยาว
		334	300	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเม็ดที่สั้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ลักษณะของเม็ดปุ๋ยที่ออกมาหลังจากการอัดเม็ด

จำนวนซ้ำ	ความชื้นปุ๋ย (%d.b.)	ความเร็วรอบ (rpm)	เวลาที่คงที่ในการอัด(s)	ลักษณะของปุ๋ยที่ออกมา	
3	80	250	316	-ไม่เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นเม็ดยาว	
		292	277	-ไม่เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมาเป็นเม็ดที่สั้นลง	
		334	265	-ไม่เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมาเป็นเม็ดเล็กๆ	
	110	250	250	710	-ไม่ค่อยเต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นแท่ง
			292	590	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นแท่ง
		334	334	390	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะเป็นแท่ง
			250	315	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมาเป็นเม็ดยาว
	115	292	292	300	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมาเป็นแท่งยาว
			334	290	-เต็มเม็ด -จับตัวเป็นก้อน -ตัดออกมามีลักษณะสั้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

ความชื้นที่ 80% d.b. ความเร็วรอบ 250 rpm. ส่วนผสมที่ถูกอัดออกมา ไม่เต็มเม็ด จับตัวเป็นก้อน เม็ดปุ๋ยที่ออกมามีลักษณะยาว

ความชื้นที่ 80% d.b. ความเร็วรอบ 292 rpm. ส่วนผสมที่ถูกอัดออกมา ไม่เต็มเม็ด จับตัวเป็นก้อน เม็ดเริ่มมีขนาดสั้นลง

ความชื้นที่ 80% d.b. ความเร็วรอบ 334 rpm. ส่วนผสมที่ถูกอัดออกมา ไม่เต็มเม็ด จับตัวเป็นก้อน เม็ดที่ออกมามีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ

ความชื้นที่ 110% d.b. ความเร็วรอบ 250 rpm. ส่วนผสมที่ถูกอัดออกมา เต็มเม็ด จับตัวเป็นก้อน เม็ดที่ตัดออกมามีลักษณะเป็นแท่ง

ความชื้นที่ 110% d.b. ความเร็วรอบ 292 rpm. ส่วนผสมที่ถูกอัดออกมา เต็มเม็ด จับตัวเป็นก้อน เม็ดที่ตัดออกมามีลักษณะเป็นแท่ง

ความชื้นที่ 110% d.b. ความเร็วรอบ 334 rpm. ส่วนผสมที่ถูกอัดออกมา เต็มเม็ด ความยาวของเม็ดปุ๋ยที่ตัดออกมามีลักษณะเป็นแท่งสั้นลง

ความชื้นที่ 125% d.b. ความเร็วรอบ 250 rpm. ส่วนผสมที่ถูกอัดออกมา เต็มเม็ด จับตัวเป็นก้อน เม็ดที่ออกมามีลักษณะยาว

ความชื้นที่ 125% d.b. ความเร็วรอบ 292 rpm. ส่วนผสมที่ถูกอัดออกมา เต็มเม็ด จับตัวเป็นก้อน

ความชื้นที่ 125% d.b. ความเร็วรอบ 334 rpm. ส่วนผสมที่ถูกอัดออกมา เต็มเม็ด จับตัวเป็นก้อน เม็ดที่ออกมามีลักษณะสั้น

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าความชื้นที่เหมาะสมในการอัดเม็ดปุ๋ยมากที่สุดคือ ความชื้นที่ 110% d.b. และความเร็วรอบที่ 292 rpm. ส่วนผสมที่ถูกอัดออกมา เต็มเม็ด จับตัวเป็นก้อน เม็ดที่ออกมามีลักษณะเป็นแท่ง

4.2 การทดสอบหาเวลาและความชื้นที่เหมาะสมในการอัดเม็ดปุ๋ย

4.2.1 จุดประสงค์การทดสอบ

เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักปุ๋ยชีวภาพที่ความชื้น

4.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) ปุ๋ย 3 ชุด ชุดละ 3 กิโลกรัม ที่ความชื้น 80%, 110% และ 115% d.b
- 2) ตู้อบลมร้อน
- 3) ถาดแก้ว หรือ กระจบองเก็บตัวอย่าง
- 4) เครื่องชั่งไฟฟ้า
- 5) โถตุความชื้น

4.2.3 ขั้นตอนการทดสอบ

- 1) สุ่มชั่งน้ำหนักปุ๋ยหมัก ที่ความชื้น 80%, 110%, และ 115% d.b. อย่างละ 2 ชุด
- 2) โดยการสุ่มเริ่มต้นเวลาที่ 0 นาที ไปจนถึงเวลา 1590 นาที
- 3) ชั่งน้ำหนักถาดแก้ว ใส่ปุ๋ยหมัก และชั่งน้ำหนักปุ๋ยหมักในแต่ละถาดแล้วบันทึกค่า
- 4) นำปุ๋ยที่ได้จากการสุ่มไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 5) เมื่ออบเสร็จนำไปใส่โถวัดความชื้นจนปุ๋ยเย็น
- 6) ชั่งน้ำหนักปุ๋ยที่เย็นแล้ว
- 7) ทำการทดสอบซ้ำอีก 1 ครั้ง



ตาราง 4.2 ความชื้น 80% d.b. กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากการหมักปุ๋ย

เวลา (นาที)	ซ้ำ	หมายเลข กระป๋อง	น้ำหนัก กระป๋อง แห้ง(g)	น้ำหนัก ปุ๋ยเปียก (g)	น้ำหนัก กระป๋อง +ปุ๋ยแห้ง	น้ำหนัก ปุ๋ยแห้ง (g)	ปริมาณ น้ำ	ความชื้น d.b. (%)	ความชื้น เฉลี่ย
0	1	7	15.3789	2.0265	16.4158	1.0369	0.9896	95.43	95.03
	2	13	15.1193	2.7829	16.5491	1.4298	1.3531	94.63	
5	1	8	15.2737	1.9478	16.3415	1.0678	0.9932	93.01	93.04
	2	25	15.1038	4.3224	17.3424	2.2386	2.0838	93.08	
15	1	19	14.8987	3.5234	16.7320	1.8333	1.6901	92.18	92.42
	2	1	15.1181	3.0312	16.6913	1.5732	1.4580	92.67	
60	1	20	15.3048	4.0575	17.4327	2.1279	1.9296	90.68	91.40
	2	32	15.3541	1.9976	16.3938	1.0397	0.9579	92.13	
120	1	31	91.8654	3.8575	93.8805	2.0154	1.8421	91.40	91.12
	2	2	15.4948	4.6811	17.9475	2.4527	2.2284	90.85	
180	1	14	15.1249	3.3440	16.8810	1.7561	1.5879	90.42	90.03
	2	26	15.3866	4.1457	17.5725	2.1859	1.9598	89.65	
270	1	U1	15.3827	2.0610	16.4703	1.0876	0.9734	89.49	89.25
	2	T1	15.0089	2.3380	16.3833	1.3744	1.2236	89.02	
450	1	N3	76.8036	4.3715	79.1362	2.3324	2.0391	87.42	86.67
	2	37	15.2228	4.4319	17.6040	2.3812	2.0507	86.12	
630	1	F2	76.7575	4.1036	78.9680	2.2105	1.8931	85.64	85.30
	2	V1	79.5248	3.7992	81.5788	2.054	1.7452	84.96	
930	1	F3	96.9031	4.5061	99.3529	2.4498	2.0563	83.93	84.37
	2	L1	92.1040	4.3752	94.4713	2.3673	2.0079	84.81	
1110	1	R2	87.4348	4.0652	89.6626	2.2278	1.8374	82.47	80.99
	2	M1	93.2773	3.4544	95.2016	1.9234	1.5301	79.51	
1590	1	BB1	88.7746	3.5946	90.7750	2.0004	1.5906	79.37	78.99
	2	38	76.675	4.1981	79.0257	2.3506	1.8481	78.62	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.3 ความชื้น 110% d.b. กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากการหมักปุ๋ย

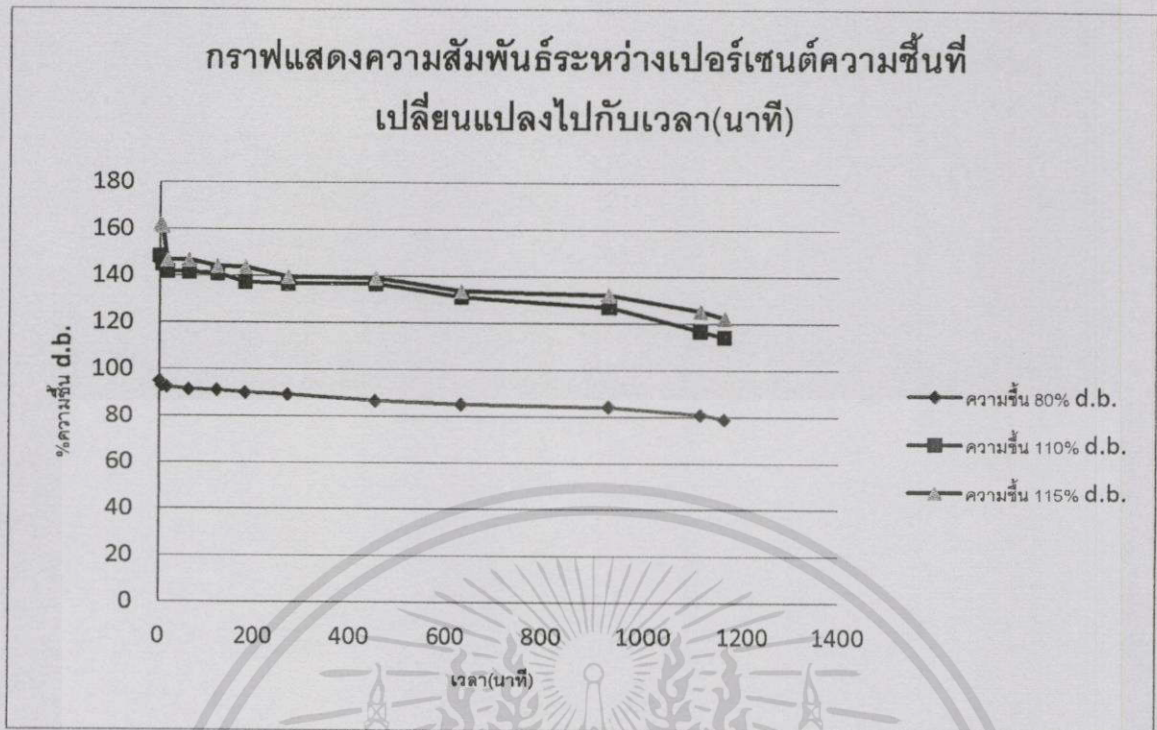
เวลา (นาท)	ซ้ำ	หมายเลข กระป๋อง	น้ำหนัก กระป๋อง แห้ง(g)	น้ำหนัก ปุ๋ยเปียก (g)	น้ำหนัก กระป๋อง +ปุ๋ยแห้ง	น้ำหนัก ปุ๋ยแห้ง (g)	ปริมาณ น้ำ	ความชื้น d.b. (%)	ความชื้น เฉลี่ย
0	1	35	90.4210	5.3831	92.5798	2.1588	3.2243	149.36	148.36
	2	36	92.6842	5.1555	94.7685	2.0843	3.0712	147.35	
5	1	23	5.5883	17.8962	2.2890	3.2993	144.17	5.5883	145.12
	2	24	5.4092	17.3776	2.1983	3.2109	146.06	5.4092	
15	1	5	6.0455	18.1793	2.4709	3.5746	144.67	6.0455	141.82
	2	6	4.5093	17.267	1.8885	2.6243	138.96	4.5093	
60	1	17	5.0057	17.0872	2.1174	2.8883	136.41	5.0057	141.65
	2	18	3.7972	16.2324	1.5381	2.2591	146.88	3.7972	
120	1	11	5.4511	17.3239	2.2881	3.1630	138.24	5.4511	141.00
	2	12	4.8084	16.7374	1.9727	2.8357	143.75	4.8084	
180	1	29	75.4296	5.6767	77.8287	2.3991	3.2776	136.62	137.32
	2	30	85.9245	4.3640	87.7580	1.8335	2.5305	138.01	
270	1	15	91.6131	4.7924	93.6336	2.0205	2.7719	137.19	136.71
	2	16	92.547	5.3235	94.8012	2.2536	3.0699	136.22	
450	1	21	73.7368	5.1003	75.9511	2.2143	2.8860	130.33	136.58
	2	22	90.9246	4.9801	92.9754	2.0508	2.9293	142.84	
630	1	Y2	94.9104	4.2327	96.7305	1.8201	2.4126	132.55	131.24
	2	L2	91.2771	4.1958	93.1019	1.8248	2.3710	129.93	
930	1	Y3	89.2182	5.1437	91.5305	2.3123	2.8314	122.44	126.96
	2	O3	88.7464	4.9924	90.9030	2.1566	2.8358	131.49	
1110	1	P1	15.9080	4.8683	17.9354	2.0274	2.7409	135.19	116.77
	2	V3	15.5226	3.4156	16.9480	1.7220	1.6936	98.35	
1590	1	Q2	14.8136	3.0312	16.2342	1.4206	1.6106	113.37	114.23
	2	U2	15.3251	2.3380	16.4123	1.0869	1.2511	115.10	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตามอีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.4 ความชื้น 115% d.b. กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากการหมักปุ๋ย

เวลา (นาท)	ซ้ำ	หมายเลข กระป๋อง	น้ำหนัก กระป๋อง แห้ง(g)	น้ำหนัก ปุ๋ยเปียก (g)	น้ำหนัก กระป๋อง +ปุ๋ยแห้ง	น้ำหนัก ปุ๋ยแห้ง (g)	ปริมาณ น้ำ	ความชื้น d.b. (%)	ความชื้น เฉลี่ย
0	1	33	15.3885	6.5459	17.7152	2.3267	4.2192	181.33	161.87
	2	34	15.1928	5.1463	17.3157	2.1229	3.0234	142.41	
5	1	T3	91.2000	4.8726	93.2750	2.0750	2.7976	134.82	161.23
	2	M3	86.8534	4.0735	88.2695	1.4161	2.6574	187.65	
15	1	Y1	15.7824	4.3393	17.5441	1.7617	2.5776	146.31	146.59
	2	Q1	15.8593	3.5761	17.3078	1.4485	2.1276	146.88	
60	1	L3	15.0495	6.1026	17.5364	2.4869	3.6157	145.38	144.19
	2	V2	15.2815	4.1188	16.9771	1.6956	2.4232	143.00	
120	1	Q3	14.9848	6.1229	17.4983	2.5135	3.6094	143.60	143.77
	2	R3	15.6980	4.8831	17.6997	2.0017	2.8814	143.94	
180	1	P3	15.4460	5.1773	17.5891	2.1431	3.0342	141.57	139.67
	2	T2	15.6920	5.2798	17.9124	2.2204	3.0594	137.78	
270	1	N1	90.4459	5.0478	92.5333	2.0874	2.9604	141.82	139.25
	2	AA3	73.8792	5.5609	76.2286	2.3494	3.2115	136.69	
450	1	3	93.0165	5.6234	95.3501	2.3336	3.2898	140.97	139.22
	2	4	91.0694	4.9005	93.1330	2.0636	2.8369	137.47	
630	1	10	93.1054	4.3953	94.9590	1.8536	2.5417	137.12	133.64
	2	F1	85.5945	4.6046	87.5951	2.0006	2.6040	130.16	
930	1	27	85.7007	5.0725	87.9342	2.2335	2.8390	127.11	132.11
	2	28	80.0637	4.9075	82.1334	2.0697	2.8378	137.11	
1110	1	9	16.1171	4.0725	18.0413	1.9242	2.1483	111.65	125.24
	2	10	15.1358	4.3040	16.9379	1.8021	2.5019	138.83	
1590	1	39	14.5302	4.5136	16.5179	1.9877	2.5259	127.08	122.38
	2	40	15.0371	4.4392	17.0765	2.0394	2.3998	117.67	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา(นาท)

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบนำปุ๋ยที่ความชื้น 95.03%, 148.36% และ 161.87% d.b. หลังจากการหมักทิ้งไว้เป็นเวลานาน 26.5 ชั่วโมง พบว่าความชื้นลดลงเหลือ 78.9%, 122.38% และ 114.23% d.b.

พบว่าความชื้นและเวลาที่เหมาะสมในการอัดเม็ดปุ๋ยคือความชื้นที่ 115% d.b. ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักคือ 24 ชั่วโมง

4.3 การทดสอบหาอัตราการป้อน

4.3.1 จุดประสงค์การทดสอบ

เพื่อหาอัตราการป้อนที่เหมาะสมกับเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ

4.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ
- 2) เครื่องปรับความเร็วรอบ(Inverter)
- 3) นาฬิกาจับเวลา
- 4) ปุ๋ย 3 ชุด ชุดละ 3 กิโลกรัม ที่ความชื้น 80%, 110%, และ 115% d.b.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ขั้นตอนการทดสอบ

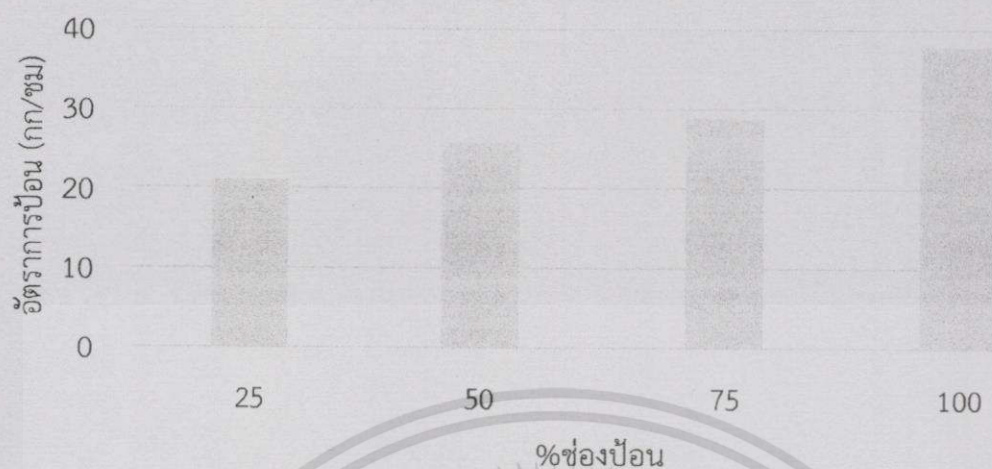
- 1) เตรียมปุ๋ยที่ปริมาณที่ความชื้น 80%, 110%, และ 115% d.b.
- 2) เดินเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย
- 3) นำส่วนผสมผสมเครื่อง
- 4) ทำการจับเวลาเมื่อส่วนผสมออกมาจากหัวอัดในเวลา 1 นาที
- 5) ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ที่ความชื้นและเปอร์เซ็นต์ช่องป้อนปุ๋ยที่ต่างกัน
- 6) ทำการบันทึกผลลงในตาราง

ตารางที่ 4.5 อัตราการป้อนที่ความชื้นต่างๆ ในเวลา 1 นาที

ความชื้นของ ปุ๋ย	การเปิดของช่อง ป้อนปุ๋ย(%)	ครั้งที่			อัตราการป้อน เฉลี่ยกิโลกรัม	อัตราการป้อนกิโลกรัม ต่อชั่วโมง
		1	2	3		
80% d.b.	25	0.35	0.36	0.35	0.35	21
	50	0.43	0.44	0.43	0.43	25.8
	75	0.48	0.48	0.49	0.48	28.8
	100	0.62	0.65	0.61	0.63	37.8
110% d.b.	25	0.4	0.42	0.41	0.41	24.6
	50	0.47	0.47	0.46	0.47	28.2
	75	0.55	0.54	0.55	0.55	33
	100	0.6	0.6	0.6	0.6	36
115% d.b.	25	1.05	1	1.02	1.02	61.2
	50	1.13	1.14	1.10	1.12	67.2
	75	1.33	1.35	1.32	1.33	79.8
	100	1.45	1.47	1.44	1.45	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการการป้อน ที่ความชื้น 80% d.b.



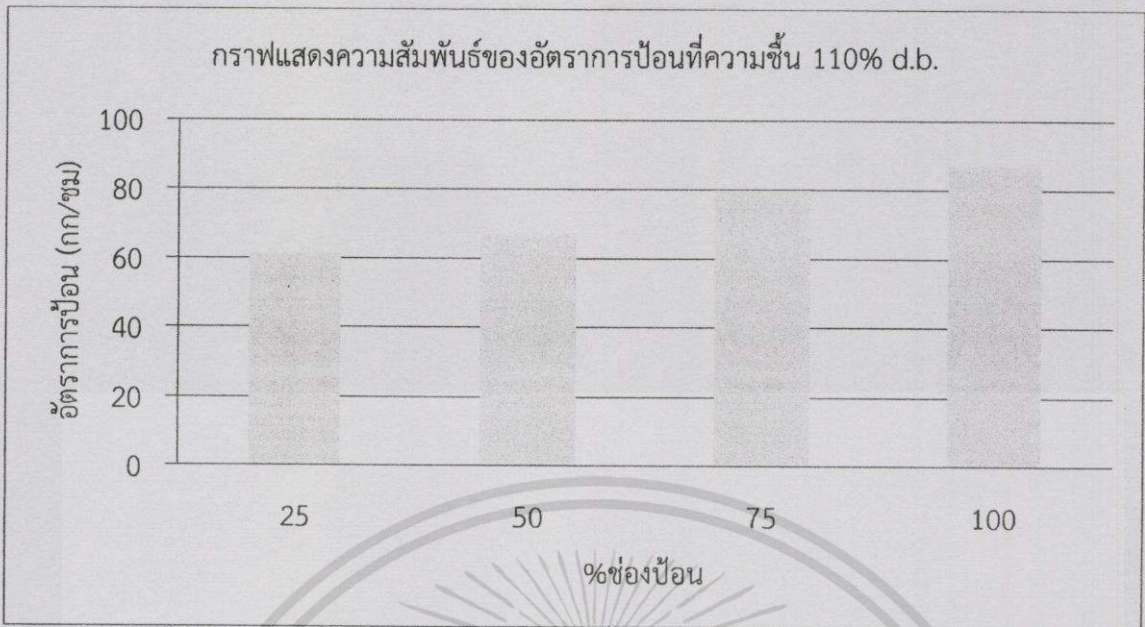
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการป้อนที่ความชื้น 80% d.b.

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการป้อนที่ความชื้น 110% d.b.



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการป้อนที่ความชื้น 110% d.b.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการป้อนที่ความชื้น 115% d.b.

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเมื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของช่องเปิดที่แตกต่างกันพบว่า ความชื้น 80% d.b. เปอร์เซ็นต์ช่องเปิด 100% ได้อัตราการป้อนมากที่สุดคือ 37.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความชื้น 110% d.b. เปอร์เซ็นต์ช่องเปิด 100% ได้อัตราการป้อนมากที่สุดคือ 36 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความชื้น 115% d.b. เปอร์เซ็นต์ช่องเปิด 100% ได้อัตราการป้อนมากที่สุดคือ 87 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

4.4 การทดสอบหาอัตราการสูญเสียเนื่องจากการตกค้างของปุ๋ย

4.4.1 จุดประสงค์การทดสอบ

เพื่อหาอัตราการสูญเสียเนื่องจากการตกค้างของปุ๋ยในเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย

4.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) เครื่องอัดเม็ดปุ๋ย
- 2) เครื่องปรับความเร็วรอบ(Inverter)
- 3) เครื่องชั่งไฟฟ้า

4.4.3 ขั้นตอนการทดสอบ

- 1) เตรียมปุ๋ย 3 กิโลกรัม ที่ความชื้น 80%, 110%, และ 115% d.b.
- 2) เดินเครื่องอัดปุ๋ยเม็ดที่ความเร็วรอบ 334 rpm.
- 3) นำปุ๋ยที่เตรียมไว้เข้าเครื่องอัด
- 4) นำเม็ดปุ๋ยทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่า
- 5) จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาอัตราการสูญเสียที่ตกค้างอยู่ในเครื่องอัดปุ๋ยเม็ด
- 6) ทดสอบตามขั้นตอนที่ 1-5 โดยเปลี่ยนความชื้นเป็น 110% และ 115% d.b.

ตาราง 4.6 อัตราการสูญเสียเนื่องจากการตกค้างของปุ๋ย

ความชื้น	ซ้ำ	น้ำหนักปุ๋ยที่ ออกจากหัว อัด (kg)	น้ำหนักปุ๋ยที่ ออกจากหัว อัด(%)	น้ำหนักปุ๋ย ตกค้าง(kg)	ปุ๋ยตกค้าง เฉลี่ย(%)	น้ำหนักเม็ด ดี(kg)	น้ำหนักเม็ด ดี(%)
80% d.b.	1	1.8	60	1.2	40	0.25	25
	2	1.8	60	1.2	40	0.26	26
	3	1.7	56.67	1.3	43.33	0.25	25
เฉลี่ย		1.77	58.89	1.23	41.11	0.25	25.33
110% d.b.	1	1.5	50	1.5	50	48	48
	2	1.5	50	1.5	50	48	48
	3	1.4	46.67	1.6	53.33	45	45
เฉลี่ย		1.47	48.89	1.53	51.11	47	47
115% d.b.	1	2.4	80	0.6	20	0.70	70
	2	2.3	76.67	0.7	23	0.73	73
	3	2.4	80	0.6	20	0.71	71
เฉลี่ย		2.37	78.89	0.63	21	0.71	71.33

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบพบว่าความชื้นที่ 115% d.b. มีอัตราการตกค้างเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 21% และความชื้นที่ 110% มีอัตราการตกค้างมากที่สุดคือ 51.11%

ในการทดลองนี้สรุปได้ว่าถ้าความชื้นของปุ๋ยน้อยหรือมากเกินไปจะเกิดการตกค้างมาก ปุ๋ยจะตกค้างอยู่ตามที่ต่างๆ ในเครื่องอัด เช่น เกลียวอัด ขอบตะแกรงแม่แบบ

4.5 การทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดปุ๋ย

4.5.1 จุดประสงค์การทดสอบ

- 1) เพื่อหาความเร็วที่เหมาะสมในการอัดเม็ดปุ๋ย
- 2) เพื่อหาประสิทธิภาพในการอัดเม็ดปุ๋ย

4.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ
- 2) ปุ๋ย 3 ชุด ชุดละ 1 กิโลกรัม ที่ความชื้น 80%, 110%, และ 115% d.b.
- 3) เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 4) ภาชนะใส่ปุ๋ยเม็ด
- 5) เครื่องวัดความเร็วรอบ
- 6) นาฬิกาจับเวลา

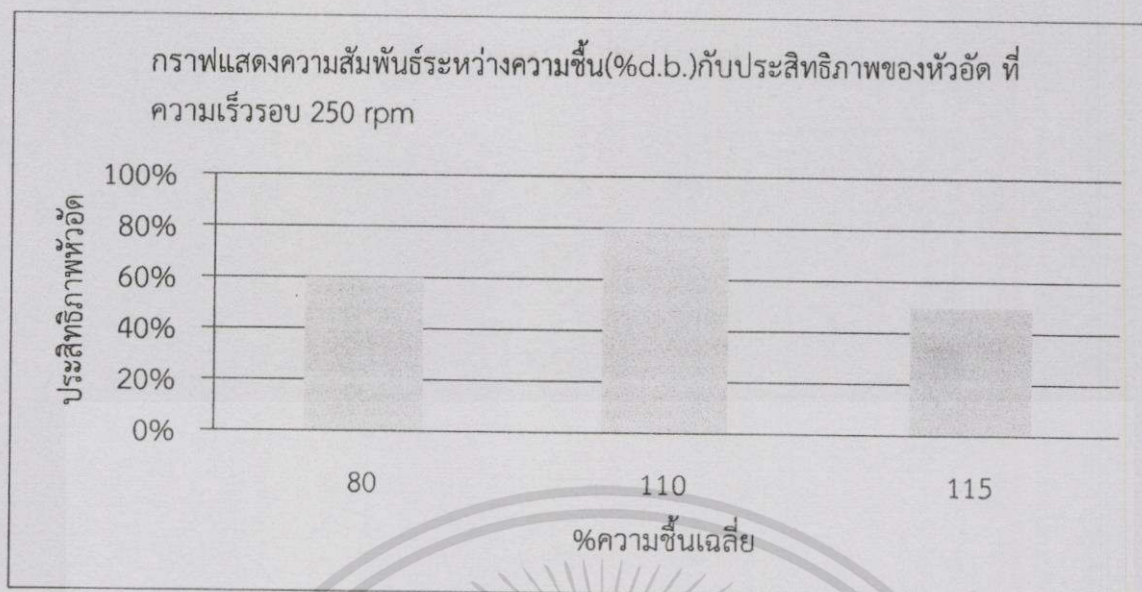
4.5.3 ขั้นตอนการทดสอบ

- 1) ชั่งปุ๋ยหมักชีวภาพ 1 กิโลกรัม บันทึกน้ำหนัก
- 2) เดินเครื่องพร้อมปรับความเร็วรอบที่เครื่องอัด 250 rpm.
- 3) เริ่มป้อนปุ๋ยหมักชีวภาพที่ชั่งไว้ เข้าชุดป้อนพร้อมจับเวลา
- 4) เมื่อเครื่องอัดปุ๋ยเม็ดอัดเสร็จ หยุดเครื่อง จากนั้นนับจำนวนเม็ดปุ๋ยแยกจำนวนเม็ดดี และเม็ดเสีย บันทึกผล
- 5) ทำตามขั้นตอนที่ 1-4 โดยเปลี่ยนความเร็วรอบเป็น 292 และ 334 rpm.
- 6) บันทึกผล

ตารางที่ 4.7 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยที่ความเร็วรอบหัวอัด 250 rpm.

ความชื้น	80% d.b.	110% d.b.	115% d.b.
ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)		1420	
ความเร็วรอบหัวอัด (rpm)		250	
ปริมาณปุ๋ยก่อนอัดเม็ด (kg)		3	
จำนวนปุ๋ยที่ตกค้าง (kg)	1.2	0.6	1.5
จำนวนเม็ดปุ๋ยที่รอดผ่านช่องตะแกรง (kg)	1.8	2.4	1.5
เวลาที่ใช้ (min)	3.06	7.2	3.15
ประสิทธิภาพของหัวอัด	60%	80%	50%

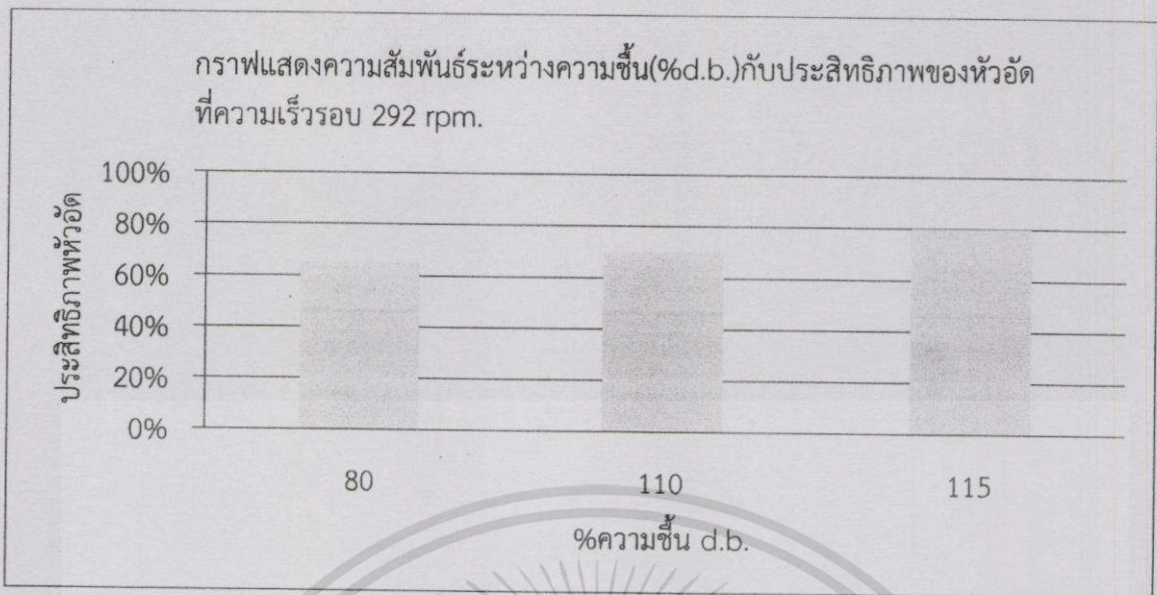
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น(%d.b.)กับประสิทธิภาพของหัวอัด ที่ความเร็วรอบ 250 rpm.

ตารางที่ 4.8 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยที่ความเร็วรอบหัวอัด 292 rpm.

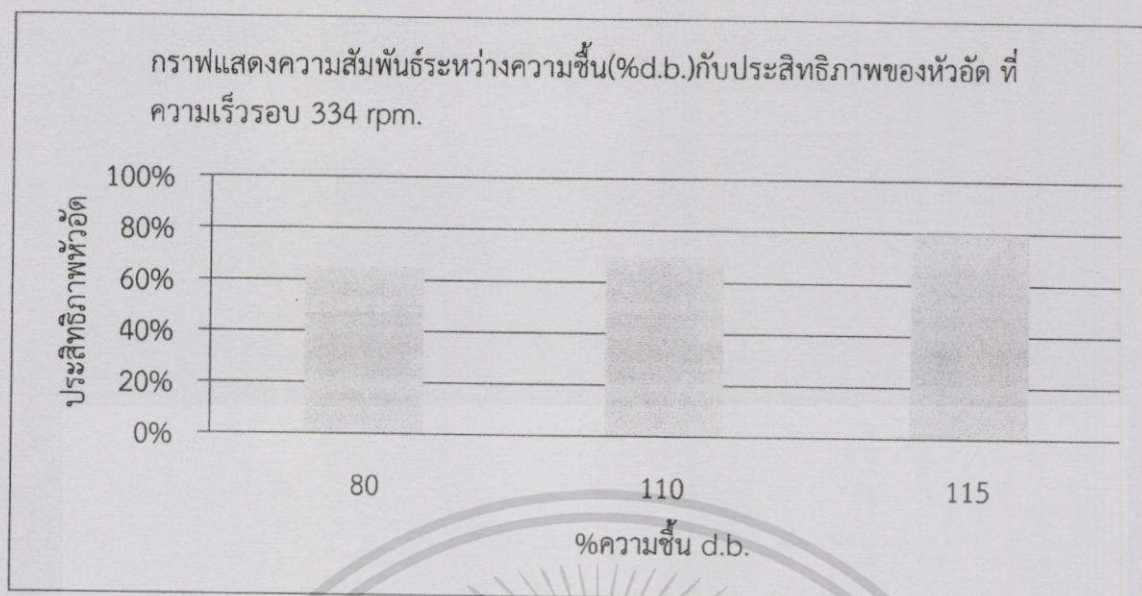
ความชื้น	80% d.b.	110% d.b.	115% d.b.
ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)	1420		
ความเร็วรอบหัวอัด (rpm)	292		
ปริมาณปุ๋ยก่อนอัดเม็ด (kg)	3		
จำนวนปุ๋ยที่ตกค้าง (kg)	1.05	0.9	0.6
จำนวนเม็ดปุ๋ยที่รอดผ่านช่องตะแกรง (kg)	1.95	2.1	2.4
เวลาที่ใช้ (min)	2.95	6	3
ประสิทธิภาพของหัวอัด	65%	70%	80%



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น(%d.b.)กับประสิทธิภาพของหัวอัดที่ความเร็วรอบ 292 rpm.

ตารางที่ 4.9 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยที่ความเร็วรอบหัวอัด 334 rpm.

ความชื้น	80% d.b.	110% d.b.	115% d.b.
ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)		1420	
ความเร็วรอบหัวอัด (rpm)		334	
ปริมาณปุ๋ยก่อนอัดเม็ด (kg)		3	
จำนวนปุ๋ยที่ตกค้าง (kg)	1.05	0.9	0.6
จำนวนเม็ดปุ๋ยที่รอดผ่านช่องตะแกรง (kg)	1.95	2.1	2.4
เวลาที่ใช้ (min)	2.75	3.9	1.5
ประสิทธิภาพของหัวอัด	65%	70%	80%



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น(% d.b.)กับประสิทธิภาพของหัวอัด ที่ความเร็วรอบ 334 rpm.

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยที่ความเร็วรอบของต้นกำลัง 1420 rpm โดยใช้ปริมาณการป้อนของปุ๋ยในช่องทางเข้า 3 กิโลกรัม

ที่ความเร็วรอบ 250 rpm พบว่าที่ความชื้น 110% d.b. มีจำนวนที่ตกค้างของปุ๋ยน้อยสุด คือ 0.6 กิโลกรัม จำนวนเม็ดที่รูดผ่านช่องตะแกรงมากที่สุดคือ 2.4 กิโลกรัม เวลาที่ใช้อัดมากที่สุด คือ 7.2 นาที และประสิทธิภาพสูงสุดคือ 80% และที่ความชื้น 115% d.b. มีจำนวนที่ตกค้างของปุ๋ยมากที่สุดคือ 1.5 กิโลกรัม จำนวนที่รูดผ่านตะแกรงน้อยสุดคือ 1.5 กิโลกรัม เวลาที่ใช้อัด คือ 3.15 นาที และประสิทธิภาพต่ำสุดคือ 50%

ที่ความเร็วรอบ 292 rpm. พบว่าที่ความชื้น 115% d.b. มีจำนวนที่ตกค้างของปุ๋ยน้อยสุด คือ 0.6 กิโลกรัม จำนวนเม็ดที่รูดผ่านช่องตะแกรงมากที่สุดคือ 2.4 กิโลกรัม เวลาที่ใช้อัด 3 นาที และมีประสิทธิภาพสูงสุดคือ 80% และที่ความชื้น 80% d.b. มีจำนวนที่ตกค้างของปุ๋ยมากที่สุดคือ 1.05 กิโลกรัม จำนวนที่รูดผ่านตะแกรงน้อยสุดคือ 1.95 กิโลกรัม เวลาที่ใช้อัด 2.95 นาที

ที่ความเร็วรอบ 334 rpm. พบว่าที่ความชื้น 115% d.b. มีจำนวนที่ตกค้างของปุ๋ยน้อยที่สุด คือ 0.6 กิโลกรัม จำนวนที่รูดผ่านตะแกรงมากที่สุด คือ 2.4 กิโลกรัม เวลาที่ใช้อัด คือ 1.5 นาที และมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 80% และที่ความชื้น 80% d.b. มีจำนวนตกค้างของปุ๋ยมากที่สุด คือ 1.05 กิโลกรัม จำนวนเม็ดที่รูดผ่านช่องตะแกรงน้อยสุด คือ 1.95 กิโลกรัม เวลาที่ใช้อัด 2.75 นาที และมีประสิทธิภาพต่ำสุดคือ 65%

4.6 การทดสอบหาขนาดของเม็ดปุ๋ยชีวภาพ

4.6.1 จุดประสงค์การทดสอบ

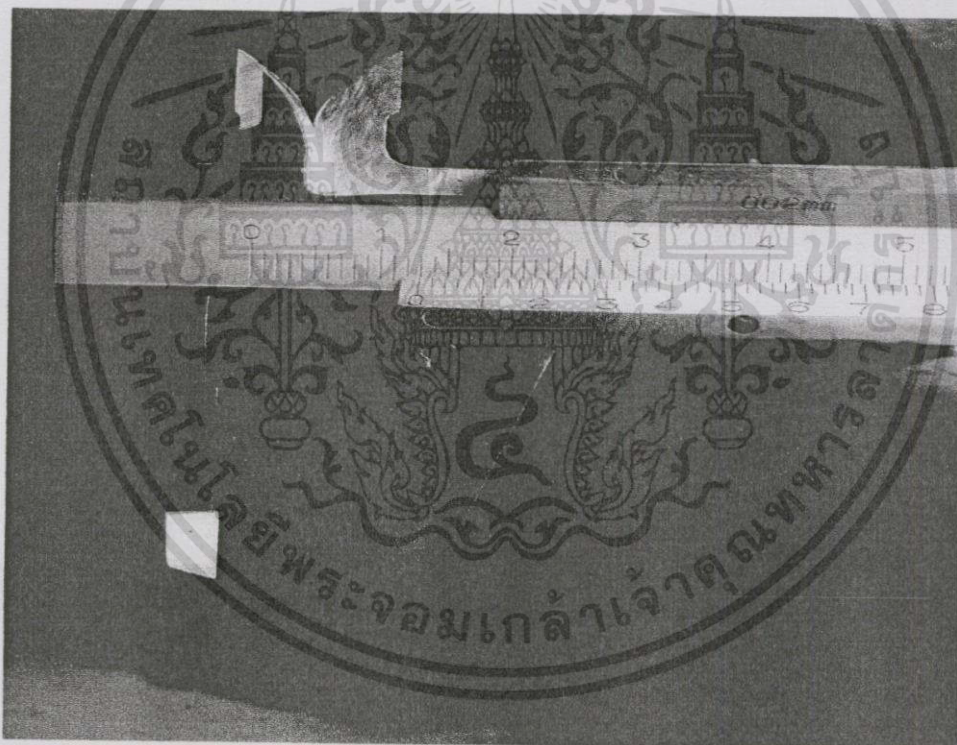
เพื่อทราบขนาดของเม็ดปุ๋ยที่ต่างกันตามความเร็วรอบของมอเตอร์

4.6.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) เม็ดปุ๋ยจากการทดสอบ
- 2) เวอร์เนียคาลิปเปอร์

4.6.3 ขั้นตอนการทดสอบ

- 1) สุ่มเลือกตัวอย่างจากเม็ดปุ๋ยที่ความชื้นต่างๆ
- 2) วัดและอ่านค่าความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
- 3) บันทึกผล

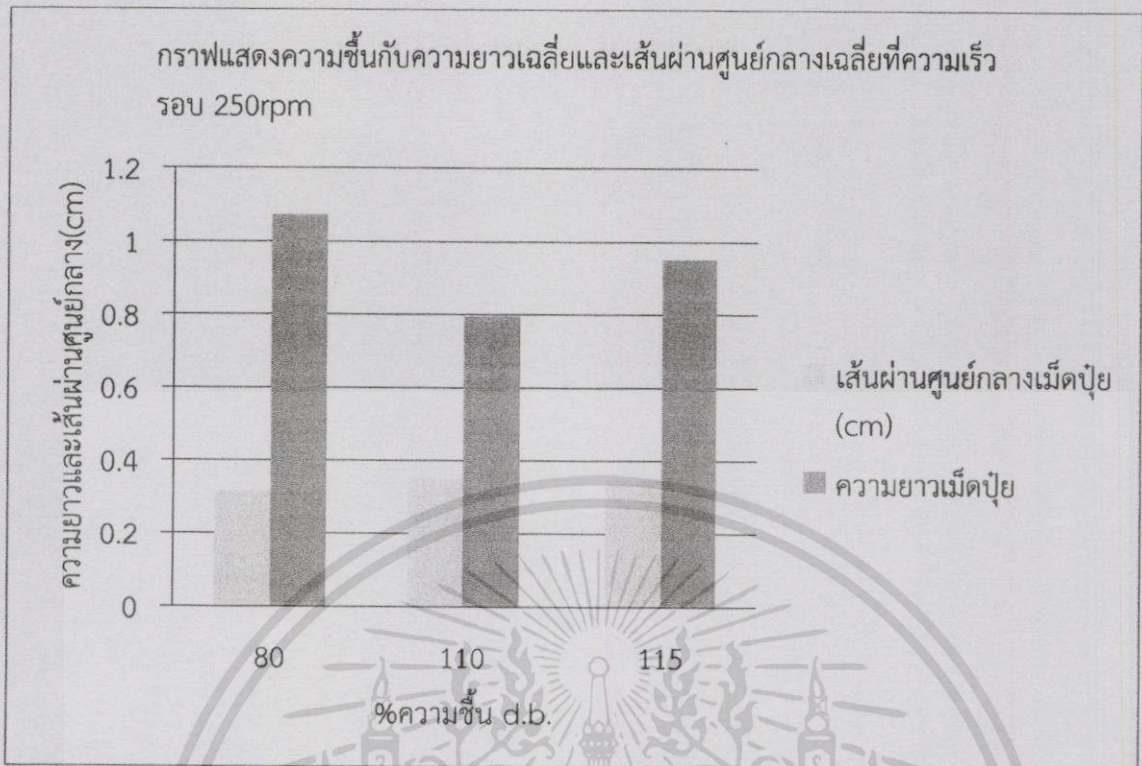


รูปที่ 4.11 การวัดขนาดปุ๋ย

ตารางที่ 4.10 ขนาดความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของปุ๋ยเม็ดชีวภาพที่ความเร็วรอบ 250 rpm

ลำดับที่	ความชื้น 80% d.b.		ความชื้น 110% d.b.		ความชื้น 115% d.b.	
	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	ความยาว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	ความยาว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	ความยาว (cm)
1	0.20	2.2	0.31	0.86	0.31	0.63
2	0.37	0.81	0.30	0.78	0.31	0.69
3	0.37	1.12	0.33	0.53	0.41	1.21
4	0.20	1.1	0.31	0.79	0.33	0.75
5	0.22	1.3	0.31	0.82	0.32	1.1
6	0.30	1.32	0.38	0.86	0.36	0.81
7	0.31	0.746	0.33	0.62	0.37	0.92
8	0.38	0.70	0.35	0.79	0.38	0.93
9	0.33	0.66	0.35	0.83	0.33	0.93
10	0.31	0.97	0.34	0.71	0.37	0.87
11	0.35	0.93	0.34	0.76	0.36	1.23
12	0.36	0.95	0.33	0.83	0.31	0.96
13	0.31	1.4	0.37	0.83	0.39	1.01
14	0.30	0.92	0.41	0.86	0.32	0.98
15	0.37	0.71	0.40	0.81	0.35	0.95
16	0.41	1.2	0.39	0.83	0.39	1.03
17	0.37	0.71	0.36	0.83	0.34	0.89
18	0.31	1.2	0.36	0.81	0.31	0.96
19	0.31	1.2	0.35	0.86	0.30	1.23
20	0.26	1.31	0.37	0.89	0.38	0.96
เฉลี่ย	0.32	1.07	0.35	0.80	0.35	0.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

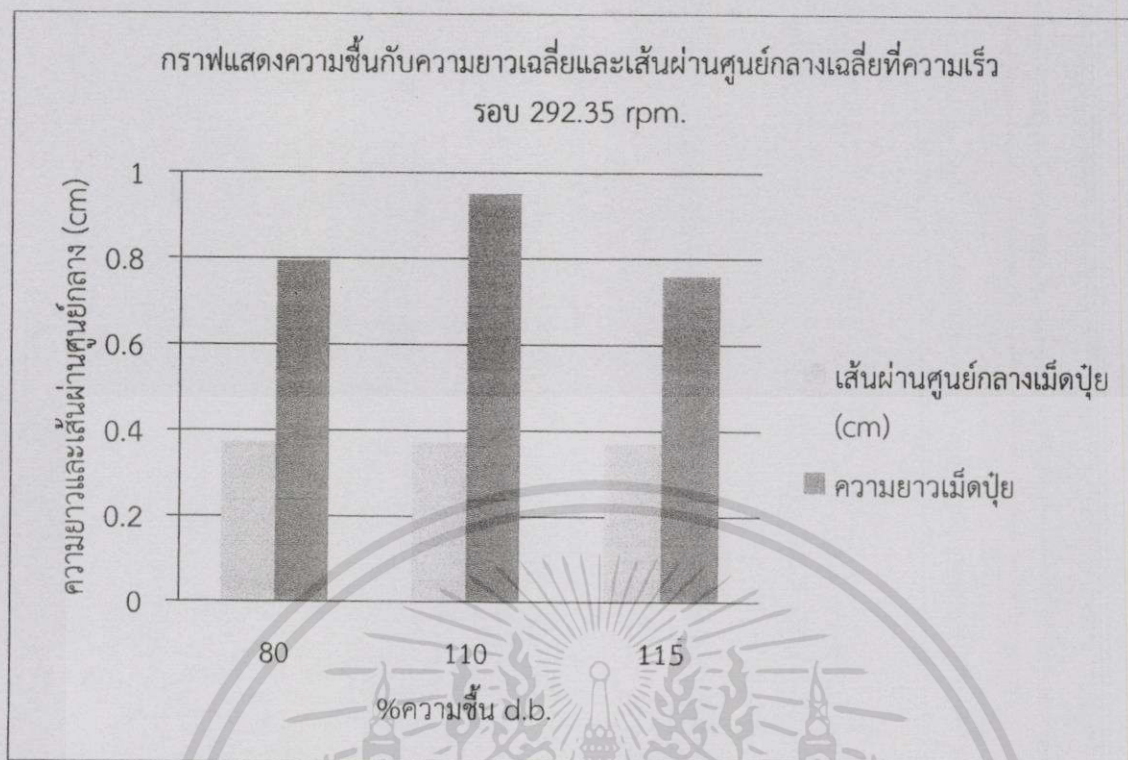


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความชันกับความยาวเฉลี่ยและเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่ความเร็วรอบ 250rpm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ขนาดความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของปุ๋ยเม็ดชีวภาพที่ความเร็วรอบ 292 rpm.

ลำดับที่	ความชื้น 80% d.b.		ความชื้น 110% d.b.		ความชื้น 115% d.b.	
	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	ความยาว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	ความยาว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	ความยาว (cm)
1	0.41	0.63	0.41	0.86	0.41	0.63
2	0.40	0.69	0.40	0.78	0.42	0.69
3	0.43	1.21	0.43	0.53	0.41	0.67
4	0.35	0.75	0.41	0.79	0.33	0.75
5	0.36	1.1	0.41	0.82	0.38	0.89
6	0.38	0.81	0.38	0.86	0.36	0.81
7	0.35	0.92	0.33	0.62	0.37	0.82
8	0.35	0.93	0.35	0.79	0.38	0.73
9	0.35	0.93	0.35	0.83	0.33	0.63
10	0.34	0.87	0.34	0.71	0.37	0.67
11	0.34	1.23	0.34	0.76	0.36	0.83
12	0.36	0.96	0.33	0.83	0.39	0.96
13	0.37	1.01	0.37	0.83	0.39	0.71
14	0.41	0.98	0.41	0.86	0.34	0.68
15	0.40	0.95	0.40	0.81	0.35	0.95
16	0.39	1.03	0.39	0.83	0.39	0.67
17	0.36	0.89	0.36	0.83	0.34	0.89
18	0.38	0.96	0.36	0.81	0.36	0.96
19	0.35	1.23	0.35	0.86	0.37	0.59
20	0.37	0.96	0.37	0.89	0.38	0.67
เฉลี่ย	0.37	0.95	0.38	0.80	0.37	0.76

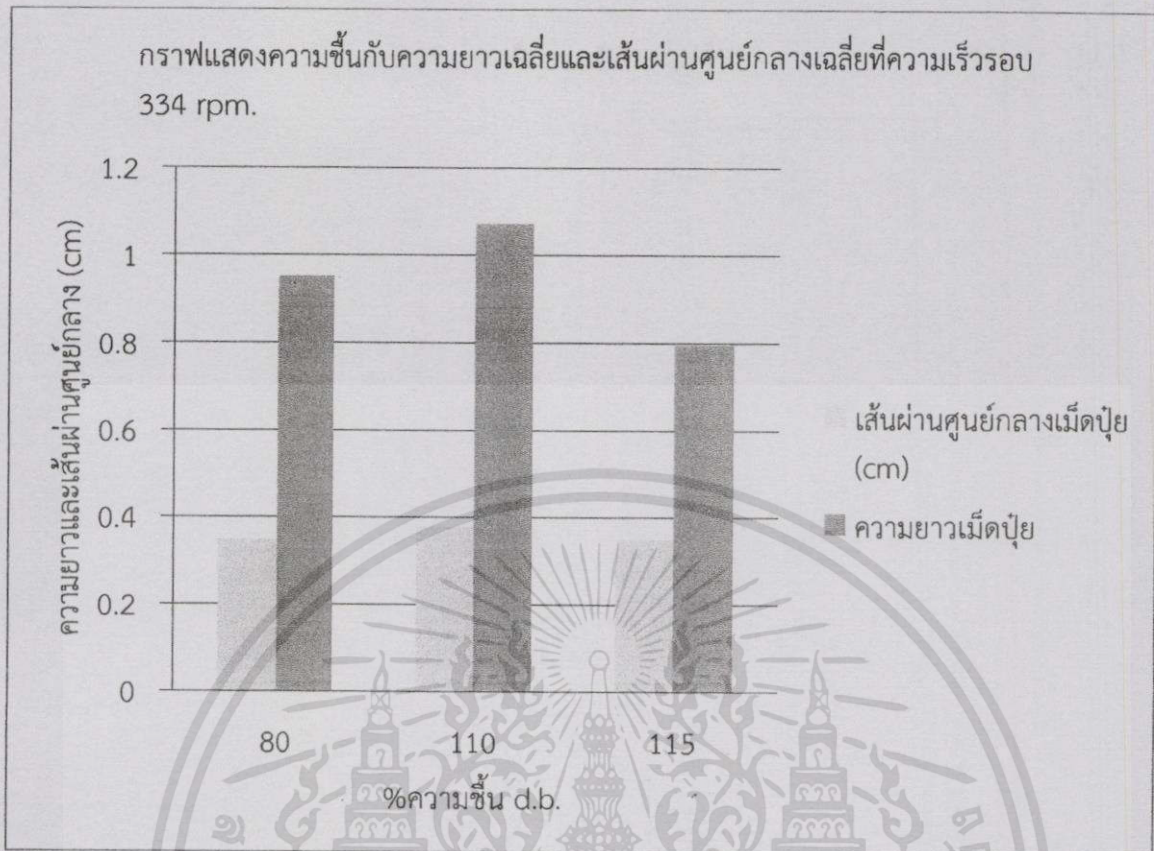


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความชื้นกับความยาวเฉลี่ยและเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่ความเร็วรอบ 292 rpm.

ตารางที่ 4.12 ขนาดความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของปุ๋ยเม็ดชีวภาพที่ความเร็วรอบ 334 rpm.

ลำดับที่	ความชื้น 80% d.b.		ความชื้น 110% d.b.		ความชื้น 115% d.b.	
	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความยาว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความยาว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความยาว (mm)
1	0.31	0.63	0.40	2.2	0.31	0.86
2	0.31	0.69	0.37	0.81	0.30	0.78
3	0.41	1.21	0.37	1.12	0.33	0.53
4	0.33	0.75	0.40	1.1	0.31	0.79
5	0.32	1.1	0.42	1.3	0.31	0.82
6	0.36	0.81	0.43	1.32	0.38	0.86
7	0.37	0.92	0.41	0.746	0.33	0.62
8	0.38	0.93	0.38	0.70	0.35	0.79
9	0.33	0.93	0.33	0.66	0.35	0.83
10	0.37	0.87	0.31	0.97	0.34	0.71
11	0.36	1.23	0.35	0.93	0.34	0.76
12	0.31	0.96	0.36	0.95	0.33	0.83
13	0.39	1.01	0.31	1.4	0.37	0.83
14	0.32	0.98	0.30	0.92	0.41	0.86
15	0.35	0.95	0.37	0.71	0.40	0.81
16	0.39	1.03	0.41	1.2	0.39	0.83
17	0.34	0.89	0.37	0.71	0.36	0.83
18	0.31	0.96	0.41	1.2	0.36	0.81
19	0.30	1.23	0.41	1.2	0.35	0.86
20	0.38	0.96	0.46	1.31	0.37	0.89
เฉลี่ย	0.34	0.95	0.38	1.07	0.35	0.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความขึ้นกับความยาวเฉลี่ยและเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่ความเร็วรอบ 334 rpm.

สรุปผลการทดสอบ

จากการสุ่มตัวอย่างเม็ดปุ๋ยมา ทำการวัดขนาด พบว่าความยาวของเม็ดปุ๋ยที่ความขึ้น 80%, 110%, และ 115% d.b. ที่ความเร็วรอบ 250 rpm พบว่าความขึ้นที่ 115% d.b. มีความยาวของเม็ดปุ๋ยสั้นที่สุดคือ 6.3 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ที่สุดคือ 4.1 mm ความขึ้นที่ 80% d.b. ความยาวของเม็ดปุ๋ยยาวที่สุดคือ 14 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุดคือ 2 mm

ที่ความเร็วรอบ 292 rpm. พบว่าความขึ้นที่ 115% d.b. มีความยาวของเม็ดปุ๋ยสั้นที่สุดคือ 5.9 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ที่สุดคือ 4.1 mm ความขึ้นที่ 80% d.b. ความยาวของเม็ด ปุ๋ยยาวที่สุดคือ 12.3 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุดคือ 3.4 mm

ที่ความเร็วรอบ 334 rpm. พบว่าความขึ้นที่ 115% d.b. มีความยาวของเม็ดปุ๋ยสั้นที่สุดคือ 5.3 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ที่สุดคือ 4.1 mm ความขึ้นที่ 80% d.b. ความยาวของเม็ด ปุ๋ยยาวที่สุดคือ 12.3 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุดคือ 3.1 mm

จากการทดสอบพบว่าถ้าความเร็วรอบมอเตอร์เพิ่มขึ้นและปุ๋ยที่ความขึ้นมากความยาวของเม็ดปุ๋ยจะสั้นลงและเส้นผ่านศูนย์กลางจะใหญ่ขึ้น

4.7 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

4.7.1 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break Even Point) ของเครื่องอัดปุ๋ย โดยมีขั้นตอนดังนี้

ตารางที่ 4.13 ต้นทุนรวมในการสร้างเครื่องอัดปุ๋ยเม็ด(ต้นทุนคงที่)

ลำดับที่	รายการวัสดุที่ใช้สร้างเครื่องอัดปุ๋ยเม็ด	หน่วย	ราคา(บาท)
1	เหล็กฉากขนาด 3.75x3.75x0.3 cm	1	670
2	ล้อยางพาน	2	1200
3	ดลับลูกปืน	2	350
4	สายพานลิ่ม ร่องB 47"	2	460
5	เหล็กเพลขนาด 1"	1	250
6	Nut – Bolt	1	90
7	ชุดอัด	1	500
รวม			3520

ตารางที่ 4.14 ต้นทุนส่วนปุ๋ยผสมต่อหนึ่งกิโลกรัม

ลำดับที่	ส่วนผสมการทำปุ๋ยเม็ด	ราคา/กิโลกรัม (บาท)	หน่วย (กิโลกรัม)	ราคา (บาท)
1	มูลสัตว์	10	3	30
2	น้ำหมักชีวภาพ	6	0.3	1.8
3	กากน้ำตาล	8	0.104	0.832
4	น้ำสะอาด	0.001	2	0.002
รวม				32.634

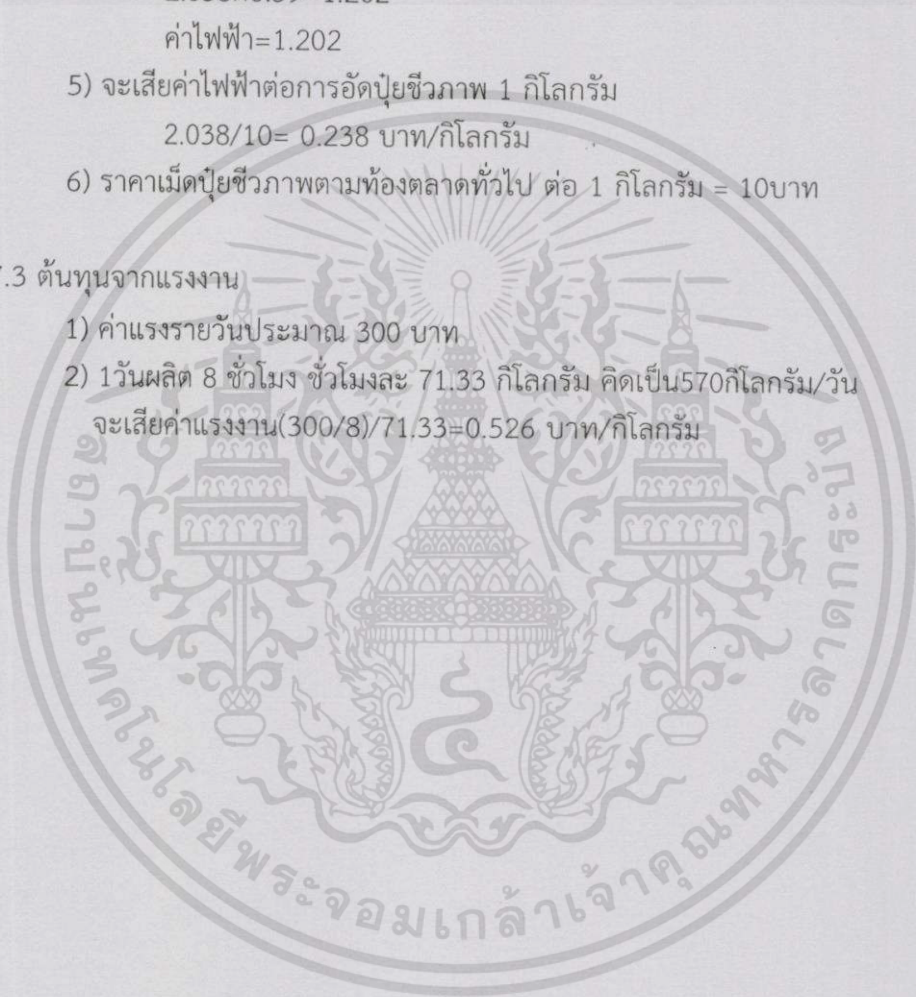
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.2 ต้นทุนจากค่าไฟฟ้า

- 1) ใช้มอเตอร์ขนาด 1 HP 220V 2.238kw
- 2) เครื่องอัดปุ๋ย 1 ชั่วโมง อัดปุ๋ยได้ 71.33 กิโลกรัม
 $2.238\text{kW} \times 1\text{hr} = 0.746\text{kWh}$
- 3) กระแสไฟฟ้า 1 หน่วย = 1kwh
 $2.238/1 \text{ kWh/kWh} = 2.238$
- 4) ราคาค่าไฟหน่วยละ 0.59 บาท
 $2.038 \times 0.59 = 1.202$
 ค่าไฟฟ้า = 1.202
- 5) จะเสียค่าไฟฟ้าต่อการอัดปุ๋ยชีวภาพ 1 กิโลกรัม
 $2.038/10 = 0.238 \text{ บาท/กิโลกรัม}$
- 6) ราคาเม็ดปุ๋ยชีวภาพตามท้องตลาดทั่วไป ต่อ 1 กิโลกรัม = 10บาท

4.7.3 ต้นทุนจากแรงงาน

- 1) ค่าแรงรายวันประมาณ 300 บาท
- 2) 1วันผลิต 8 ชั่วโมง ชั่วโมงละ 71.33 กิโลกรัม คิดเป็น 570 กิโลกรัม/วัน
 จะเสียค่าแรงงาน $(300/8)/71.33 = 0.526 \text{ บาท/กิโลกรัม}$



บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลจากการทดสอบหาความเร็วรอบและหาความขึ้นปยุที่เหมาะสมจากค่าที่ได้ถ้าความเร็ว รอบต่ำจะทำให้เม็ดปยุที่ได้จะมีลักษณะยาว ไม่ค่อยเต็มเม็ด ถ้าความเร็วรอบสูงเกินไปจะทำให้เกิดการ Over load เครื่องหยุดทำงาน และถ้าป้อนปยุครั้งละมากๆ ก็จะทำให้เครื่องหยุดทำงานได้เหมือนกัน ส่วนความขึ้นของปยุที่นำไปอัดจะต้องทำการหาความขึ้นที่เหมาะสมเพื่อหาระยะเวลาที่ใช้ในการหมักปยุ จากการทดสอบเครื่องอัดเม็ดปยุทำงานได้ดีที่ค่า เหมาะสมดังนี้ ที่ความเร็วรอบ 334 รอบต่อนาที ได้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง 80% และใช้เวลาในการอัด 1.5 นาที

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) เมื่ออัตราส่วนของความขึ้น 80%, 110% และ 115% d.b พบว่าปยุ ที่ความขึ้น 80% d.b. มีลักษณะของเม็ดปยุไม่สมบูรณ์เพราะ มีความขึ้นไม่เพียงพอทำให้เกิดการไม่จับตัวเป็นก้อนของปยุ จึงควรมีการศึกษาเรื่องของความขึ้นที่เหมาะสมต่อการอัดปยุให้ละเอียดยิ่งขึ้น

2) เครื่องหยุดทำงานเมื่อป้อนปริมาณปยุเป็นปริมาณมากๆและถี่ จึงควรมีการศึกษาปริมาณในการป้อนและความเร็วในการป้อนต่อครั้งให้ละเอียดยิ่งขึ้น เพื่อการทำงานที่ต่อเนื่องของเครื่องอัดเม็ดปยุ

3) มีการอุดตันของตะแกรงแม่แบบและขอบของตะแกรงแม่แบบเนื่องจากการตกค้างของปยุเมื่อใช้งานเสร็จควรทำความสะอาดทันที ถ้าปล่อยให้ปยุที่ตกค้างแห้ง จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องลดลง และอาจทำให้เครื่องไม่สามารถทำงานได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก.1 แฟคเตอร์แก้ไข

ตัวถูกขับ		ตัวขับ					
		แรงบิดสูงสุดขั้นสูงถึง 200%			แรงบิดสูงสุดสูงกว่า 200%		
		มอเตอร์ AC (แรงบิดปกติ, squirrel cage, synchronous) มอเตอร์ DC (shunt wound)					
		มอเตอร์ AC (แรงบิดสูง, เฟสเดียว, series wound) มอเตอร์ DC (compound wound, series wound) เครื่องยนต์, เฟลาโนแนวเส้น, คลีช					
		เวลาทำงานต่อวัน			เวลาทำงานต่อวัน		
		3-5 ชม.	8-10 ชม.	16-24 ชม.	3-5 ชม.	8-10 ชม.	16-24 ชม.
โหลดมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก	เครื่องกววน (ของเหลว), ไบพัตเครื่องเป่า(สูงถึง75กิโลวัตต์), ปั๊มหอยโขง, สายพานลาเลี้ยงงานเบาๆ	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4
โหลดมีการเปลี่ยนแปลงน้อย	สายพานลาเลี้ยง(ทราย, ถ่านหิน), เครื่องผสมแป้ง, ไบพัต(มากกว่า75 กิโลวัตต์), เครื่องยนต์, เฟลาโนแนวเส้น, เครื่องปล่อยเรือลงน้ำ, เครื่องมือกล, เครื่องพิมพ์	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
โหลดมีการเปลี่ยนแปลงปานกลาง	สายพานลาเลี้ยง(ถัง, เกลียว), ปั๊มแบบอัดกระแทก, เครื่องอัด, โรงสี, เครื่องตี, เครื่องจักรทอผ้า, เครื่องจักรงานช่างไม้	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
โหลดมีการเปลี่ยนแปลงมาก	เครื่องบด, ย่อย, โรงสี(แบบใช้ลูกกลมบด), แม่แรง, เครื่องจักรโรงงานทายาง (เครื่องรีด, เครื่องม้วน)	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก.2 ความยาวของสายพานลิ้มมาตรฐาน

เลขระบุ		เลขระบุ		เลขระบุ		เลขระบุ	
(นิ้ว)	มม.	(นิ้ว)	มม.	(นิ้ว)	มม.	(นิ้ว)	มม.
10	254	45	1143	80	2032	115	2921
11	279	46	1168	81	2057	116	2946
12	305	47	1194	82	2083	117	2972
13	330	48	1219	83	2108	118	2997
14	356	49	1245	84	2134	119	3023
15	381	50	1270	85	2159	120	3048
16	406	51	1295	86	2184	121	3073
17	432	52	1321	87	2210	122	3099
18	457	53	1346	88	2235	123	3124
19	483	54	1372	89	2261	124	3150
20	508	55	1397	90	2286	125	3175
21	533	56	1422	91	2311	126	3200
22	559	57	1448	92	2337	127	3226
23	584	58	1473	93	2362	128	3251
24	610	59	1499	94	2388	129	3277
25	635	60	1524	95	2413	130	3302
26	660	61	1549	96	2438	131	3327
27	686	62	1575	97	2464	132	3353
28	711	63	1600	98	2489	133	3378
29	737	64	1626	99	2515	134	3404
30	762	65	1651	100	2540	135	3429
31	787	66	1676	101	2565	136	3454
32	813	67	1702	102	2591	137	3480
33	838	68	1727	103	2616	138	3505
34	864	69	1753	104	2642	139	3531
35	889	70	1778	105	2667	140	3556
36	914	71	1803	106	2692	141	3581
37	940	72	1829	107	2718	142	3607
38	965	73	1854	108	2743	143	3632
39	991	74	1880	109	2769	144	3658
40	1016	75	1905	110	2794	145	3683
41	1041	76	1930	111	2819	146	3708
42	1067	77	1956	112	2845	147	3734
43	1092	78	1981	113	2870	148	3759
44	1118	79	2007	114	2896	149	3785

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ก. 3 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด B ต่อเส้น P_R (kW)

d_p (mm)	m_ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	1800	2400	2850	3200	3600
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
71	1.00	0.29	0.45	0.50	0.56	0.67	0.76	0.88	1.05	1.16	1.22	1.28
	1.05	0.30	0.46	0.51	0.59	0.69	0.80	0.92	1.11	1.22	1.30	1.36
	1.20	0.32	0.50	0.55	0.63	0.75	0.86	1.00	1.22	1.35	1.44	1.52
	1.50	0.33	0.52	0.58	0.66	0.79	0.91	1.07	1.30	1.45	1.55	1.65
	3.00	0.34	0.54	0.60	0.69	0.82	0.95	1.11	1.37	1.53	1.64	1.74
80	1.00	0.37	0.59	0.65	0.74	0.89	1.02	1.20	1.45	1.61	1.71	1.81
	1.05	0.38	0.60	0.67	0.77	0.92	1.06	1.24	1.51	1.68	1.79	1.89
	1.20	0.40	0.63	0.71	0.81	0.97	1.12	1.32	1.62	1.81	1.93	2.05
	1.50	0.42	0.66	0.73	0.84	1.01	1.17	1.38	1.70	1.91	2.05	2.10
	3.00	0.43	0.68	0.75	0.87	1.04	1.21	1.43	1.76	1.98	2.13	2.27
90	1.00	0.47	0.74	0.82	0.94	1.13	1.31	1.54	1.88	2.10	2.24	2.36
	1.05	0.47	0.75	0.84	0.96	1.16	1.34	1.58	1.94	2.16	2.31	2.45
	1.20	0.49	0.78	0.87	1.01	1.21	1.41	1.66	2.05	2.29	2.45	2.61
	1.50	0.51	0.81	0.90	1.04	1.26	1.46	1.73	2.13	2.39	2.57	2.74
	3.00	0.52	0.83	0.92	1.06	1.29	1.50	1.77	2.19	2.47	2.65	2.83
100	1.00	0.56	0.88	0.99	1.14	1.37	1.59	1.88	2.30	2.56	2.73	2.88
	1.05	0.56	0.90	1.01	1.16	1.40	1.62	1.92	2.36	2.63	2.80	2.97
	1.20	0.58	0.93	1.04	1.20	1.45	1.69	2.00	2.46	2.76	2.95	3.13
	1.50	0.60	0.96	1.07	1.24	1.50	1.74	2.06	2.55	2.86	3.06	3.26
	3.00	0.61	0.98	1.09	1.26	1.53	1.78	2.11	2.61	2.93	3.14	3.35
112	1.00	0.66	1.06	1.19	1.37	1.65	1.92	2.27	2.78	3.09	3.29	3.46
	1.05	0.67	1.08	1.20	1.39	1.68	1.96	2.31	2.84	3.16	3.36	3.54
	1.20	0.69	1.11	1.24	1.43	1.74	2.02	2.39	2.95	3.29	3.51	3.70
	1.50	0.70	1.13	1.27	1.47	1.78	2.07	2.46	3.03	3.39	3.62	3.83
	3.00	0.71	1.15	1.29	1.49	1.81	2.11	2.50	3.09	3.46	3.70	3.92
125	1.00	0.78	1.25	1.40	1.61	1.95	2.27	2.68	3.28	3.63	3.84	4.01
	1.05	0.79	1.27	1.42	1.64	1.98	2.31	2.73	3.34	3.70	3.92	4.09
	1.20	0.80	1.30	1.45	1.68	2.04	2.37	2.81	3.44	3.83	4.06	4.26
	1.50	0.82	1.32	1.48	1.71	2.08	2.42	2.87	3.53	3.93	4.18	4.39
	3.00	0.83	1.34	1.50	1.74	2.11	2.46	2.92	3.59	4.00	4.26	4.48
140	1.00	0.91	1.47	1.64	1.89	2.30	2.67	3.15	3.83	4.21	4.42	4.56
	1.05	0.92	1.48	1.66	1.92	2.32	2.70	3.19	3.88	4.27	4.49	4.64
	1.20	0.93	1.51	1.69	1.96	2.38	2.77	3.27	3.99	4.40	4.64	4.80
	1.50	0.95	1.54	1.72	1.99	2.42	2.82	3.33	4.08	4.50	4.75	4.93
	3.00	0.96	1.56	1.74	2.02	2.45	2.86	3.38	4.14	4.58	4.83	5.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้พิมพ์ไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

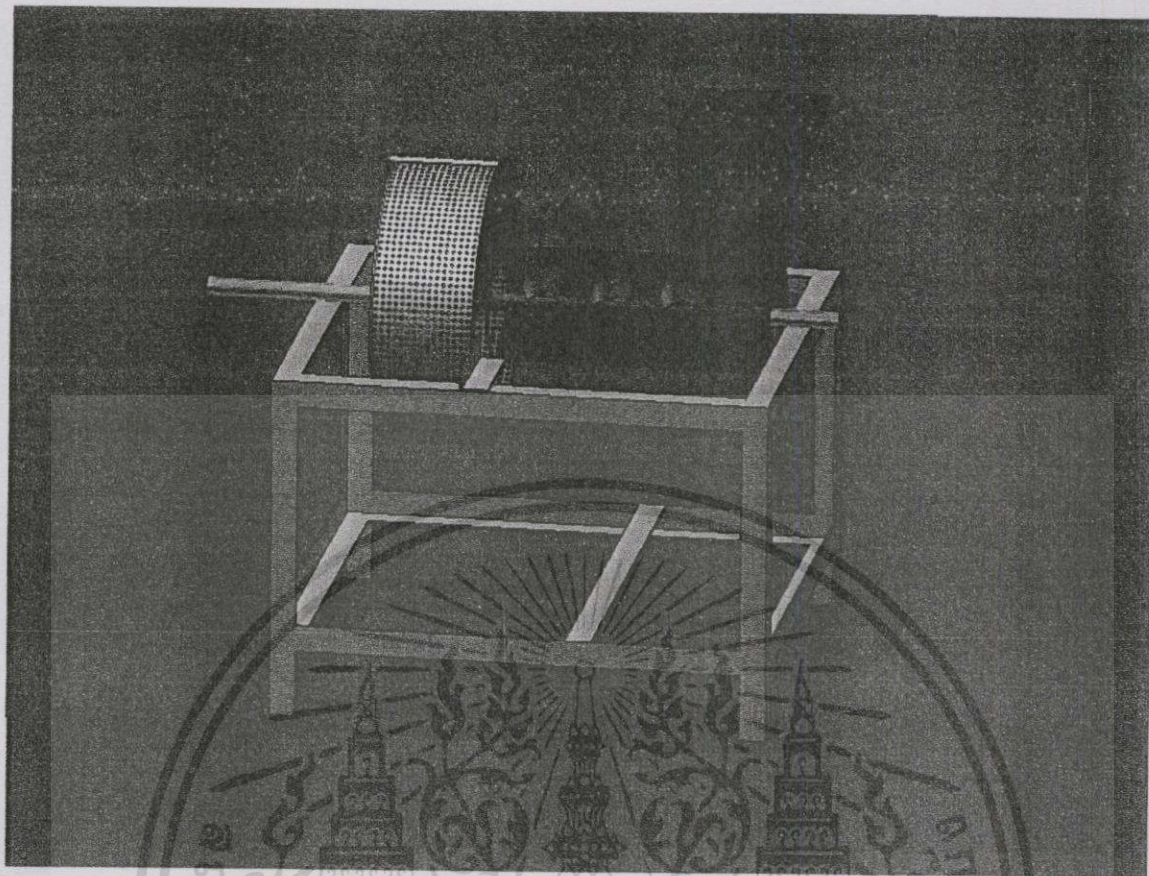
ตารางผนวกที่ ก. 4 แฟคเตอร์แก้ไข $K\theta$

$(D_2 - D_1)/C$	$K\theta$
0.00	1.00
0.10	0.99
0.20	0.97
0.30	0.96
0.40	0.94
0.50	0.93
0.60	0.91
0.70	0.91
0.80	0.87
0.90	0.85
1.00	0.82
1.10	0.80
1.20	0.77
1.30	0.73
1.40	0.70
1.50	0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

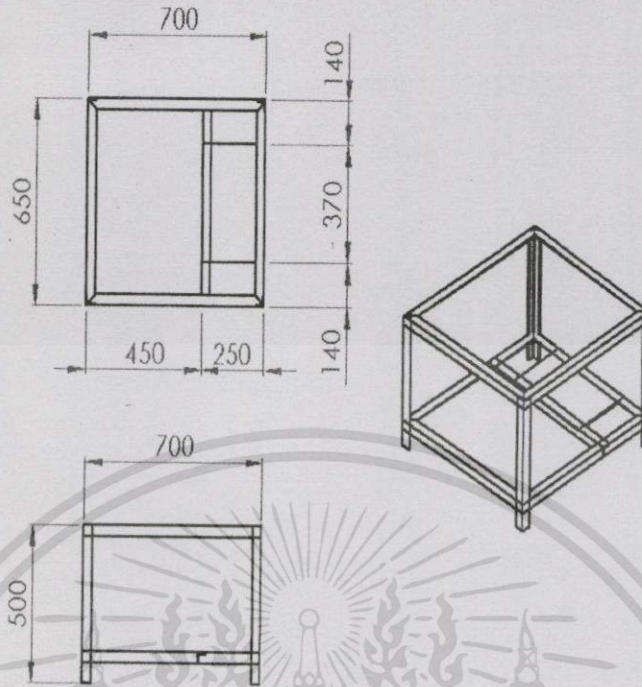


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

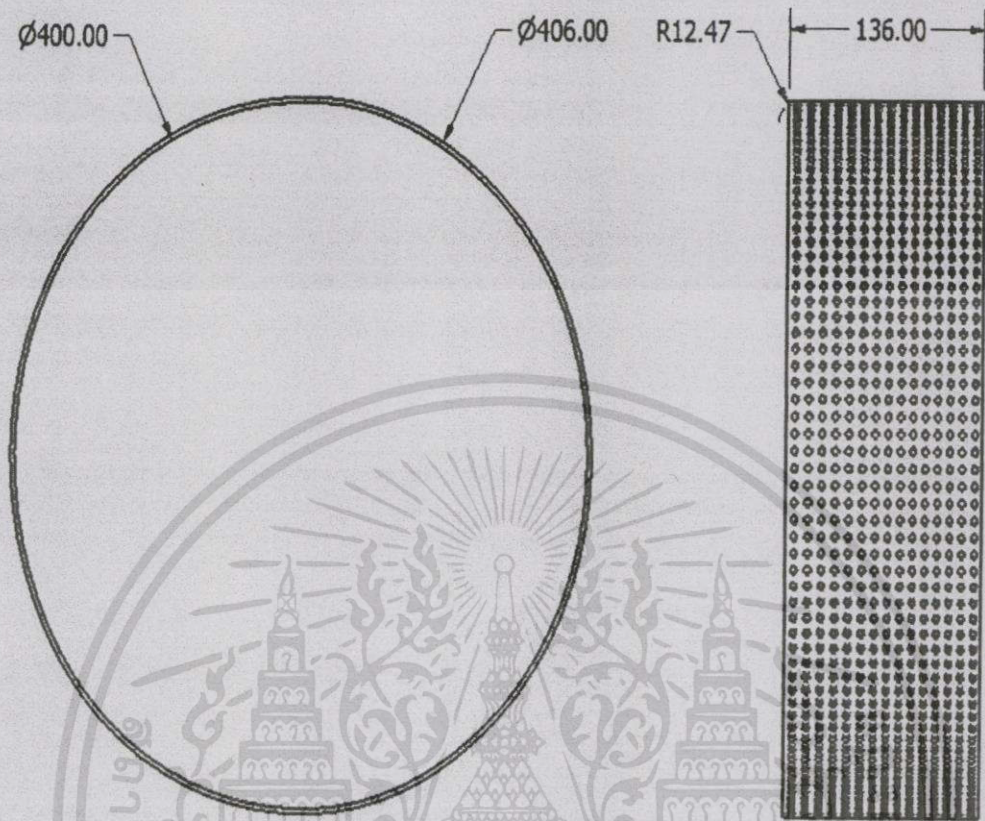


รูปที่ ข.1 แบบจำลองของเครื่องอัดเม็ดบู่ชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

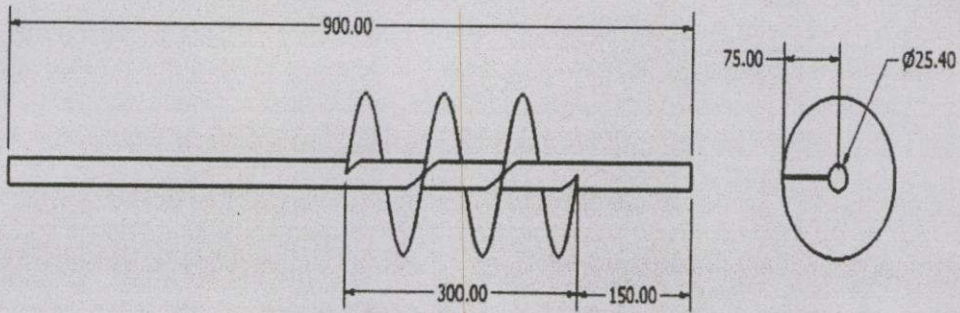


รูปที่ ข.2 แบบจำลองของโครงเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ

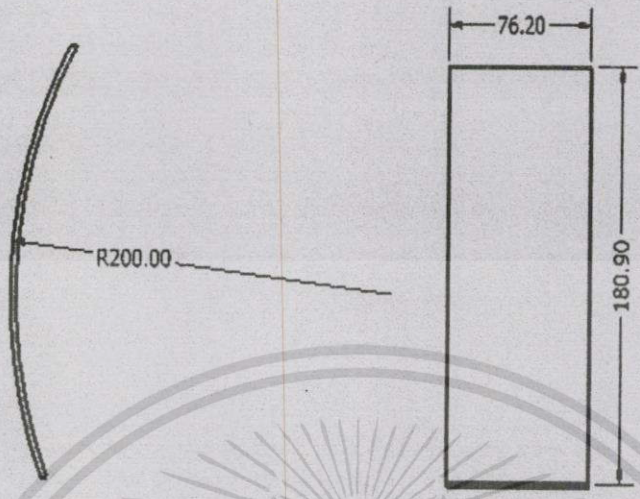


รูปที่ ข.3 แบบจำลองแม่แบบขึ้นขึ้นรูปเม็ดปุ๋ยชีวภาพ

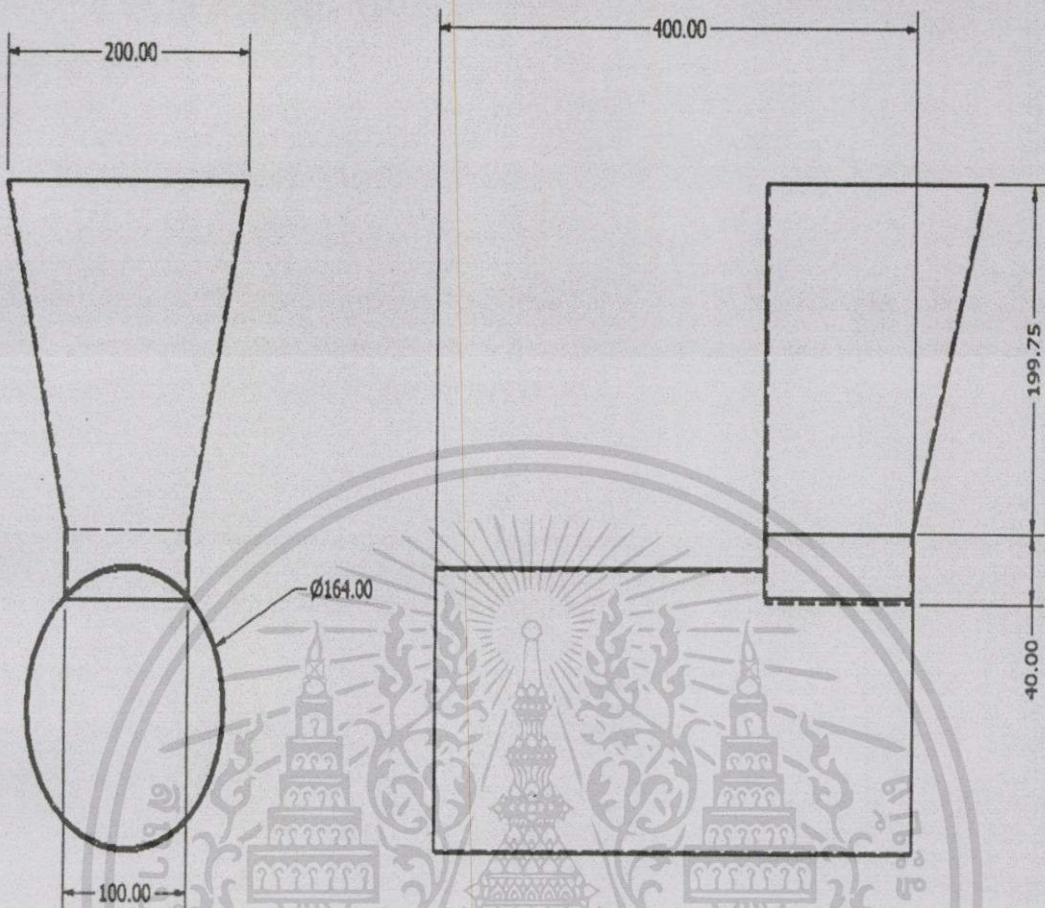
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

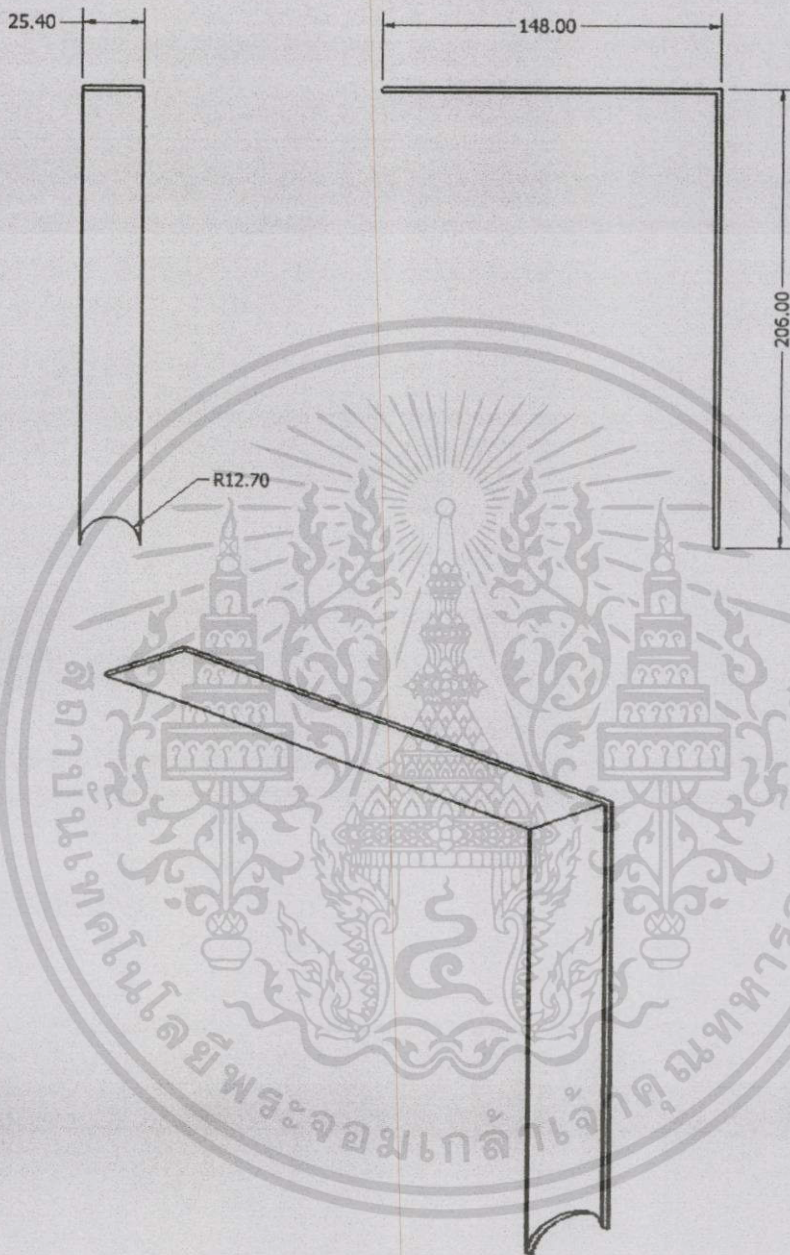


รูปที่ ข.5 แบบจำลองหัวอัดของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ



รูปที่ ข.6 แบบจำลองซอฟต์แวร์ของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 แบบจำลองใบตัดของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมวิชาการเกษตร.(ออนไลน์) ปุ๋ยชีวภาพและผลิตภัณฑ์จากปุ๋ยชีวภาพ
(http://www.doa.go.th/apsrdo/index.php?option=com_content&view=article&id=64:2010-02-19-01-57-12&catid=48:2010-02-19-01-20-26) สืบค้นวันที่ 13 ก.ค. 2556
- [2] โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ มัชฌิม นครสวรรค์.(ออนไลน์). เรื่องปุ๋ย
(http://www.thaigoodview.com/library/contest2552/type1/tech03/11/encoding_utf8/chaiwbi/unit04/4005.html) สืบค้นวันที่ 12 ก.ค.2556
- [3] ก้องเกียรติ เสมประวัตติ, ผดุงสิทธิ์ อาศัยพานิชย์, ศกุนทณ ฝอยหิรัญ(2555). “เครื่องอัดเชื้อเพลิงเม็ดชีวมวล”. ปรินญาณินพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [4] จำรูญ ตันติพิศาลกุล, การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2541.
- [5] ผศ. จิราภรณ์ เบญจประภากรรัตน์. เครื่องจักรกลการเกษตร (เล่ม 2). กรุงเทพฯ: ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [6] รศ.บรรเลง ศรีนิล, “ตำรางานโลหะ”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2524
- [8] วริทธิ์ อังภากรณ์และ ชาญุ ถนัดงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม1. หจก. เอช-เอ็น การพิมพ์: กรุงเทพฯ, 2534.
- [9] วริทธิ์ อังภากรณ์และ ชาญุ ถนัดงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม2. หจก. เอช-เอ็น การพิมพ์: กรุงเทพฯ, 2541.
- [10] กรองทอง เพชรวงษ์, ผ่องพรรณ เต็มสุขุม,พรวิภา ยองโย(2555). “การออกแบบและสร้างเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ” ปรินญาณินพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง