การพัฒนาเครื่องสับฟางในนาข้าว

Development of rice straw chopper in paddy field

นายธีระพงศ์ พุ่มพวง รหัสนิสิต 58362421

นายวรวุฒิ บุญยงค์ รหัสนิสิต 58362728

นางสาวศิรินทิพย์ เอี่ยมสำอางค์ รหัสนิสิต 58362797

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2561

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การพัฒนาเครื่องสับฟางในนาข้าว		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายธีระพงศ์	พุ่มพวง	รหัสนิสิต 58362421
	นายวรวุฒิ	บุญยงค์	รหัสนิสิต 58362728
	นางสาวศิรินทิพย์	เอี่ยมสำอางค์	รหัสนิสิต 58362797
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	2561		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์)

.....กรรมการ
(ผศ.ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

.....กรรมการ
(ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การพัฒนาเครื่องสับฟางในนาข้าว		
ผู้ดาเนินโครงงาน	นายธีระพงศ์	พุ่มพวง	รหัสนิสิต 58362421
	นายวรวุฒิ	บุญยงค์	รหัสนิสิต 58362728
	นางสาวศิรินทิพย์	เอี่ยมสำอางค์	รหัสนิสิต 58362797
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	2561		

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา ออกแบบ และสร้างเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบที่สามารถสับตอซังและฟางที่อยู่ด้านบนตอซังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวโดยใช้รถเกี่ยวนวดข้าว โดยมีหน้ากว้างในการทำงาน 2 เมตร เครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ มีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน คือ โครงชุดส่งกำลัง ชุดเกียร์ทด ล้อเหล็กปรับระดับความสูง และเพลาราวใบมีด ซึ่งประกอบด้วย จานใบมีด ใบมีดตรง และใบมีดหักเอียงทำมุม 145 องศา ทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพในการทำงานของเพลาราวใบมีดทั้ง 3 แบบ คือ 1) รูปแบบการเรียงใบมีดแบบหัวจรวดไปทางด้านหน้าเมื่อมองจากด้านบนของเครื่อง (ราวใบมีดแบบที่ 1) 2) รูปแบบการเรียงใบมีดแบบหัวจรวดไปทางด้านหลังเมื่อมองจากด้านบนของเครื่อง (ราวใบมีดแบบที่ 2) และ 3) รูปแบบการเรียงใบมีดแบบเป็นเกลียว (ราวใบมีดแบบที่ 3) แต่ละรูปแบบ ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบเพลาใบมีด 3 ระดับ คือ 1250 1500 และ 1750 รอบต่อนาที และหมุนเพลาราวใบมีดใน 2 ทิศทาง คือ หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ ในแปลงนาข้าว พันธุ์ข้าวหอมพวง หลังทำการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวดข้าว 20 วัน ณ ต.บางกระทุ่ม อ.บางกระทุ่ม จ.พิษณุโลก พบว่า มีปริมาณตอซังและฟางข้าว 1,191 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของตอซังและฟางข้าว 8.2 % w.b. ทำการทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวโดยต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ ยี่ห้อฟอร์ด 8410 125 แรงม้า ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่เฉลี่ย 1.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากการทดสอบพบว่า ราวใบมีดแบบที่ 3 ที่หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที สามารถสับฟางได้สั้นกว่า 3.5 เซนติเมตรได้ถึงร้อยละ 45.57 ซึ่งสูงกว่ารูปแบบอื่น และเมื่อพิจารณาการกระจายของฟางหลังสับสามารถกระจายฟางได้สม่ำเสมอได้ดีกว่ารูปแบบอื่น

Project title	Development of rice straw chopper in paddy field		
Name	Mr. Theerapong	Phumpuang	ID. 58362421
	Mr. Worawut	Boonyong	ID. 58362728
	Miss. Sirinthip	Iamsamoang	ID. 58362797
Project advisor	Asst. Prof. Dr. Rattana Karoonboonyanan		
Major	Mechanical Engineering		
Department	Mechanical Engineering		
Academic year	2018		

.....

Abstract

This project aims to design, build and develop rice straw chopper in paddy field that can chop stubbles and rice straw left from the combine harvester, with a working width of 2 meters. The prototype of rice straw chopper consists of 5 main components: frame, power transmission, gear box, height adjustable wheel, and blade shaft which consists of blade disc, straight blades and incline 145-degree angle blades. The three types of blade shafts are 1) the pattern of the arrow head alignment towards, 2) the pattern of the arrow head alignment backwards, and 3) the spiral blade shaft. The performance test of three types of blade shaft were evaluated at three levels of shaft rotating speed with 1250, 1500 and 1750 rpm and ease of this were test in two directions of rotating as clockwise and counter-clockwise. The experiment of each was done in three replications. The field test was done in the paddy field with Horm Paung variety which 20 days after harvested by combine harvester at Bang Krathum Subdistrict, Bang Krathum District, Phitsanulok Province. The rice straw and stubble over the field was 1,191 kg/rai and the moisture content was 8.2%. The rice straw chopper prototype attached to the Ford tractor 8410 with 125 hp. The travel speed was 1.33 km/h. The results showed that the spiral blade shaft with clockwise direction at the rotational speed of 1500 rpm was found the length of the straw that to be chopper lower than 3.5 centimeter was 45.57% that higher than another test and found the distribution of straw after chopping that can distribute straw evenly better than the other models.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณบุคคลที่ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทาง ให้ความช่วยเหลือและให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินโครงงานนี้จนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บิดา มารดา ที่คอยส่งกำลังใจ ส่งเสียเลี้ยงบุตรและสนับสนุนจนสำเร็จการศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาที่มีประสิทธิภาพ และบุคคลที่ให้ความช่วยเหลือทางข้อมูลคือ ผศ.ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ และ ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์ ที่ให้ข้อเสนอแนะที่มีส่วนช่วยเสริมคุณภาพของโครงงานให้ดียิ่งขึ้น ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงงานนี้ และขอขอบคุณ บริษัท สยามอิมพลีเม้น จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านงานช่างสร้างเครื่องสับฟางในนาข้าว สมาชิกในกลุ่มและเพื่อนทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

สุดท้ายนี้กลุ่มโครงงานของข้าพเจ้า ขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยจงช่วยเหลือคุ้มครองปกปักรักษาบุคคลเหล่านี้ด้วยเทอญ

ผู้ดำเนินโครงการ

นายธีระพงศ์ พุ่มพวง

นายวรวุฒิ บุญยงค์

นางสาวศิรินทิพย์ เอี่ยมสำอางค์

เมษายน 2562

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อ	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน	2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ	2
1.5 ขอบเขตการดำเนินการของโครงงาน	2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน	2
1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.8 กิจกรรมการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ฟางข้าว	4
2.2 ใบมีด	7
2.3 เครื่องสับย่อยรูปแบบต่าง ๆ	13
2.4 สมการที่เกี่ยวข้อง	20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ 23
3.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟางข้าว 23
3.2 การทดลองเบื้องต้น 27
3.3 การออกแบบเครื่องสับฟางในนาข้าว 31
3.4 การสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องสับฟางในนาข้าว 33
3.5 การทดสอบในภาคสนามเพื่อศึกษาสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องสับฟางในนาข้าว 42
3.6 ปรับปรุงและแก้ไข 49

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล 50
4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟางข้าว 50
4.2 ผลจากการทดสอบเครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง 51
4.3 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบเครื่องสับฟางในนาข้าว 51
4.4 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องสับฟางในนาข้าวทั้ง 3 รูปแบบ 61

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 64
5.1 สรุปผลการทดลอง 64
5.2 ข้อเสนอแนะ 66

บรรณานุกรม 67

ภาคผนวก ก ผลการทดลองของเครื่องสับฟางในนาข้าว 71
ภาคผนวก ข แบบราวใบมีดเครื่องสับฟางในนาข้าว 74

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 82

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 กิจกรรมการดำเนินงาน 3
ตารางที่ 2.1 ปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าว 4
ตารางที่ 2.2 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ ณ แปลงผัดกาด 5
ตารางที่ 2.3 ผลการทดลองสารสกัดจากฟางข้าวกับพืชทั้ง 4 ชนิด 6
ตารางที่ 2.4 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องตัดหญ้าแบบสะพาย 13
ตารางที่ 2.5 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องตัดหญ้าแบบรถนั่งขับ หรือแบบรถเข็น 14
ตารางที่ 2.6 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับย่อยอเนกประสงค์ 15
ตารางที่ 2.7 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องหญ้าไหล่ทาง 16
ตารางที่ 2.8 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องตัดหญ้าแบบโรตารี่คลุมดิน 17
ตารางที่ 2.9 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องตัดตอซังและลำเลียง 18
ตารางที่ 2.10 น้ำหนักของฟางที่ได้ขนาดจากการคัดแยกแต่ละครั้ง (g) เปรียบเทียบ
ประสิทธิภาพระหว่างใบมีดชุดเก่า กับชุดใหม่ (ความชื้น 9-10 %d.b.) 19
ตารางที่ 2.11 ข้อดีและข้อเสียเครื่องหั่นฟางสำหรับการทำอาหารผสม 19
ตารางที่ 3.1 ลำดับแถวในการทดลองเครื่องตัดหญ้าริมทาง 30
ตารางที่ 3.2 ข้อดีและข้อสียของเครื่องสับฟางในแนวตั้ง 31
ตารางที่ 3.3 ข้อดีและข้อสียของเครื่องสับฟางในแนวนอนแบบที่ 1 32
ตารางที่ 3.4 ข้อดีและข้อสียของเครื่องสับฟางในแนวนอนแบบที่ 2 32
ตารางที่ 3.5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เลย์และความเร็วรอบที่เพลาใบมีด 41
ตารางที่ 3.6 ขนาดของตะแกรง 48
ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของฟางข้าวทั้ง 3 พันธุ์ 50
ตารางที่ 4.2 ตารางค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวเฉลี่ย 62
ตารางที่ 5.1 คุณลักษณะต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบเครื่องสับฟางในนาข้าว 64
ตารางที่ ก.1 น้ำหนักแต่ละความยาวของฟางหลังการสับ โดยใช้ราวใบมีดแบบ M1 71
ตารางที่ ก.2 น้ำหนักแต่ละความยาวของฟางหลังการสับ โดยใช้ราวใบมีดแบบ M2 71
ตารางที่ ก.3 น้ำหนักแต่ละความยาวของฟางหลังการสับ โดยใช้ราวใบมีดแบบ M3 72

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 คมมีดแบบ Flat Grind 7
รูปที่ 2.2 คมมีดแบบ Hollow Grind 7
รูปที่ 2.3 คมมีดแบบ Chiesel Grind 8
รูปที่ 2.4 คมมีดแบบ Convex Grind 8
รูปที่ 2.5 องศาของใบมีด 9
รูปที่ 2.6 ใบตัดแบบใบมีด 10
รูปที่ 2.7 ใบตัดแบบวงเดือน 10
รูปที่ 2.8 ใบตัดแบบเส้นเอ็น 11
รูปที่ 2.9 ใบตัดแบบติดจาน. 11
รูปที่ 2.10 เครื่องตัดหญ้าแบบสะพาย 13
รูปที่ 2.11 เครื่องตัดหญ้าแบบรถนั่งขับ. 14
รูปที่ 2.12 เครื่องตัดหญ้าแบบรถเข็น 14
รูปที่ 2.13 เครื่องสับย่อยอเนกประสงค์ 15
รูปที่ 2.14 ใบมีดของเครื่องย่อยอเนกประสงค์ 15
รูปที่ 2.15 เครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง 16
รูปที่ 2.16 เครื่องตัดหญ้าแบบโรตารี่คลุมดิน 16
รูปที่ 2.17 เครื่องตัดตอซังในแนวตั้งและลำเลียง 17
รูปที่ 2.18 ชุดใบมีดแบบเก่า 18
รูปที่ 2.19 ชุดใบมีดแบบใหม่ 18
รูปที่ 2.20 การวางตัวของชุดใบมีดแบบใหม่ 18
รูปที่ 3.1 ตอซังและฟางข้าว ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร 23
รูปที่ 3.2 ชั่งน้ำหนักกระป๋องเปล่า 24
รูปที่ 3.3 นำฟางข้าวใส่กระป๋อง 25
รูปที่ 3.4 นำฟางข้าวไปชั่งน้ำหนัก และจดบันทึก 25
รูปที่ 3.5 นำฟางข้าวไปอบที่อุณหภูมิ 103°C 25
รูปที่ 3.6 ชั่งน้ำหนักกระสอบใส่ฟาง 26
รูปที่ 3.7 รถไถ MASSEY FERGUSON รุ่น MF6712 CAB 27
รูปที่ 3.8 เครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง FERRI รุ่น TD37 27

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.9 ใบมีดหักเอียงทำมุม 130 องศาของ FERRI 28
รูปที่ 3.10 ราวใบมีดของเครื่อง FERRI 28
รูปที่ 3.11 แถวในการทดลองเครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง 29
รูปที่ 3.12 การทดสองเครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง 30
รูปที่ 3.13 แบบเครื่องสับฟางในแนวตั้ง 31
รูปที่ 3.14 แบบเครื่องสับฟางในแนวนอนแบบที่ 1 31
รูปที่ 3.15 แบบเครื่องสับฟางในแนวนอนแบบที่ 2 (ใบเอียงทำมุม) 32
รูปที่ 3.16 แบบ 3 มิติของเครื่องสับฟางในนาข้าว 33
รูปที่ 3.17 ใบมีดตรงของ Shaktiman 34
รูปที่ 3.18 ใบมีดหักเอียงทำมุม 145 องศาของ Shaktiman 35
รูปที่ 3.19 ส่วนประกอบของราวใบมีด 35
รูปที่ 3.20 ส่วนประกอบของจานใบมีด 36
รูปที่ 3.21 แผนภาพแสดงการเรียงราวใบมีดแบบที่ 1 37
รูปที่ 3.22 แผนภาพแสดงการเรียงราวใบมีดแบบที่ 2 37
รูปที่ 3.23 ราวใบมีดแบบที่ 1 และ 2 38
รูปที่ 3.24 การวางตัวของชุดใบมีดแบบที่ 3 38
รูปที่ 3.25 แผนภาพแสดงการเรียงราวใบมีดแบบที่ 3 39
รูปที่ 3.26 ราวใบมีดแบบที่ 3 39
รูปที่ 3.27 แผนภาพการส่งถ่ายกำลัง 42
รูปที่ 3.28 แผนที่แปลงทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าว 43
รูปที่ 3.29 พื้นที่ที่ทำการทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ 44
รูปที่ 3.30 แถวในการทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ 45
รูปที่ 3.31 แถวการทดสอบของแปลงที่ 3 45
รูปที่ 3.32 แถวการทดสอบของแปลงที่ 5 46
รูปที่ 3.33 แถวการทดสอบของแปลงที่ 6 47
รูปที่ 3.34 ทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ 47
รูปที่ 3.35 การเก็บฟางหลังสับด้วยเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ 48
รูปที่ 3.36 ร่อนฟางเพื่อหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของแต่ละขนาด 49

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.1 ฟางที่ติดค้างอยู่ในเครื่องของราวมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหน้า ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา 52
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงร้อยละน้ำหนักของฟางแต่ละขนาด ของราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหน้าทิศทางตามเข็มนาฬิกา 53
รูปที่ 4.3 กราฟการกระจายตัวของฟาง ของราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหน้าทิศทางตามเข็มนาฬิกา 54
รูปที่ 4.4 ฟางที่ติดค้างอยู่ในเครื่องของราวมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหลัง หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา 55
รูปที่ 4.5 กราฟร้อยละน้ำหนักของฟางแต่ละขนาด ของราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหลัง ทิศทางตามเข็มนาฬิกา 56
รูปที่ 4.6 กราฟการกระจายตัวของฟาง ของราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหลังทิศทางตามเข็มนาฬิกา 57
รูปที่ 4.7 ฟางที่ติดค้างอยู่ในเครื่องของราวมีดแบบเกลียว หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา 58
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงร้อยละน้ำหนักของฟางแต่ละขนาด ของราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหลัง ทิศทางตามเข็มนาฬิกา 59
รูปที่ 4.9 กราฟการกระจายตัวของฟาง ของราวใบมีดแบบเกลียว ทิศทางตามเข็มนาฬิกา 60
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของน้ำหนักโดยเฉลี่ยแต่ขนาด 61
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวเฉลี่ย 62
รูปที่ ข.1 แบบราวใบมีดหัวจรวด 75
รูปที่ ข.2 แบบราวใบมีดเกลียว 75
รูปที่ ข.3 แบบใบมีดหักเอียงทำมุม 130 องศายี่ห้อ FERRI 76
รูปที่ ข.4 แบบใบมีดหักเอียงทำมุม 145 องศายี่ห้อ SHAKTIMAN 77
รูปที่ ข.5 แบบใบมีดตรงยี่ห้อ SHAKTIMAN 78
รูปที่ ข.6 โครงเครื่องสับฟางในนาข้าว 79
รูปที่ ข.7 ภายในตัวเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ 79
รูปที่ ข.8 จัดแถวในการทดลอง 80
รูปที่ ข.9 ขณะทำการทดสอบในแปลงนา 80
รูปที่ ข.10 แปลงก่อนการสับ 81
รูปที่ ข.11 แปลงหลังการสับ 81

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

สัญลักษณ์		ความหมาย	หน่วย
a	=	ขนาดของพื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง	m^2
CU	=	สัมประสิทธิ์การกระจายตัว,	%
d	=	มวลของวัสดุแห้ง	kg
i	=	อัตราทด	-
M_d	=	ความชื้นมาตรฐานแห้ง	%d.b.
M_w	=	ความชื้นมาตรฐานเปียก	%w.b.
M_i	=	ความชื้นเริ่มต้น	%w.b.
M_f	=	ความชื้นสุดท้าย	%w.b.
N	=	จำนวนแปลงย่อยที่วัด	-
n_1	=	ความเร็วรอบของเฟืองขับ	rpm
n_2	=	ความเร็วรอบของเฟืองตาม	rpm
W_i	=	น้ำหนักเริ่มต้น	kg
W_f	=	น้ำหนักสุดท้าย	kg
x	=	ปริมาณฟางในพื้นที่เก็บตัวอย่าง	kg
x_i	=	น้ำหนักของแปลงย่อย	kg
$\overline{x}$	=	น้ำหนักเฉลี่ยของฟางทั้ง 8 แปลงย่อย	kg
y	=	ปริมาณฟางใน 1 ไร่	kg

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ข้าวเป็นสินค้าทางเศรษฐกิจหลักของไทย มีมูลค่าการส่งออกสูงที่สุดในบรรดาสินค้าทางการเกษตรทั้งหมดของไทย จากการศึกษาของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ประเทศไทยมีพื้นที่การเพาะปลูกข้าวทุกภาครวมกันประมาณ 56.3 ล้านไร่ ซึ่งจากการประเมินของกรมพัฒนาที่ดินพบว่ามีฟางข้าว 36.6 ล้านตัน (กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2560) เนื่องด้วยพื้นที่การเพาะปลูกข้าวในประเทศไทยส่วนใหญ่ มีสภาพอากาศและระบบน้ำชลประทานที่เอื้ออำนวยต่อการเพาะปลูกข้าวหลายฤดูกาล เกษตรกรจึงรีบทำการเตรียมดินเพื่อเพาะปลูกข้าวรอบใหม่ เนื่องจากฟางเป็นอุปสรรคในการเตรียมดินเพื่อการเพาะปลูก เพราะฟางข้าวมักจะติดสะสมกับใบผานไถหรือโรตารี่ตีดินจึงเป็นปัญหา และการย่อยสลายฟางตามธรรมชาติต้องใช้เวลานาน ไม่ทันความต้องการของเกษตรกร ดังนั้นเกษตรกรจึงนิยมกำจัดฟางข้าวด้วยการเผาทำลาย (เทวรัตน์, 2555) ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของดิน ทำลายอินทรียวัตถุและจุลินทรีย์เนื่องจากความร้อนจากการเผาฟาง และเพิ่มมลพิษในอากาศจากการเผาฟาง (เฉลิมพล, 2550) ในทางกลับกัน ถ้าฟางข้าวย่อยสลายลงไปในดินนั้นจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ทำให้ร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดี ง่ายต่อการเตรียมดินของเกษตรกร และฟางข้าวยังปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีให้แก่ดิน โดยเพิ่มธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม และธาตุรองอีกมากมาย คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะช่วยเพิ่มความสะดวกในการเตรียมดินและลดระยะเวลาการย่อยสลายของฟางข้าวด้วยแนวคิดพัฒนาเครื่องสับฟางในนาข้าวก่อนการเตรียมดิน เพื่อแก้ปัญหาการเผาฟางของเกษตรกร และช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินให้มากขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนในการให้ปุ๋ยแก่พืช เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และช่วยลดมลพิษในอากาศจากการเผาฟาง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องสับฟางและตอซังในนาข้าวที่ถูกเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวดข้าว

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน

1.3.1 เครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบที่สามารถสับฟางให้มีความยาวของฟางไม่เกิน 3.5 เซนติเมตร

1.3.2 เครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบสามารถกระจายฟางหลังจากการสับได้อย่างสม่ำเสมอ

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ

1.4.1 เครื่องสับฟางสามารถสับให้ฟางมีขนาดที่เล็กลงได้

1.4.2 เครื่องสับฟางสามารถนำฟางที่สับแล้วไปโรยปิดหน้าดินต่อได้

1.5 ขอบเขตการดำเนินการของโครงงาน

1.5.1 ศึกษาหาสมบัติทางกายภาพของฟางข้าวและตอซังที่ถูกเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวดข้าว

1.5.2 ออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าว ปรับปรุงแก้ไข

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

1.6.1 มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6.2 แปลงนาข้าว ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

1.6.3 แปลงนาข้าว ตำบลบางกระทุ่ม อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก

1.6.4 บริษัท สยามอิมพลีเม้น จำกัด ตำบลบางกระทุ่ม อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.7.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ

1) ความชื้นของฟาง

2) ความสูงของตอซังและความสูงของตอซังและฟางข้าวที่ปกคลุมด้านบน

3) ปริมาณของฟางต่อพื้นที่

1.7.2 ศึกษาเครื่องสับย่อยรูปแบบต่าง ๆ

1) รูปแบบใบมีด

2) รูปแบบของเครื่องสับย่อยในแนวนอน และแนวตั้ง

3) ทดสอบเบื้องต้น

1.7.4 ออกแบบและสร้างเครื่องสับฟาง

1) ออกแบบเครื่องสับฟางในแนวนอนและแนวตั้ง โดยใช้โปรแกรม Solidwork

2) การสร้างเครื่องสับฟางในแนวนอน

1.7.5 ทดสอบและปรับปรุงเครื่องสับฟางในนาข้าว

1.7.6 สรุปผลการทดสอบ และจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.8 กิจกรรมการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 กิจกรรมการดำเนินงาน

กิจกรรม	พ.ศ.2561					พ.ศ.2562			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.ศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟางข้าว	■								
2.ศึกษาเครื่องสับย่อยแบบต่าง ๆ		■	■						
3.ออกแบบและสร้างเครื่องสับฟาง				■	■	■			
4.ทดสอบและปรับปรุงเครื่องสับฟาง							■	■	
5.สรุปและเขียนรายงาน									■

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฟางข้าว

ฟางข้าว คือ ลำต้นแห้งของข้าว ซึ่งเป็นผลพลอยได้อย่างหนึ่งที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าว ฟางข้าวเป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ แต่ใช้เวลานาน เกษตรกรจึงใช้วิธีการเผาฟางข้าว ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ และสูญเสียธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับพืชไป (เฉลิมพล, 2550)

2.1.1 ประโยชน์ของฟางข้าว

2.1.1.1 ธาตุอาหารที่มีอยู่ในฟางข้าว

ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบของพืชโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) โดยในนาข้าว 1 ไร่หลังจากทำการเก็บเกี่ยวแล้วจะมีฟางข้าวหลงเหลืออยู่ในแปลงนาประมาณ 485 กิโลกรัม ซึ่งในฟางข้าวที่เหลืออยู่ในแปลงนั้น จะมีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของต้นพืชดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าว

แร่ธาตุ	ปริมาณ (กิโลกรัมต่อไร่)
ไนโตรเจน	2.3
ฟอสฟอรัส	0.3
โพแทสเซียม	5.7

ที่มา : อินแปง (2553)

2.1.1.2 การใช้ฟางข้าวควบคุมความชื้นในดิน

จากการศึกษางานวิจัยของ วิษณุศักดิ์ และคณะ (2557) ในการใช้ฟางข้าวในการคลุมแปลงผักกาดเพื่อกักเก็บความชื้น ทำการทดลอง 4 แปลง โดยที่แปลงที่ 1 ไม่คลุมฟาง แปลงที่ 2, 3 และ 4 คลุมฟางข้าวหนา 3, 6 และ 9 เซนติเมตร ตามลำดับ ทำการรดน้ำในปริมาตรที่เท่ากัน แล้วทำการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ ณ แปลงผัดกาด

แปลงทดลองที่	ความหนาของฟางข้าวที่คลุมแปลง (เซนติเมตร)	ความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ (ร้อยละ)
1	ไม่คลุม	
2	3	50
3	6	70
4	9	100

ที่มา : วิษณุศักดิ์ และคณะ (2557)

จากการทดลองพบว่า การใช้ฟางข้าวคลุมแปลงผักกาดสามารถกักเก็บความชื้นได้ และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่แปลงปลูกผักกาดจะแปรผันตามความหนาของชั้นฟางข้าวที่ใช้ปกคลุมแปลงผักกาด

2.1.1.3 การใช้ฟางข้าวควบคุมการระบาดของวัชพืช

การนำฟางข้าวมาคุมบนแปลงนา นอกจากจะกักเก็บความชื้น ยังช่วยไม่ให้แสงที่เป็นสิ่งสำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืชทุกชนิดลอดทะลุไปยังดินได้ ทำให้วัชพืชที่กำลังจะเติบโตไม่ได้รับแสงแดด ทำให้ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้

และจากการศึกษางานวิจัยของ พิทวัส และคณะ (2553) ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับสารสกัดจากฟางข้าว โดยทำการทดลองกับไมยราบยักษ์, ถั่วเขียว, หญ้าปล้องละมาน และ ข้าว โดยได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ผลการทดลองสารสกัดจากฟางข้าวกับพืชทั้ง 4 ชนิด

ความเข้มข้น (กรัม/ลิตร)	ไมยราบยักษ์			ถั่วเขียว		
	การงอก (%)	ลำต้น (เซนติเมตร)	ราก (เซนติเมตร)	การงอก (%)	ลำต้น (เซนติเมตร)	ราก (เซนติเมตร)
0.00	100	3.13	3.47	100	12.03	4.21
1.25	100	2.37	2.17	100	12.10	2.72
2.50	100	1.25	1.60	100	10.64	2.73
3.75	100	1.21	1.39	100	8.78	2.00
5.00	100	0.87	1.07	100	7.59	1.83

ที่มา : พิทวัส และคณะ (2553)

ตารางที่ 2.3 ผลการทดลองสารสกัดจากฟางข้าวกับพืชทั้ง 4 ชนิด (ต่อ)

ความเข้มข้น (กรัม/ลิตร)	หญ้าปล้องละมาน			ข้าว		
	การงอก (%)	ลำต้น (เซนติเมตร)	ราก (เซนติเมตร)	การงอก (%)	ลำต้น (เซนติเมตร)	ราก (เซนติเมตร)
0.00	100	5.23	7.42	100	5.70	5.52
1.25	100	4.90	4.23	100	5.69	5.52
2.50	100	4.52	3.86	100	4.74	3.42
3.75	100	3.88	1.99	100	4.70	2.72
5.00	100	3.38	1.36	100	3.91	2.23

ที่มา : พิทวัส และคณะ (2553)

จากการทดลอง สารสกัดจากฟางข้าวไม่มีผลต่อการงอกของพืชทั้ง 4 ชนิด แต่มีผลที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตทั้งลำต้น และรากของพืชทั้ง 4 ชนิดนี้ได้ และยิ่งสารมีความเข้มข้นมากขึ้นก็จะยิ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น

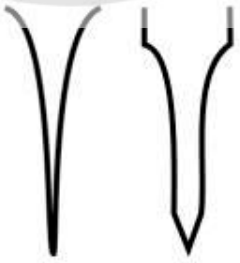
2.2 ใบมีด

2.2.1 ลักษณะของคมมีด

2.2.1.1 Flat Grind การทำคมมีดนี้สามารถทำได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ การทำคมมีดให้เป็นทรงตัว V และอีกลักษณะหนึ่งคือ ใบมีดแบบเสมอกัน หรือเกือบเสมอกัน แล้วไปทำมุมที่ส่วนคมมีด คมมีดชนิดนี้เป็นที่นิยมเพราะว่า ไม่ซับซ้อนในการผลิต ดังรูปที่ 2.1

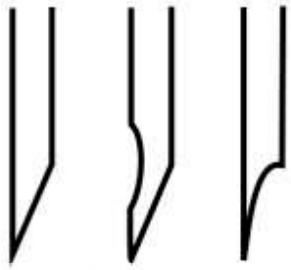
รูปที่ 2.1 คมมีดแบบ Flat Grind
ที่มา : วัวชมพู (2551)

2.2.1.2 Hollow Grind คือการทำคมมีดเว้าด้านข้างของใบมีด เมื่อคมมีดฟันผ่านเนื้องาน จะเกิดแรงเสียดทานที่น้อยกว่า และทุ่นแรงในการฟัน และจำนวนครั้งในการฟัน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 คมมีดแบบ Hollow Grind
ที่มา : วัวชมพู (2551)

2.2.1.3 Chiesel Grind หรือคมแบบสิ่ว ถูกออกแบบให้สามารถกินลึกเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดี หรือหากนำไปใช้ในการทำอาหาร จะทำให้อาหารที่ถูกเฉือนล้มลงไปทางด้านที่คมมีดปาดเฉียง ดังรูปที่ 2.3



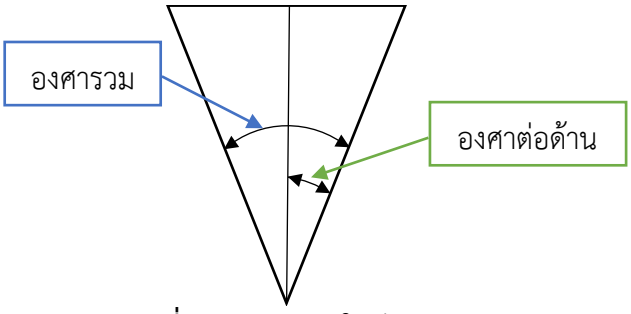
รูปที่ 2.3 คมมีดแบบ Chiesel Grind
ที่มา : วัวชมพู (2551)

2.2.1.4 Convex Grind คมมีดชนิดนี้มีลักษณะโค้งมนทั้ง 2 ด้านของคมมีด คมมีดจะหนา เป็นคมมีดที่มีความทนทานสูง และสามารถผลิตได้โดยการตั้งคมมีด ด้วยความชำนาญของช่างเท่านั้น ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 คมมีดแบบ Convex Grind
ที่มา : วัวชมพู (2551)

2.2.2 องศาของใบมีด

ส่วนของคมมีดจะมีลักษณะเป็นรูปตัว V บริเวณสามเหลี่ยมปลายของตัว V คือส่วนที่ใช้ในการอ้างอิงองศาของคมมีด ในขณะที่เส้นทั้งสองข้างของตัววีจะเป็นขอบคมมีดหรือที่เรียกว่า Edge bevel



รูปที่ 2.5 องศาของใบมีด

ที่มา : วัวชมพู (2551)

องศาของคมมีดนั้นมีการระบุ 2 ประเภท (รูปที่ 2.5) คือ

1) องศาต่อด้าน – องศาจากกึ่งกลางคมมาถึงขอบคมมีดด้านใดด้านหนึ่ง

2) องศารวม – องศาของคมมีดทั้งหมด

องศาที่น่าสนใจของมีดต่าง ๆ เช่น

1) มีดทำครัว จะมีองศาต่อด้านประมาณ 7 – 15 องศา

2) มีดพับทั่วไป จะมีองศาต่อด้านประมาณ 15 – 20 องศา

3) มีดล่าสัตว์ จะมีองศาต่อด้านประมาณ 20 – 25 องศา

4) มีดอีโต้/ปังตอ จะมีองศาต่อด้านประมาณ 20 – 30 องศา

5) มีดพร้า จะมีองศาต่อด้านประมาณ 25 – 35 องศา

จะเห็นได้ว่า ยิ่งคมมีดบาง (องศายิ่งน้อย) มีดยิ่งคม แต่คมจะเปาะง่าย

2.2.3 รูปแบบใบมีดของเครื่องตัดหญ้า

จากการศึกษาข้อมูลจากคุณวิศวชิต กัสยากร (2561) ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับใบมีดของเครื่องตัดแบบสะพายแต่ละแบบดังนี้

2.2.3.1 ใบตัดแบบใบมีด มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กทรงสี่เหลี่ยม หรือวงรีที่ถูกลับคมทั้ง 2 ด้าน (รูปที่ 2.6)

ข้อดี : มีรัศมีในการตัดที่กว้าง เหมาะในการตัดหญ้าหนาๆ

ข้อเสีย : พอใบมีดไปสัมผัสโดนหิน หรือดินใบมีดจะปัดให้พวกก้อนหินกระเด็นไปทั่ว

รูปที่ 2.6 ใบตัดแบบใบมีด
ที่มา : Shop at 24

2.2.3.2 ใบตัดแบบวงเดือน มีลักษณะเป็นใบเลื่อยแบบกงจักรมีฟันหลายซี่รอบตัวใบมีด (รูปที่ 2.7)

ข้อดี : สามารถตัดพวกกิ่งไม้ได้ ไม่เปลืองน้ำมัน และไม่สะท้านมือ

ข้อเสีย : รัศมีในการตัดสั้น ใช้เวลาในการตัดหญ้านาน

รูปที่ 2.7 ใบตัดแบบวงเดือน
ที่มา : พัสกร (2560)

2.2.3.3 ใบตัดแบบเส้นเอ็น มีลักษณะเป็นประกับที่มีเส้นเอ็นโผล่ออกมา (รูปที่ 2.8)

ข้อดี : เหมาะสำหรับใช้ตัดหญ้าในที่แคบ เช่น หญ้าที่ขึ้นตามซอกบ้านหรือซอกตึก

ข้อเสีย : ไม่เหมาะกับการตัดหญ้าแบบจริงจัง เช่น สนามหญ้า หรือพวกหญ้าหนาๆ

รูปที่ 2.8 ใบตัดแบบเส้นเอ็น

ที่มา : D&B shopping

2.2.3.4 ใบตัดแบบติดจาน เป็นการนำข้อดีของใบตัดแบบใบมีด และแบบวงเดือนมาผสมกัน (รูปที่ 2.9)

ข้อดี : มีรัศมีในการตัดที่กว้าง ประหยัดน้ำมัน สามารถเปลี่ยนใบตัดได้ตามงานที่จะทำ

ข้อเสีย : ถ้าใบตัดโดนหิน จะทำให้หินกระเด็น

รูปที่ 2.9 ใบตัดแบบติดจาน

ที่มา : AUTORA Construction services

2.2.4 วัสดุที่ใช้ทำใบมีด

สำหรับวัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือตัด (cutting tool materials) จำเป็นต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ 3 ประการสำหรับทำมีดตัด ดังนี้ (เธียรศักดิ์ และ นริศรา, 2557)

1) ความแกร่ง (toughness) เป็นความสามารถของวัสดุที่จะรับพลังงานโดยไม่เกิดการพังหรือแตกหัก วัสดุที่จะใช้ทำมีดตัดควรมีลักษณะผสมระหว่าง ความแข็งแรง (strength) และความเหนียว (ductility)

2) ความแข็งที่อุณหภูมิสูง (hot hardness) เป็นความสามารถของวัสดุที่จะคงความแข็งและรูปลักษณ์ไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง

3) ความต้านทานการสึกหรอ (wear resistance) เป็นความสามารถของวัสดุในการต้านทานการสึกหรอ ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดในการต้านทานการสึกหรอ คือ ความแข็ง

กลุ่มวัสดุที่นิยมนำมาใช้ทำเครื่องมือตัดมีดังต่อไปนี้

1) เหล็กกล้าความเร็วสูง (high speed steel : HSS) เครื่องมือตัดที่เป็น HSS ส่วนใหญ่จะเป็นจำพวก ดอกสว่าน (drill) และดอกกัด (endmill) โดยเฉพาะดอกสว่านที่มีความยาวมากเป็นหลายเท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เนื่องจากมีความเหนียวสูงจึงหักได้ยากกว่าวัสดุอย่างอื่น

2) คาร์ไบด์ (carbide) คือ ทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) จึงเรียกสั้น ๆ ว่า “คาร์ไบด์” ซึ่งครอบคลุมเครื่องมือตัดเกือบทุกประเภท และสามารถตัดชิ้นงานได้เกือบทุกชนิด แต่อายุการใช้งานอาจยาวนานไม่เท่ากัน มีคุณสมบัติแข็งและทนความร้อนได้สูงกว่า HSS

3) เซรามิค (ceramic) มีความแข็งและทนความร้อนและปฏิกิริยาทางเคมีได้สูงมาก แต่เปราะและไม่ทนต่อการเปลี่ยนอุณหภูมิฉับพลัน

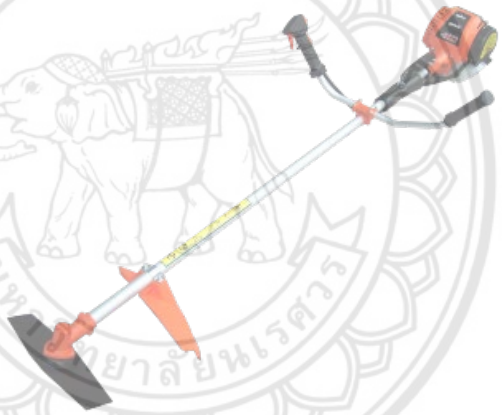
4) เซอร์เมท (cermet) เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติผสมระหว่าง คาร์ไบด์ (metal) กับเซรามิค รวมกันเป็นวัสดุชื่อใหม่ สามารถทนอุณหภูมิสูงในระหว่างใช้งานได้ดีกว่าคาร์ไบด์ และมีความเหนียวและทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดีกว่าเซรามิค

5) เพชร (diamond) เป็นวัสดุที่แข็งที่สุดในโลก แต่ราคาสูง สามารถใช้เป็นเครื่องมือตัดได้ดีกับชิ้นงานบางประเภท โดยเฉพาะพวกอโลหะต่าง ๆ เช่น อลูมิเนียม ไฟเบอร์กลาส

6) CBN เป็นการใช้โครงสร้างของเพชรมาเป็นต้นแบบ ทำให้มีความแข็งรองจากเพชร

2.3 เครื่องสับย่อยรูปแบบต่าง ๆ

2.3.1 เครื่องตัดหญ้าแบบสะพาย เหมาะสำหรับตัดหญ้าลำต้นสูง ๆ เครื่องตัดหญ้าชนิดนี้ต้องการความชำนาญของผู้ใช้เครื่องค่อนข้างสูง



รูปที่ 2.10 เครื่องตัดหญ้าแบบสะพาย
ที่มา : Louis T. Leonowens

ตารางที่ 2.4 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องตัดหญ้าแบบสะพาย

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สะดวกในการเคลื่อนที่ 2. สามารถเปลี่ยนใบตัดได้ง่าย 3. เหมาะสำหรับพื้นที่แคบ ๆ 4. สามารถตัดตอซังได้	1. มีความอันตรายในการใช้งาน 2. หากใช้งานเป็นเวลานาน อาจจะส่งผลต่อหัวไหล่ 3. ไม่สามารถตัดฟางที่คลุมอยู่ข้างบนได้

2.3.2 เครื่องตัดหญ้าแบบรถนั่งขับ หรือแบบรถเข็น เหมาะสำหรับตัดสนามหญ้า มีล้อช่วยในการเคลื่อนที่ โดยจะมีใบมีดตัดหญ้าอยู่ใต้เครื่องทั้ง 2 แบบ

รูปที่ 2.11 เครื่องตัดหญ้าแบบรถนั่งขับ

ที่มา : Real Mart

รูปที่ 2.12 เครื่องตัดหญ้าแบบรถเข็น

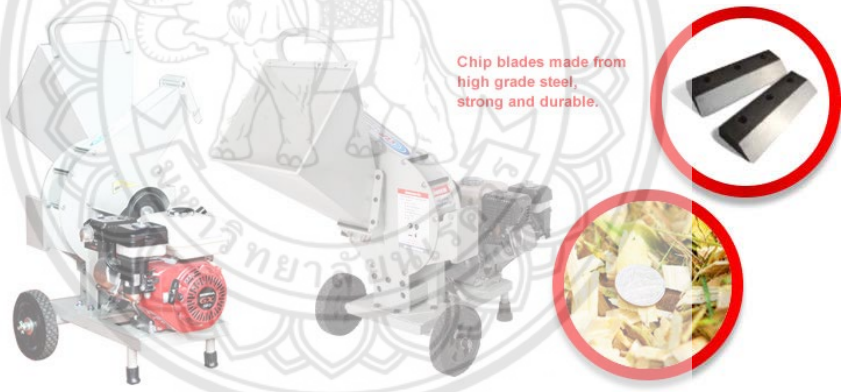
ที่มา : Real Mart

ตารางที่ 2.5 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องตัดหญ้าแบบรถนั่งขับ หรือแบบรถเข็น

ข้อดี	ข้อเสีย
1. มีความสะดวกในการใช้งาน 2. ปลอดภัยในการใช้งาน 3. เหมาะสำหรับใช้ตัดในสนามหญ้า 4. สามารถตัดตอซังได้	1. ใช้สำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ 2. เปลี่ยนใบตัดยาก 3. ไม่สามารถตัดฟางที่คลุมอยู่ข้างบนได้

2.3.3 เครื่องสับย่อยอเนกประสงค์ เป็นเครื่องย่อยที่สามารถย่อยสิ่งต่าง ๆ ได้ โดยการป้อนสิ่งที่ต้องการจะย่อยเข้าไปในเครื่อง เครื่องจะทำการย่อยด้วยใบมีดที่หมุนด้วยความเร็วสูง ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 เครื่องสับย่อยอเนกประสงค์
ที่มา : บริษัท เค.ไทย โกลเด้น มาร์ จำกัด



รูปที่ 2.14 ใบมีดของเครื่องย่อยอเนกประสงค์
ที่มา : PSP Mart

ตารางที่ 2.6 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับย่อยอเนกประสงค์

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถสับได้ละเอียด 2. สามารถสับได้หลายอย่าง	1. ไม่สามารถเคลื่อนที่เวลาทำงาน 2. มีฝุ่นกระจายเวลาทำงาน 3. ต้องป้อนฟางข้าวเข้าเครื่อง

2.3.4 เครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง เป็นอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ อาศัยเพลา PTO ในการขับระบบไฮดรอลิก เพื่อหมุนราวใบมีด และเคลื่อนที่แขนของราวใบมีด

รูปที่ 2.15 เครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง
ที่มา : ANGLO-THAI

ตารางที่ 2.7 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถสับได้ละเอียด 2. สามารถทำงานได้รอบทิศ	1. ราคาสูง 2. ใช้สำหรับรถขนาดใหญ่

2.3.5 เครื่องตัดหญ้าแบบโรตารี่คลุมดิน เป็นอุปกรณ์ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ อาศัยเพลา PTO ในการทำงาน สามารถทำงานในแปลงนาได้ดี

รูปที่ 2.16 เครื่องตัดหญ้าแบบโรตารี่คลุมดิน
ที่มา : SHAKTIMAN

ตารางที่ 2.8 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องตัดหญ้าแบบโรตารี่คลุมดิน

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถสับได้ละเอียด 2. สามารถใช้ได้กับพืชหลายชนิด 3. ทำงานในแปลงนาได้ดี	1. ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศเท่านั้น

2.3.6 เครื่องตัดตอซังในแนวตั้งและลำเลียง (ณัฐพล และวัจน์ศิริ, 2547) เป็นเครื่องตัดตอซังที่อยู่ในแปลงนา โดยการใช้ชุดใบมีด 2 ชุดตัดตอซัง แล้วลำเลียงไปด้านหลังของเครื่องเพื่อปล่อยออก โดยตัวเครื่องมีส่วนประกอบดังนี้

รูปที่ 2.17 : เครื่องตัดตอซังในแนวตั้งและลำเลียง
ที่มา : ณัฐพล และวัจน์ศิริ, 2547

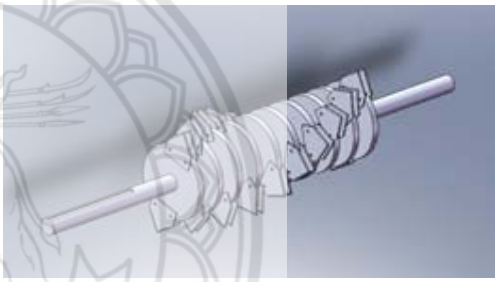
ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1700 รอบต่อนาที ความเร็วใบตัด 108.1 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วชุดลำเลียง 6.19 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ 3.26 กิโลเมตร/ชั่วโมง และความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1800 รอบต่อนาที ความเร็วใบตัด 114.45 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วชุดลำเลียง 6.46 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ 3.44 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยมีความหนาแน่นเชิงพื้นที่ 25 กอต่อตารางเมตร ความยาวของตอซัง 30-35 เซนติเมตร และมีความชื้นของตอซัง 52.01%(w.b.) สามารถตัดและลำเลียงตอซังข้าวได้ดี

ตารางที่ 2.9 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องตัดตอซังและลำเลียง

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถตัดตอซังได้ 2. ลำเลียงตอซังไปยังหลังเครื่องได้	1. ไม่สามารถตัดฟางข้าวที่คลุมอยู่ข้างบนได้

2.3.7 เครื่องหั่นฟางสำหรับการทำอาหารผสม (สุภัทรา และวินัย, 2552) เป็นการพัฒนาเครื่องหั่นฟางก้อนมาหั่นให้มีขนาดที่พอเหมาะอยู่ที่ประมาณ 2-5 เซนติเมตร เพื่อให้ความเหมาะสมในการนำฟางข้าวไปทำเป็นอาหารสัตว์ โดยการออกแบบเปลี่ยนแปลงใบมีดใหม่ โดยการใช้ใบมีดแบบที่ใช้กับ Cutter bar ในรถเกี่ยวข้าว ดังรูปที่ 2.20

รูปที่ 2.18 ชุดใบมีดแบบเก่า



รูปที่ 2.19 ชุดใบมีดแบบใหม่

รูปที่ 2.20 การวางตัวของชุดใบมีดแบบใหม่
ที่มา : สุภัทรา และวินัย, 2552

ทำการทดลองโดยใช้ต้นกำลังเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 8 แรงม้า กำหนดความเร็วรอบของใบมีด 2 ความเร็วรอบ คือ 700 และ 750 รอบต่อนาทีโดยใช้เวลาในการหั่นแต่ละระดับความเร็วรอบของใบมีด 20 นาทีซึ่งมีการทำซ้ำ 5 รอบในแต่ละความเร็วรอบ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างจากการทดสอบการหั่นในแต่ละครั้ง ครั้งละ 0.6 กิโลกรัมแล้วนำมาแยกขนาดเป็น 2 ส่วน คือเส้นฟางที่ได้ขนาดมีความ

ยาวน้อยกว่า 5 เซนติเมตร กับที่ไม่ได้ขนาดคือเส้นฟางที่มีความยาวมากกว่า 5 เซนติเมตร โดยการใช้ตะแกรงคัดแยก ได้ผลดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.10 น้ำหนักของฟางที่ได้ขนาดจากการคัดแยกแต่ละครั้ง (g) เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างใบมีดชุดเก่า กับชุดใหม่ (ความชื้น 9-10 %d.b.)

ครั้งที่	ความเร็วรอบใบมีด 700 rpm			ความเร็วรอบใบมีด 750 rpm		
	น้ำหนักฟางข้าว (g)	ประสิทธิภาพของชุดใหม่ (%)	ประสิทธิภาพของชุดเก่า (%)	น้ำหนักฟางข้าว (g)	ประสิทธิภาพของชุดใหม่ (%)	ประสิทธิภาพของชุดเก่า (%)
1	545	90.83	76.67	560	93.33	83.33
2	548	91.33	80.00	555	92.50	76.67
3	540	90.00	73.33	565	94.17	80.00
4	550	91.67	66.67	561	93.50	83.33
5	546	91.00	76.67	540	90.00	73.33
เฉลี่ย	**545.8**	**90.97**	**74.67**	**556.2**	**92.70**	**79.33**

ที่มา : สุภัทรา และวินัย, 2552

พบว่า ชุดใบมีดแบบ Cutter bar, ความชื้นที่ 9-10 %d.b. ที่ความเร็วรอบใบมีด 750 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพสูงสุดในการหั่นฟางให้มีขนาดพอเหมาะสำหรับการนำไปทำอาหารสัตว์คือมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 92.70 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.11 ข้อดีและข้อเสียเครื่องหั่นฟางสำหรับการทำอาหารผสม

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถตัดฟางได้ตามขนาดที่ต้องการ	1. ไม่สามารถเคลื่อนที่ขณะทำงานได้ 2. ต้องป้อนฟางข้าวเข้าเครื่อง

2.4 สมการที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 ความชื้นของฟางข้าว

ความชื้นของฟางข้าว คือ ปริมาณน้ำ หรือความชื้นในฟางข้าว แบ่งได้ 2 ลักษณะคือ

1) ปริมาณน้ำในสภาพองค์ประกอบของเนื้อเซลล์ (Water of composition)

2) ปริมาณน้ำในสภาพอยู่อย่างอิสระ (Free Water) และปริมาณน้ำที่ยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำและผิวผลผลิต (Surface force)

การตรวจสอบความชื้น มีอยู่ 2 วิธีดังนี้

1) การทดสอบแบบมาตรฐาน เช่น การอบด้วยลมร้อน, การกลั่น, การไตรเตรตด้วยสารเคมี หรือการใช้สารดูดความชื้นในห้องสุญญากาศ

2) การทดสอบทางอ้อม เช่น การใช้คุณสมบัติการต้านทานไฟฟ้าหรือการนำไฟฟ้าของวัสดุ โดยทั่วไปแล้วคุณสมบัติการต้านทานทางไฟฟ้าจะลดลงเมื่อความชื้นมากขึ้น

ความชื้นเป็นตัวบ่งบอกปริมาณน้ำที่มีอยู่ในผลผลิต แบ่งเป็น 2 มาตรฐาน

1) ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basic) เป็นการเปรียบเทียบความชื้นกับของแข็งเท่านั้น

$$M_d = \frac{W - d}{d} \times 100 \quad \text{.....(2.1)}$$

เมื่อ W คือ มวลของวัสดุ, kg

d คือ มวลของวัสดุแห้ง, kg

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, %d.b.

2) ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basic) เป็นการเปรียบเทียบปริมาณความชื้นกับน้ำหนักรวมของของแข็ง

$$M_w = \frac{W - d}{W} \times 100 \quad \text{(2.2)}$$

เมื่อ W คือ มวลของวัสดุ, kg

d คือ มวลของวัสดุแห้ง, kg

M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก, %w.b.

การเปลี่ยนค่าความชื้นจาก Wet basic เป็น Dry basic

$$M_d = \frac{M_w}{1 - M_w} \quad \text{(2.3)}$$

การเปลี่ยนค่าความชื้นจาก Dry basic เป็น Wet basic

$$M_w = \frac{M_d}{1 - M_d} \quad \text{(2.4)}$$

ในกรณีทราบค่าความชื้นเริ่มต้น, ความชื้นสุดท้ายของผลผลิต และน้ำหนักเริ่มต้น สามารถนำมาหาค่าน้ำหนักสุดท้ายหลังการอบแห้งได้ตามสมการ

$$W_f = \frac{W_i\left(1 - M_i\right)}{\left(1 - M_f\right)} \quad \text{(2.5)}$$

เมื่อ M_i คือ ความชื้นเริ่มต้น, %w.b.

M_f คือ ความชื้นสุดท้าย, %w.b.

W_i คือ น้ำหนักเริ่มต้น

W_f คือ น้ำหนักสุดท้าย

3) การหาปริมาณฟางข้าวต่อไร่

$$y = \frac{(1600)(x)}{a} \quad \text{(2.6)}$$

เมื่อ y คือ ปริมาณฟางใน 1 ไร่, kg

x คือ ปริมาณฟางในพื้นที่เก็บตัวอย่าง, kg

a คือ ขนาดของพื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง, m^2

1 ไร่ มีค่าเท่ากับ 1600 ตารางเมตร

2.4.2 การหาอัตราทดของห้องเกียร์

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{(2.7)}$$

เมื่อ i คือ อัตราทด

n_1 คือ ความเร็วรอบของเฟืองขับ, m/s

n_2 คือ ความเร็วรอบของเฟืองตาม, m/s

2.4.3 การหาสัมประสิทธิ์การกระจายตัว

$$CU = \left(1.0 - \frac{\sum_{i=1}^{N} \left| x_i - \overline{x} \right|}{N\overline{x}} \right) \times 100 \quad \text{(2.8)}$$

เมื่อ CU คือ สัมประสิทธิ์การกระจายตัว, %

x_i คือ น้ำหนักของแปลงย่อย, kg

$\overline{x}$ คือ น้ำหนักเฉลี่ยของฟางทั้ง 8 แปลงย่อย, kg

N คือ จำนวนแปลงย่อยที่วัด

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

โครงงานวิจัยเครื่องสับฟางในนาข้าวมีขั้นตอนการดำเนินงาน จำแนกเป็น ศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟางข้าว ออกแบบเครื่องสับฟาง เลือกรูปแบบเครื่องสับที่เหมาะสมกับการสับฟางในนาข้าว สร้างเครื่องสับฟางในนาข้าว ทำการทดสอบในแปลงนาที่เก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวดข้าว ศึกษาสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องสับฟางในนาข้าว ปรับปรุงแก้ไข

3.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟางข้าว

3.1.1 การเก็บตัวอย่างฟางข้าว

การเก็บตัวอย่างฟางข้าวที่ทำการศึกษาบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 จุด

รูปที่ 3.1 ตอซังและฟางข้าว ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร

3.1.2 การหาค่าความชื้นของฟางข้าว

วัสดุและอุปกรณ์

1) ฟางข้าว

2) เตาอบ

3) กระป๋องโลหะ 9 กระป๋อง

4) มีด หรือกรรไกร

5) เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 3 ตำแหน่ง

ขั้นตอนการวัดค่าความชื้นของฟางข้าว

1) เตรียมกระป๋อง และนำไปชั่งน้ำหนัก ทำการจดบันทึก

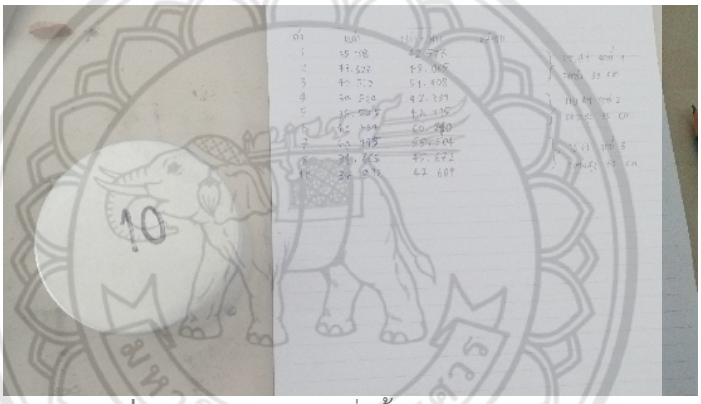
รูปที่ 3.2 ชั่งน้ำหนักกระป๋องเปล่า

2) ทำการตัดฟางข้าวทั้ง 3 แปลงให้มีความยาวพอเหมาะกับกระป๋อง

3) นำฟางข้าวแต่ละแปลงไปใส่ในกระป๋องจนเต็ม โดยแบ่งฟางแปลงละ 3 กระป๋อง

รูปที่ 3.3 นำฟางข้าวใส่กระป๋อง

4) นำทั้ง 9 กระป๋องไปชั่งน้ำหนัก แล้วจดบันทึก



รูปที่ 3.4 นำฟางข้าวไปชั่งน้ำหนัก และจดบันทึก

5) ทำการเปิดฝากระป๋องทั้งหมดแล้วนำไปเข้าเตาอบ ทำการอบที่**อุณหภูมิ** 103°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

รูปที่ 3.5 นำฟางข้าวไปอบที่อุณหภูมิ 103°C

6) หลังจากอบครบ 24 ชั่วโมงแล้ว ปิดการทำงานของเตาอบ แล้วทิ้งไว้จนกว่ากระป๋องเย็นตัวลง ชั่งน้ำหนัก แล้วจดบันทึก

7) นำค่าที่ได้จากการบันทึกไปคำนวณเพื่อหาค่า %ความชื้นมาตรฐานเปียก ดังสมการที่ 2.2

3.1.3 การหาปริมาณฟางข้าว

ขั้นตอนการหาปริมาณฟางข้าว

1) เก็บฟางและตอซังข้าวในพื้นที่ 1 ตารางเมตรใส่กระสอบ โดยสุ่มเก็บจำนวนสามจุด

2) ชั่งน้ำหนักของกระสอบที่บรรจุฟางข้าวพื้นที่ 1 ตารางเมตร และจดบันทึก

รูปที่ 3.6 ชั่งน้ำหนักกระสอบใส่ฟาง

3) นำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณ เพื่อหาปริมาณฟางข้าว ดังสมการที่ 2.6

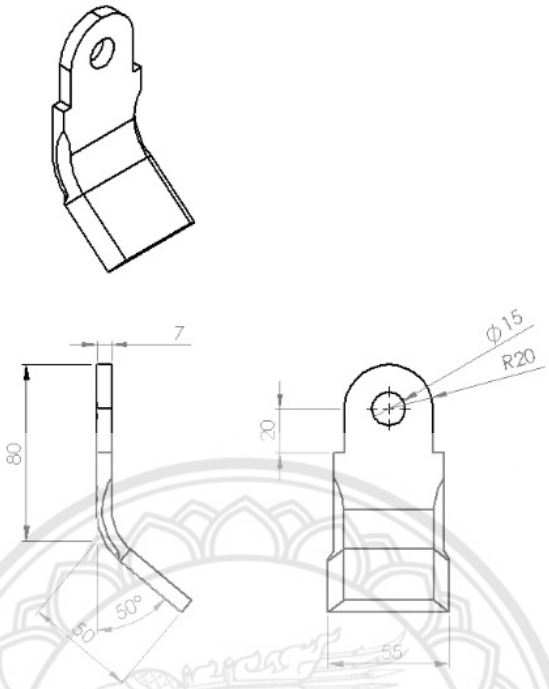
3.2 การทดลองเบื้องต้น

ทำการทดลองโดยใช้รถไถยี่ห้อ MASSEY FERGUSON รุ่น MF6712 CAB 122 แรงม้า และใช้เครื่องตัดหญ้าไหล่ทางยี่ห้อ FERRI รุ่น TD37 ขนาด 50-70 แรงม้า ขนาดหน้ากว้าง 125 เซนติเมตร และมีความเร็วของราวใบมีดอยู่ที่ 3100 รอบ/นาที ดังรูปที่ 3.7 และ 3.8

รูปที่ 3.7 รถไถ MASSEY FERGUSON รุ่น MF6712 CAB
ที่มา : แมสซีย์ เฟอร์กูซัน สุโขทัย กำแพงเพชร

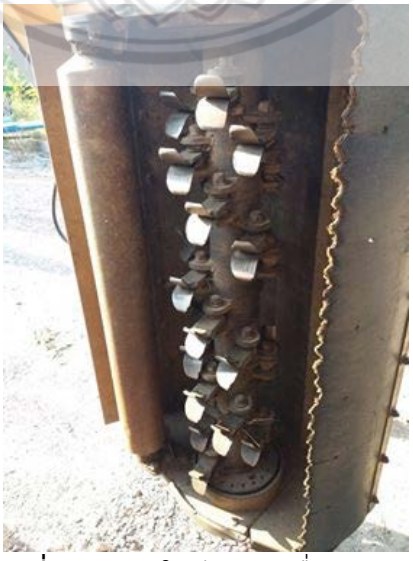
รูปที่ 3.8 เครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง FERRI รุ่น TD37
ที่มา : ANGLO-THAI

3.2.1 ลักษณะราวใบมีดของเครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง



รูปที่ 3.9 ใบมีดหักอียงทำมุม 130 องศาของ FERRI

ใบมีดหักเอียงทำมุม 130 องศา ความยาว 13 เซนติเมตร กว้าง 5.5 เซนติเมตร หนา 0.7 เซนติเมตร มีคมมีดทั้ง 2 ด้าน คมมีดเป็นแบบ Chiesel Grinding หรือคมแบบสิ่ว มีองศาต่อด้านของคมมีดที่ 20 องศา ใบมีดทำมุมนี้จะทำหน้าที่ในการตัดตอซังที่ติดอยู่กับดิน



รูปที่ 3.10 ราวใบมีดของเครื่อง FERRI

3.2.2 การทดลองด้วยรถตัดหญ้าไหล่ทาง

- ทำการทดลองวันที่ 7 ธันวาคม 2561 ณ ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

- พันธุ์ข้าวในแปลง : ข้าวหอมมะลิ 105 ที่ความชื้นตอซังและฟางข้าวเฉลี่ย 35.6 %w.b.

- รถแทรกเตอร์ต้นกำลัง : ยี่ห้อแมสซีย์ เฟอร์กูซัน MF6712 4 สูบ 122 แรงม้า ด้วยความเร็วในการเคลื่อนที่เฉลี่ย 1.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

1) ศึกษาลักษณะพื้นที่ของแปลงนาที่ทำการทดสอบ และเก็บตัวอย่างฟางข้าวเพื่อนำไปศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟางข้าวในแปลงที่ทำการทดสอบ

2) กำหนดตัวแปรในการทดลองดังนี้

- S1 คือ ความเร็วรอบของราวใบมีดที่ 2100 รอบ/นาที

- S2 คือ ความเร็วรอบของราวใบมีดที่ 3100 รอบ/นาที

- D1 คือ ทิศทางในการหมุนของราวใบมีด หมุนตามเข็มนาฬิกา

- D2 คือ ทิศทางในการหมุนของราวใบมีด หมุนทวนเข็มนาฬิกา

- R1 คือ การทำการทดลองซ้ำ ครั้งที่ 1

- R2 คือ การทำการทดลองซ้ำ ครั้งที่ 2

- R3 คือ การทำการทดลองซ้ำ ครั้งที่ 3

จากตัวแปรในการทดลองทั้งหมด จะมีการทดลองทั้งหมด 12 แปลงย่อย

3) กำหนดแถวในการทดลองทั้งหมด 12 แถว โดยกำหนดให้แต่ละแถวทำการทดลองที่ความยาว 20 เมตร

รูปที่ 3.11 แถวในการทดลองเครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง

4) ทำการจับฉลากเพื่อวางแถวในการทดลอง ได้ผลดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลำดับแถวในการทดลองเครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง

แถวที่	ตัวแปรการทดลอง
1	S2D2R1
2	S1D2R2
3	S1D1R2
4	S1D1R1
5	S2D2R2
6	S2D1R3
7	S2D2R3
8	S1D2R1
9	S1D1R3
10	S2D1R1
11	S1D2R3
12	S2D1R2

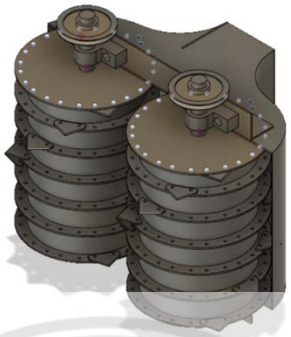
5) ทำการทดลองสับฟางตามแถวที่ได้กำหนดไว้

รูปที่ 3.12 การทดลองเครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง

6) สังเกตลักษณะของฟางข้าวก่อนสับ และหลังสับว่ามีลักษณะอย่างไร เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบราวใบมีดต่อไป

3.3 การออกแบบเครื่องสับฟางในนาข้าว

3.3.1 ออกแบบเครื่องสับฟางในแนวตั้ง



รูปที่ 3.13 แบบเครื่องสับฟางในแนวตั้ง

ตารางที่ 3.2 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับฟางในแนวตั้ง

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ตัดตอซังข้าวได้ดี	1. สับฟางที่ออกจากรถเกี่ยวไม่ได้เนื่องจากฟางวางในแนวเดียวกับใบมีด
	2. ต้องใช้ชุดใบมีดหลายชุดเพื่อให้ได้พื้นที่ในการตัดที่กว้างขึ้น

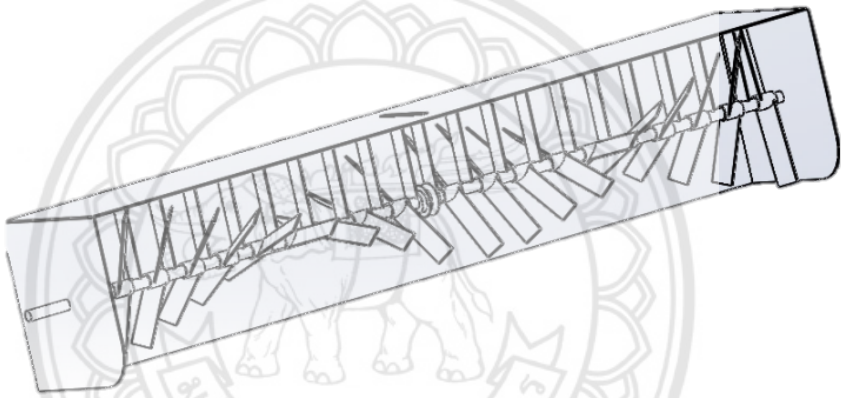
3.3.2 ออกแบบเครื่องสับฟางในแนวนอนแบบที่ 1 (ใบตัดตอซัง)

รูปที่ 3.14 แบบเครื่องสับฟางในแนวนอนแบบที่ 1

ตารางที่ 3.3 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับฟางในแนวนอนแบบที่ 1

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ตัดตอซังข้าวได้	1. ใบมีดไม่มีจำหน่ายทั่วไปต้องสร้างขึ้นใหม่เฉพาะเท่านั้น
2. ตัดฟางข้าวที่ออกมาจากรถเกี่ยวได้ดี	2. ต้องใช้ใบมีดหลายชุดเพื่อสับฟางเป็นชิ้นเล็ก

3.3.3 ออกแบบเครื่องสับฟางในแนวนอนแบบที่ 2 (ใบเอียงทำมุม)



รูปที่ 3.15 แบบเครื่องสับฟางในแนวนอนแบบที่ 2 (ใบเอียงทำมุม)

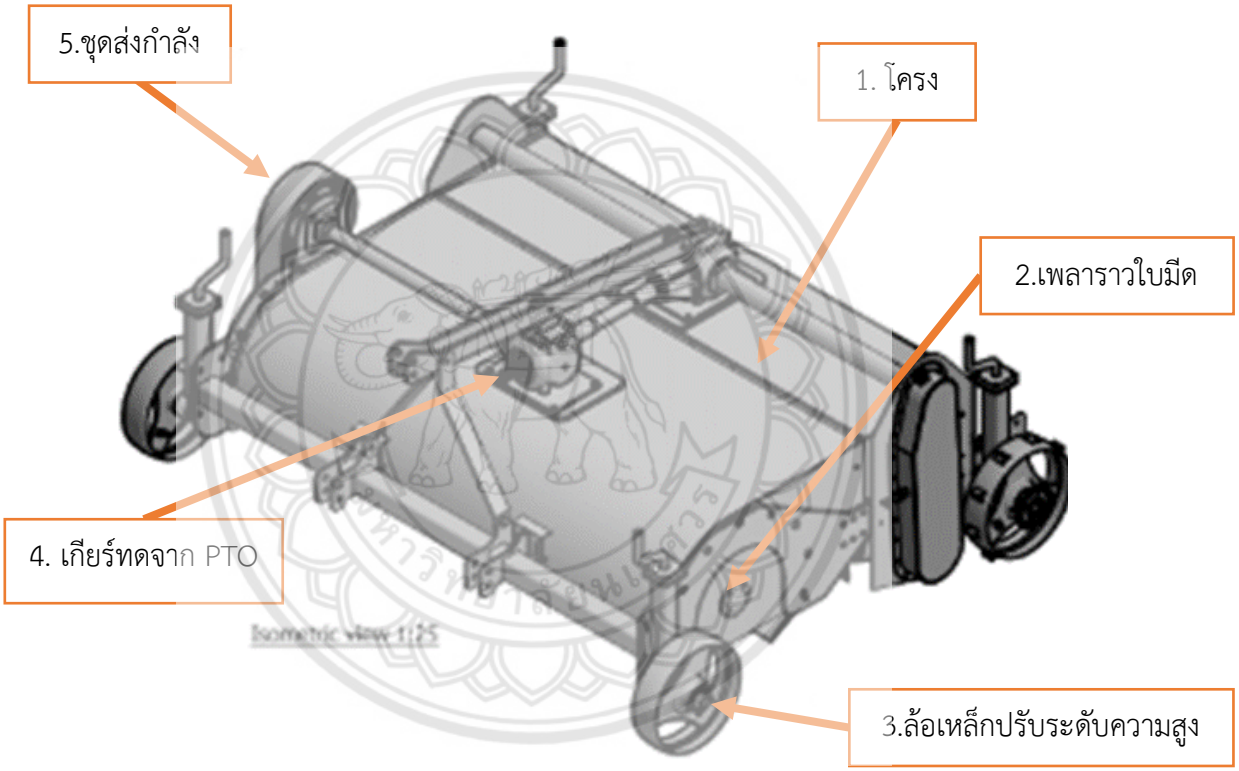
ตารางที่ 3.4 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับฟางในแนวนอนแบบที่ 2

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ตัดตอซังข้าวได้	1. ต้องใช้ใบมีดหลายชุดเพื่อสับฟางเป็นชิ้นเล็ก
2. ตัดฟางข้าวที่ออกมาจากรถเกี่ยวได้ดี	

3.4 การสร้างเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ

หลักการในการสร้างเครื่องต้นแบบ จะต้องสามารถทำการสับฟางในนาข้าวโดยมีหน้าตัดในการสับฟาง 2 เมตร และสามารถสับฟางที่อยู่ด้านบนตอซัง และตัดตอซังที่เหลืออยู่จากการเก็บเกี่ยวข้าวได้ และสามารถลำเลียงฟางและตอซังที่สับหรือตัดแล้วไปด้านท้ายสุดของเครื่อง เพื่อกลบลงบนพื้นอย่างสม่ำเสมอ

3.4.1 โครงสร้างของเครื่องสับฟางในนาข้าว

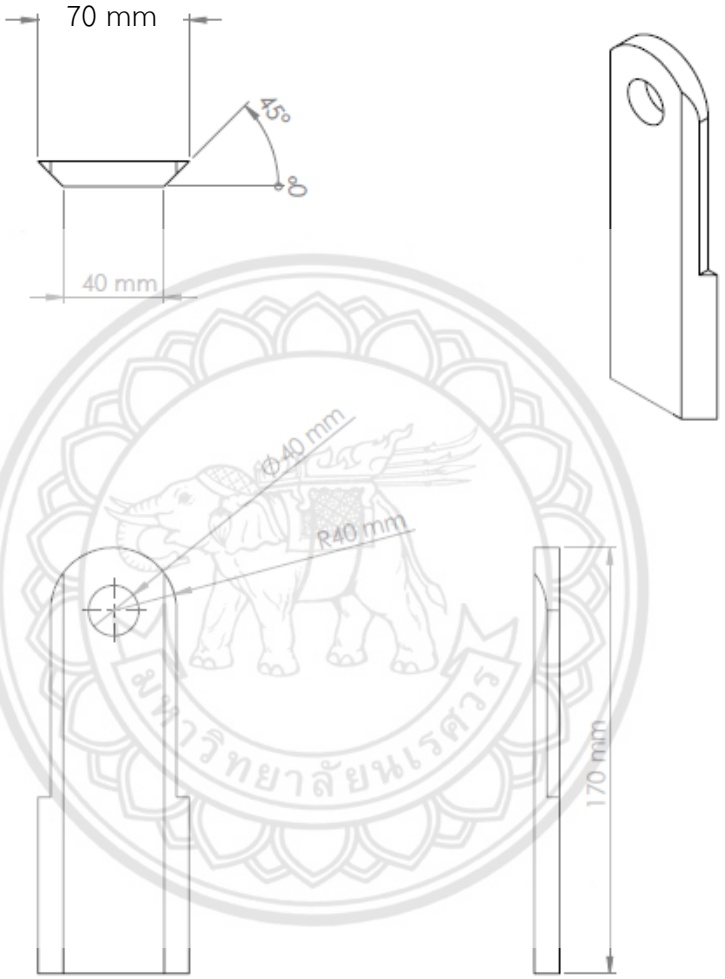


รูปที่ 3.16 แบบ 3 มิติของเครื่องสับฟางในนาข้าว

3.4.2 ใบมีดของเครื่องสับฟาง

ตัวใบมีดที่นำมาใช้มีอยู่ 2 ชนิดได้แก่ ใบมีดตรง กับใบมีดหักเอียงทำมุม 145 องศาโดยแต่ละใบมีดมีรายละเอียดดังนี้

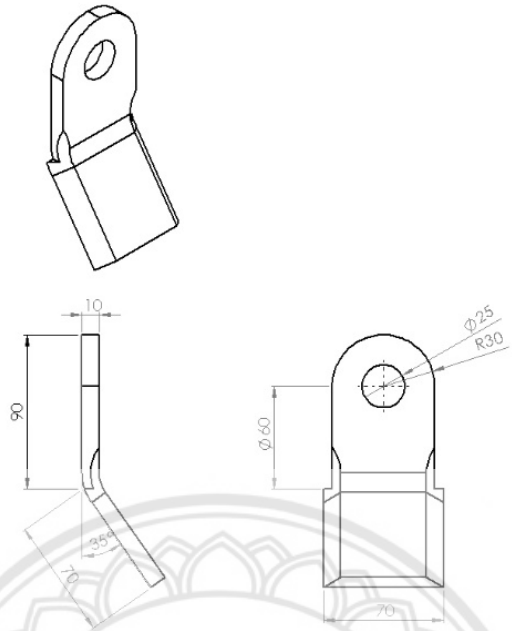
3.4.2.1 ใบมีดตรง



รูปที่ 3.17 ใบมีดตรงของ Shaktiman

ใบมีดตรง ความยาว 17 เซนติเมตร กว้าง 7 เซนติเมตร หนา 0.6 เซนติเมตร มีคมมีดทั้ง 2 ด้าน คมมีดเป็นแบบ Chiesel Grinding หรือคมแบบสิ่ว มีองศาต่อด้านของคมมีดที่ 45 องศา ใบมีดตรงจะทำหน้าที่ในการตัดฟางข้าวที่อยู่บนตอซัง

3.4.2.2 ใบมีดหักเอียงทำมุม 145 องศา

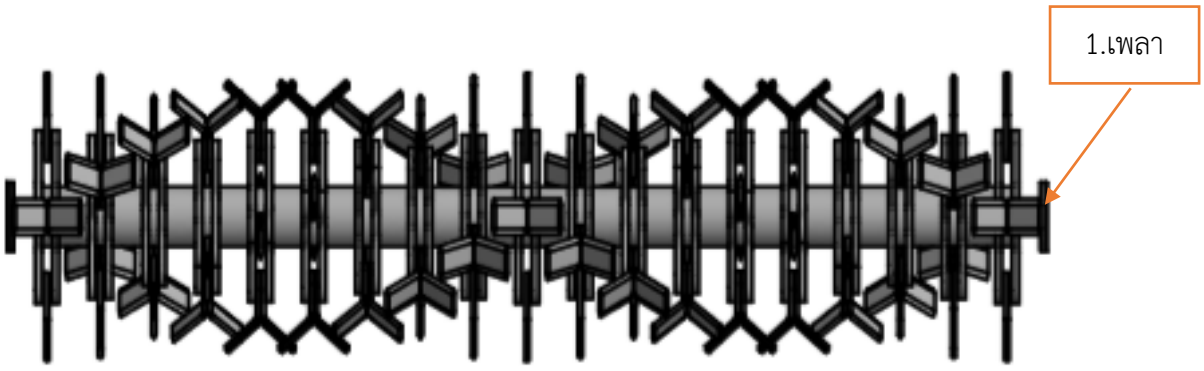


รูปที่ 3.18 ใบมีดหักเอียงทำมุม 145 องศาของ Shaktiman

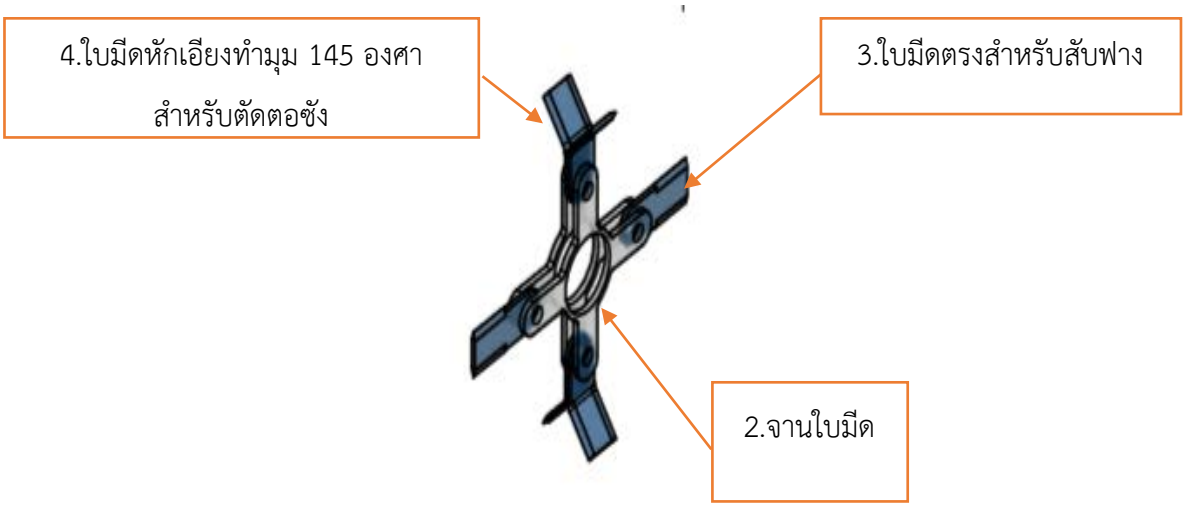
ใบมีดหักเอียงทำมุม 145 องศา ความยาว 16 เซนติเมตร กว้าง 7 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร มีคมมีดทั้ง 2 ด้าน คมมีดเป็นแบบ Chiesel Grinding หรือคมแบบสิ่ว มีองศาต่อด้านของคมมีดที่ 15 องศา ใบมีดทำมุมนี้จะทำหน้าที่ในการตัดตอซังที่ติดอยู่กับดิน

3.4.3 รายละเอียดเครื่องต้นแบบการเรียงราวใบมีดแบบที่ 1

ส่วนประกอบของราวใบมีด มีรายละเอียดดังในรูปที่ 3.19 และ 3.20



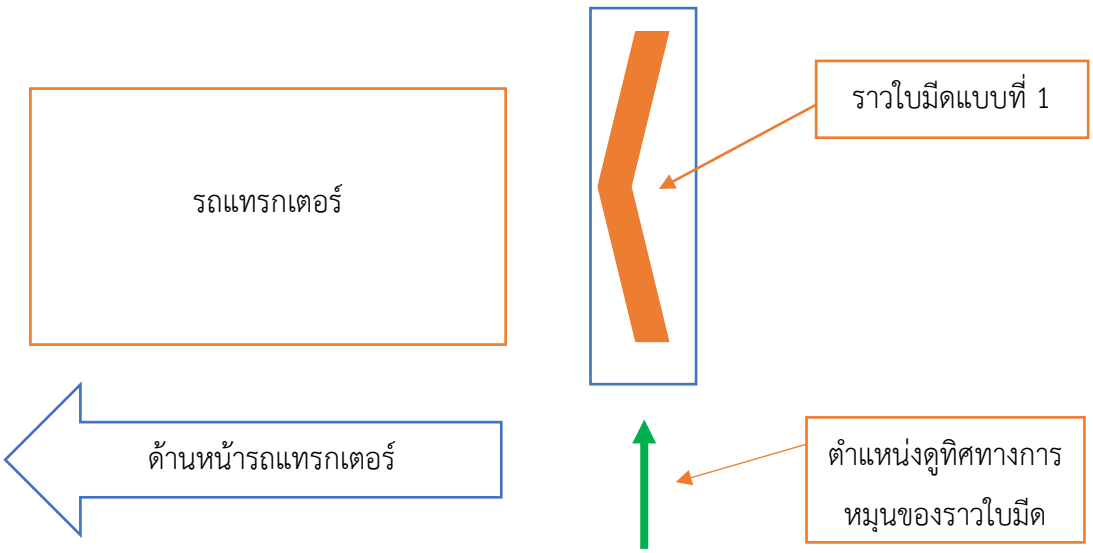
รูปที่ 3.19 ส่วนประกอบของราวใบมีด



รูปที่ 3.20 ส่วนประกอบของจานใบมีด

การเรียงใบมีดจะสลับกันระหว่างใบตรง และใบมีดหักเอียงทำมุม 145 องศา และในแต่ละชุดใบมีดมี 4 ใบ จะทำมุมกับชุดถัดไป 20 องศาไปในทิศเดียวกันและเมื่อเรียงจนถึงจุดกึ่งกลางของตัวราวใบมีด จะเริ่มเรียงชุดใบมีดใหม่โดยเอียงไปคนละด้านกับครึ่งแรกแต่ทำมุมกับชุดต่อไป 20 องศาเท่ากับครึ่งแรก

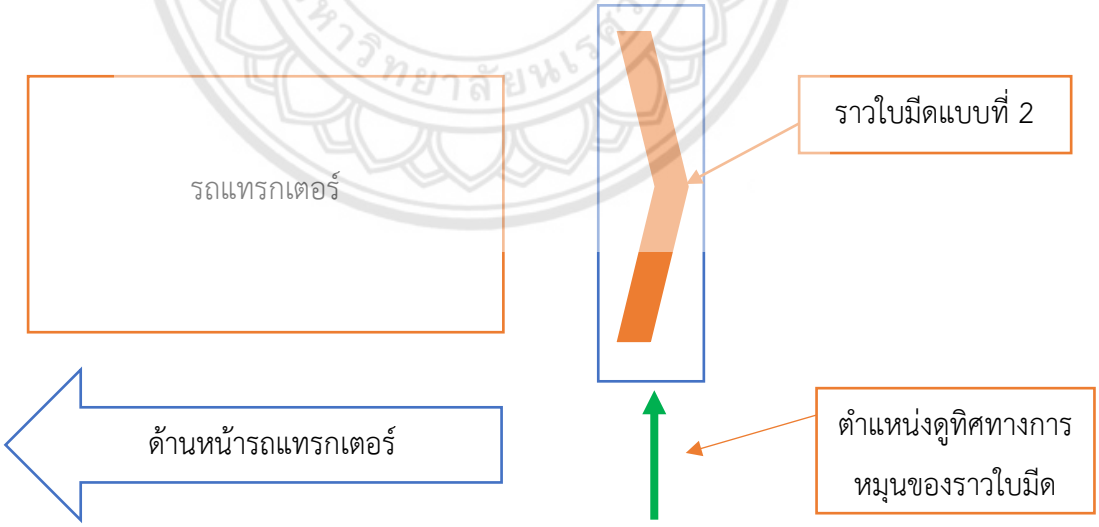
หลักการทำงานของเครื่องต้นแบบการเรียงราวใบมีดแบบที่ 1 คือติดตั้งราวใบมีดโดยหันด้านที่เป็นหัวจรวด ไปทางด้านหน้ารถ โดยมองจากด้านบนของอุปกรณ์ ทำการหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา เมื่อมองจากทางด้านซ้ายของรถแทรกเตอร์



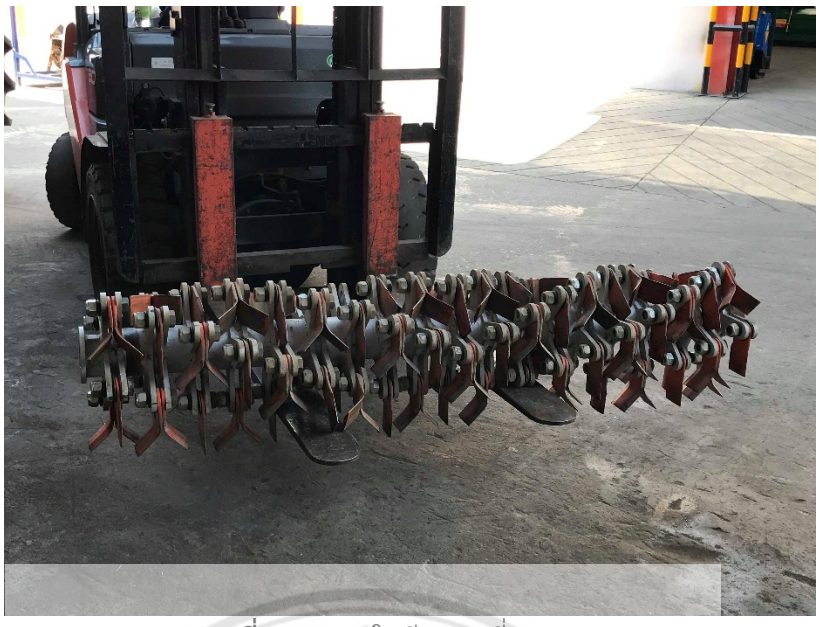
รูปที่ 3.21 แผนภาพแสดงการเรียงราวใบมีดแบบที่ 1

3.4.4 รายละเอียดเครื่องต้นแบบการเรียงราวใบมีดแบบที่ 2

ส่วนประกอบหลักทั้งหมดจะเหมือนกับแบบที่ 1 แต่จะติดตั้งราวใบมีดโดยหันด้านที่เป็นหัวจรวด ไปทางด้านหลังรถ โดยมองจากด้านบนของอุปกรณ์ ทำการหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา เมื่อมองจากทางด้านซ้ายของรถแทรกเตอร์



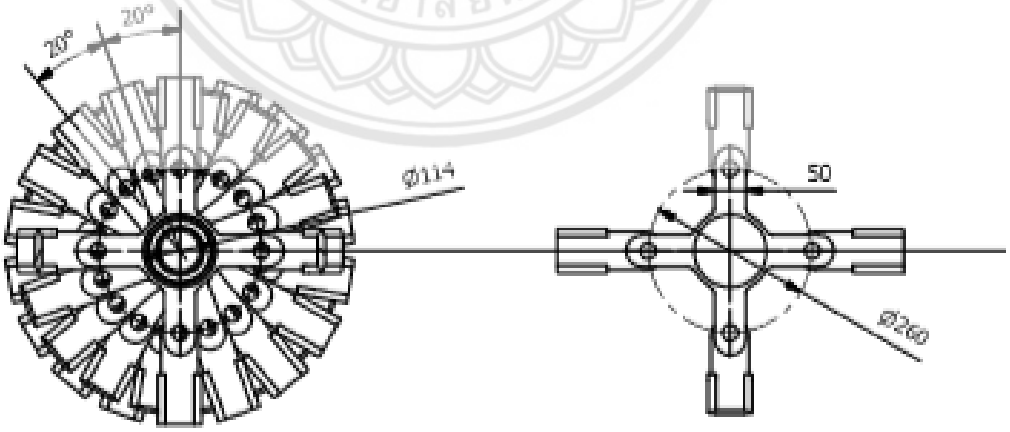
รูปที่ 3.22 แผนภาพแสดงการเรียงราวใบมีดแบบที่ 2



รูปที่ 3.23 ราวใบมีดแบบที่ 1 และ 2

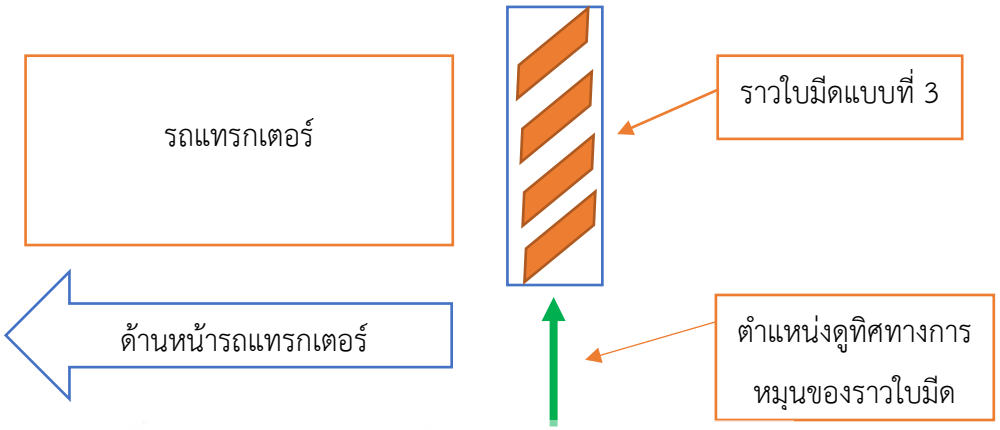
3.4.5 รายละเอียดเครื่องต้นแบบการเรียงราวใบมีดแบบที่ 3

ส่วนประกอบหลักทั้งหมดยกเว้นราวใบมีดจะเหมือนกับแบบที่ 1 และ 2 ราวใบมีดจะมีลักษณะเป็นเกลียว โดยชุดใบมีดแต่ละชุดจะเอียงไปทางเดียวกันตลอดแนว โดยแต่ละชุดจะทำมุม 20 องศาตลอดทั้งแนว ดังรูปที่ 3.22

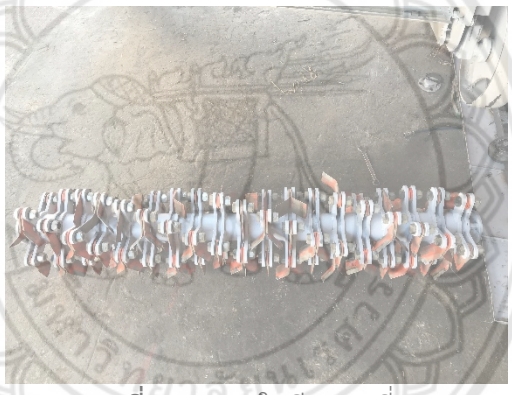


รูปที่ 3.24 การวางตัวของชุดใบมีดแบบที่ 3

หลักการทำงานของแบบที่ 3 จะทำการหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา เมื่อมองจากทางด้านซ้ายของรถแทรกเตอร์



รูปที่ 3.25 แผนภาพแสดงการเรียงราวใบมีดแบบที่ 3



รูปที่ 3.26 ราวใบมีดแบบที่ 3

3.4.6 ชุดส่งถ่ายกำลัง

เครื่องต้นแบบเครื่องสับฟางในนาข้าวใช้ต้นกำลังจาก PTO ของรถแทรกเตอร์ ที่รอบ PTO เท่ากับ 430 รอบต่อนาที และส่งผ่านมายังชุดเกียร์ทดที่อัตราทด 1 : 1.16 และเชื่อมต่อไปยัง มู่เล่ย์ทั้ง 3 ขนาด คือ 10, 12 และ 14 นิ้ว และส่งผ่านไปยังเพลาหมุนราวใบมีดซึ่งใช้มู่เล่ย์ ขนาด 4 นิ้ว แผนผังดังรูปที่ 3.25 และความเร็วรอบของเพลาราวใบมีดจากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 3.5

ความเร็วรอบที่ออกจากชุดเกียร์ทด

จาก $\text{อัตราทด} = \frac{\text{ความเร็วรอบของเฟืองขับ}}{\text{ความเร็วรอบของเฟืองตาม}}$

$$\frac{1}{1.16} = \frac{430}{\text{ความเร็วรอบของเฟืองตาม}}$$

ความเร็วรอบของเฟืองตาม = 430 x 1.16

ความเร็วรอบของเฟืองตาม = 500 รอบต่อนาที

ความเร็วรอบที่เพลาราวใบมีดของ มู่เล่ย์แต่ละขนาด

จาก $\text{อัตราทด} = \frac{\text{ความเร็วรอบของเฟืองขับ}}{\text{ความเร็วรอบของเฟืองตาม}}$

อัตราทดของมู่เล่ย์ 10 นิ้ว กับ มู่เล่ย์เพลาราวใบมีด 4 นิ้ว

จะได้ $\frac{10}{4} = 2.5$

ดังนั้นอัตราทดเท่ากับ 1 : 2.5

แท่นค่า $\frac{1}{2.5} = \frac{500}{\text{ความเร็วรอบของเฟืองตาม}}$

ความเร็วรอบของเฟืองตาม = 2.5 x 500

ความเร็วรอบของเฟืองตาม = 1250 รอบต่อนาที

อัตราทดของมู่เล่ย์ 12 นิ้ว กับ มู่เล่ย์เพลาราวใบมีด 4 นิ้ว

จะได้ $\frac{12}{4} = 3$

ดังนั้นอัตราทดเท่ากับ 1 : 3

แท่นค่า $\frac{1}{3} = \frac{500}{\text{ความเร็วรอบของเฟืองตาม}}$

ความเร็วรอบของเฟืองตาม = 3 x 500

ความเร็วรอบของเฟืองตาม = 1500 รอบต่อนาที

อัตราทดของมู่เล่ย์ 14 นิ้ว กับ มู่เล่ย์เพลาราวใบมีด 4 นิ้ว

จะได้ $\frac{14}{4} = 3.5$

ดังนั้นอัตราทดเท่ากับ 1 : 2.5

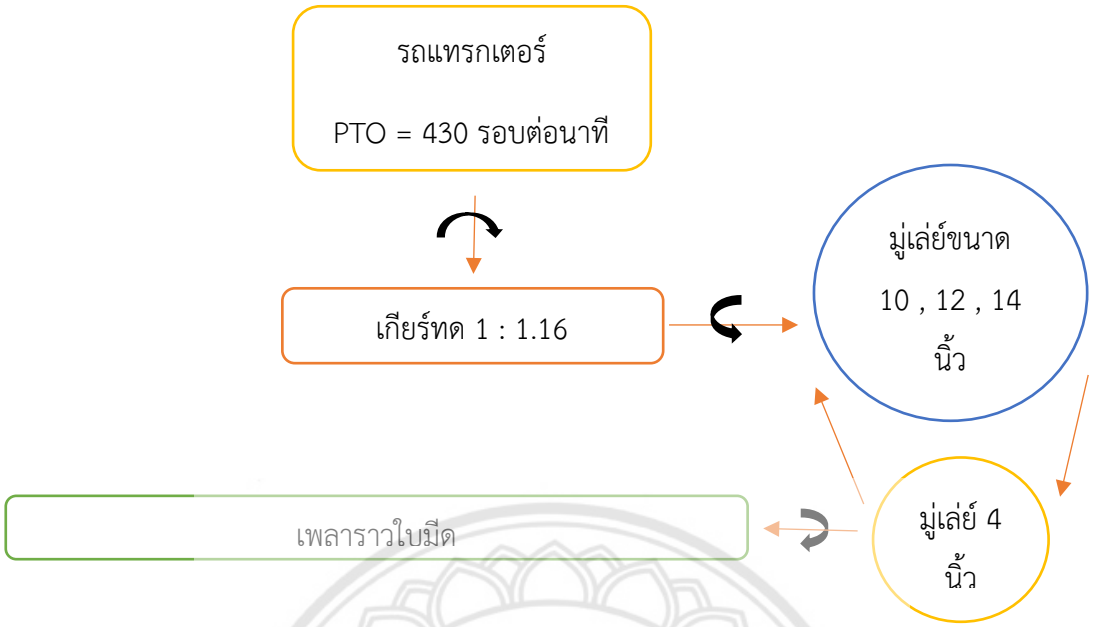
แท่นค่า $\frac{1}{3.5} = \frac{500}{\text{ความเร็วรอบของเฟืองตาม}}$

ความเร็วรอบของเฟืองตาม = 3.5 x 500

ความเร็วรอบของเฟืองตาม = 1750 รอบต่อนาที

ตารางที่ 3.5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของมู่เล่ย์และความเร็วรอบที่เพลาใบมีด

มู่เล่ย์ (นิ้ว)	ความเร็วรอบที่เพลาราวใบมีด (รอบต่อนาที)
10 นิ้ว	1250
12 นิ้ว	1500
14 นิ้ว	1750



รูปที่ 3.27 แผนภาพการส่งถ่ายกำลัง

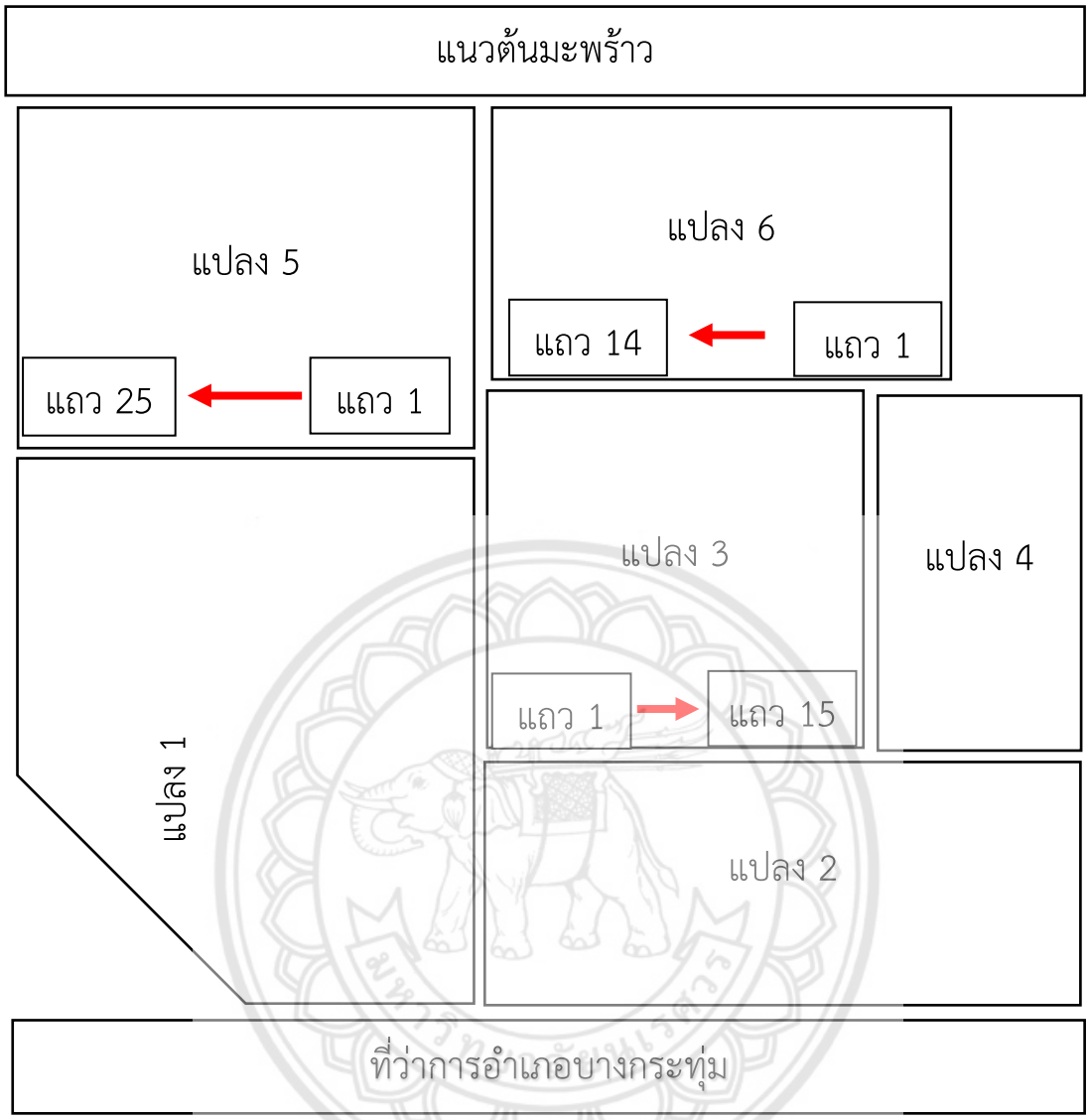
3.5 การทดสอบในภาคสนามเพื่อศึกษาสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ

3.5.1 แผนที่แปลงนาที่ทำการทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ

- ทำการทดสอบวันที่ 1-3 เมษายน 2562 ณ ตำบลบางกระทุ่ม อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก

- พันธุ์ข้าวในแปลง : ข้าวหอมพวง ที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ 8.2 %w.b. เก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2562

- รถแทรกเตอร์ต้นกำลัง : ยี่ห้อฟอร์ด 8410 4WD 6 สูบ 125 แรงม้า ด้วยความเร็วในการเคลื่อนที่เฉลี่ย 1.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 3.28 แผนที่แปลงทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าว

3.5.2 การทดลองด้วยเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ

1) ศึกษาลักษณะพื้นที่ของแปลงนาที่ทำการทดสอบ และเก็บตัวอย่างฟางข้าวเพื่อนำไปศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟางข้าวในแปลงที่ทำการทดสอบ

รูปที่ 3.29 พื้นที่ที่ทำการทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ

2) กำหนดตัวแปรในการทดลองดังนี้

- M1 คือ ลักษณะการออกแบบของราวใบมีดแบบที่ 1
- M2 คือ ลักษณะการออกแบบของราวใบมีดแบบที่ 2
- M3 คือ ลักษณะการออกแบบของราวใบมีดแบบที่ 3
- S1 คือ ใช้มู่เล่ย์ขนาด 10 นิ้ว ความเร็วรอบของราวใบมีดที่ 1250 รอบ/นาที
- S2 คือ ใช้มู่เล่ย์ขนาด 12 นิ้ว ความเร็วรอบของราวใบมีดที่ 1500 รอบ/นาที
- S3 คือ ใช้มู่เล่ย์ขนาด 14 นิ้ว ความเร็วรอบของราวใบมีดที่ 1750 รอบ/นาที
- D1 คือ ทิศทางในการหมุนของราวใบมีด หมุนทวนเข็มนาฬิกา
- D2 คือ ทิศทางในการหมุนของราวใบมีด หมุนตามเข็มนาฬิกา
- R1 คือ การทำการทดลองซ้ำ ครั้งที่ 1
- R2 คือ การทำการทดลองซ้ำ ครั้งที่ 2
- R3 คือ การทำการทดลองซ้ำ ครั้งที่ 3

จากตัวแปรในการทดลองทั้งหมด จะมีการทดลองทั้งหมด 54 แปลงย่อย

3) กำหนดแถวในการทดลองทั้งหมด 54 แถว แบ่งออกเป็น 3 แปลง โดยกำหนดให้แต่ละแถวทำการทดลองที่ความยาว 50 เมตร

รูปที่ 3.30 แถวในการทดลองเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ

4) ทำการจับฉลากเพื่อวางแถวในการทดลอง ได้ผลการจับฉลากดัง**รูปที่** 3.31, **รูปที่** 3.32 และ **รูป**ที่ 3.33

แปลงที่ 3

แถว 1	M2S3D1R3
แถว 2	M3S2D2R1
แถว 3	M2S3D2R2
แถว 4	M2S2D1R2
แถว 5	M1S3D2R2
แถว 6	M3S2D1R1
แถว 7	M3S3D1R3
แถว 8	M3S2D2R3
แถว 9	M1S2D1R3
แถว 10	M2S3D1R2
แถว 11	M3S1D2R3
แถว 12	M2S3D1R1
แถว 13	M1S1D1R3
แถว 14	M1S3D2R1
แถว 15	M1S2D2R2

รูปที่ 3.31 แถวการทดลองของแปลงที่ 3

แปลงที่ 5

แถว 1	M3S2D1R3
แถว 2	M2S2D2R2
แถว 3	M2S2D1R1
แถว 4	M3S3D1R2
แถว 5	M1S2D1R3
แถว 6	M1S3D1R1
แถว 7	M2S2D2R3
แถว 8	M3S3D2R1
แถว 9	M2S1D1R2
แถว 10	M3S1D2R2
แถว 11	M2S1D2R3
แถว 12	M1S3D1R2
แถว 13	M1S3D2R1
แถว 14	M1S1D1R1
แถว 15	M3S3D2R2
แถว 16	M2S1D1R1
แถว 17	M1S1D2R1
แถว 18	M2S1D1R3
แถว 19	M3S1D2R1
แถว 20	M1S1D1R2
แถว 21	M1S3D2R3
แถว 22	M3S2D2R2
แถว 23	M2S2D2R1
แถว 24	M3S2D1R2
แถว 25	M3S1D1R2

รูปที่ 3.32 แถวการทดลองของแปลงที่ 5

แปลงที่ 6

แถว 1	M2S1D2R2
แถว 2	M2S2D1R3
แถว 3	M3S1D1R1
แถว 4	M1S3D2R2
แถว 5	M1S1D2R3
แถว 6	M2S3D2R1
แถว 7	M3S1D1R3
แถว 8	M3S3D2R3
แถว 9	M1S2D2R3
แถว 10	M2S1D2R1
แถว 11	M1S2D1R2
แถว 12	M2S3D2R3
แถว 13	M3S3D1R1
แถว 14	M1S2D1R1

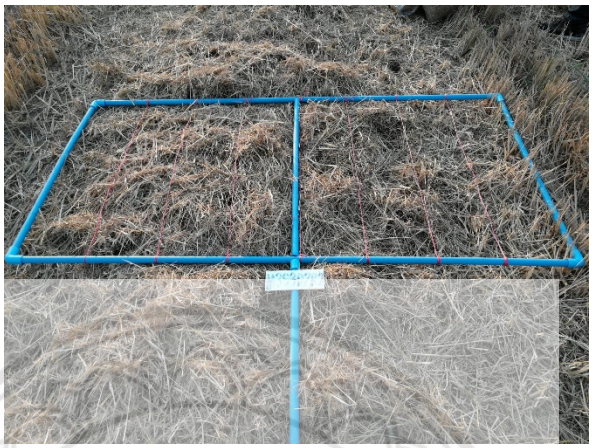
รูปที่ 3.33 แถวการทดลองของแปลงที่ 6

5) ทำการทดลองสับฟางตามแถวที่ได้กำหนดไว้

รูปที่ 3.34 ทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ

6) สังเกตลักษณะของฟางข้าวก่อนสับ และหลังสับว่ามีลักษณะอย่างไร เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องสับฟางในนาข้าวต่อไป

7) เก็บฟางหลังสับทุกแถวที่ทำการทดสอบ โดยมีพื้นที่ในการเก็บกว้าง 2 เมตร ยาว 1 เมตร แบ่งออกเป็น 8 ช่องย่อย



รูปที่ 3.35 การเก็บฟางหลังสับด้วยเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ

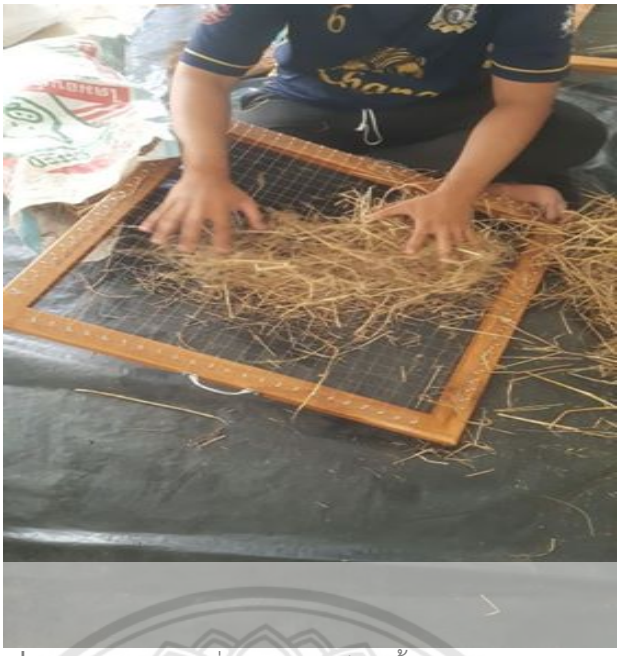
8) นำฟางที่เก็บหลังสับของแต่ละช่องย่อยไปชั่งน้ำหนัก จดบันทึก และวิเคราะห์ผล เพื่อดูการกระจายตัวของฟางที่ได้

9) นำฟางที่เก็บหลังสับแต่ละช่องย่อยไปร่อนตามตะแกรง 5 ขนาดดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ขนาดของตะแกรง

ขนาดของตะแกรง (เซนติเมตร × เซนติเมตร)	ความยาวของฟางข้าว (เซนติเมตร)
2.5 × 2.5	L < 3.5
5 × 5	3.5 < L < 7.1
7.5 × 7.5	7.1 < L < 10.6
10 × 10	10.6 < L < 14.2
15 × 15	14.2 < L < 21.2
เหลือจากการร่อนตะแกรง	L > 21.2

จดบันทึกและนำไปวิเคราะห์ดูความยาวของฟางที่ถูกสับออกมาในแต่ละการทดลอง



รูปที่ 3.36 ร่อนฟางเพื่อหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของแต่ละขนาด

3.6 ปรับปรุงและแก้ไขเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ

3.6.1 โครงของตัวเครื่องสับฟางในนาข้าว

1) ปัญหา : โครงของเครื่องสับฟางในนาข้าวมีลิ้นที่ใช้กันไม่ให้ฟางข้าวรอดไปใต้เครื่อง แต่ในการทดลองลิ้นนั้นได้ขูดกับดินทำให้เครื่องไม่สามารถทำงานได้

แก้ไข : ถอดลิ้นออกเพื่อแก้ปัญหาเครื่องขูดดิน

2) ปัญหา : โครงกล่องส่งฟางข้าวไปหลังเครื่องเชื่อมติดกันไม่ดีทำให้เครื่องสั่นเวลาทำงาน

แก้ไข : ทำการเชื่อมจุดต่าง ๆ ให้ดีขึ้น

3.6.2 เพลาราวใบมีด

ปัญหา : สมดุลของเพลาไม่พอดีกัน

แก้ไข : แก้ไขการสมดุลของเพลา

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟางข้าว

ผลจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟางข้าว ที่เก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวดข้าว แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของฟางข้าวทั้ง 2 พันธุ์

ลักษณะทางกายภาพ	พันธุ์ข้าว	
	ข้าวหอมมะลิ 105	ข้าวหอมพวง
ความสูงตอซัง (cm.)	29.0	28.6
ความชื้นของฟาง (% wb)	35.6	8.2
ปริมาณฟางและตอซังต่อไร่ (kg.)	1,517	1,191
ปริมาณฟางและตอซังแห้งต่อไร่ (kg.)	977	1,093

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าพันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์นี้จะมีความสูงตอซังเฉลี่ยที่ 288 มิลลิเมตร ความชื้นของฟางเฉลี่ยที่ 21.9 % wb ,มีปริมาณฟางและตอซังต่อไร่เฉลี่ย 1,354 กิโลกรัม และมีปริมาณฟางและตอซังแห้งต่อไร่เฉลี่ยอยู่ที่ 1,035 กิโลกรัม

4.2 ผลการทดสอบเครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง

จากการทดสอบเครื่องตัดหญ้าไหล่ทางกับข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้นตอซังและฟางข้าว 35.6 % wb มีปริมาณฟางและตอซังต่อไร่อยู่ที่ 1,517 กิโลกรัมที่ความเร็วในการเคลื่อนที่เฉลี่ย 1.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทำการทดสอบวันที่ 7 ธันวาคม 2561 ณ แปลงนา ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ใช้รถไถยี่ห้อ MASSEY FERGUSON รุ่น MF6712 CAB 122 แรงม้า และใช้เครื่องตัดหญ้าไหล่ทางยี่ห้อ FERRI รุ่น TD37 ขนาด 50-70 แรงม้า

ผลการทดลองหลังจากการสับฟางโดยเครื่องตัดหญ้าไหล่ทาง ทำให้ทราบว่าตัวแปรที่สับฟางและตอซังได้ดีที่สุดคือ ความเร็วรอบของราวใบมีดที่ 2100 รอบ/นาที ที่หมุนไปทิศทางตามเข็มนาฬิกา

4.3 ผลการทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ

จากการทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวกับข้าวพันธุ์หอมพวง โดยเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 11-12 มีนาคม 2562 ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้น 8.2 % wb มีปริมาณฟางและตอซังต่อไร่อยู่ที่ 1,191 กิโลกรัมที่ความเร็วในการเคลื่อนที่เฉลี่ย 1.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทำการทดสอบเมื่อวันที่ 1-3 เมษยน 2562 ณ แปลงนา ตำบลบางกระทุ่ม อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก ใช้รถแทรกเตอร์ต้นกำลังยี่ห้อฟอร์ด 8410 4WD 6 สูบ 125 แรงม้า

4.3.1 ผลจากการสังเกตการทดลองเครื่องสับฟางในนาข้าว

จากการจดบันทึกการสังเกต จะพบว่า ราวใบมีดแบบที่ 1 หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา จะทำการสับฟางได้ดีที่ความเร็วรอบ 1750 รอบต่อนาที ไม่มีฟางติดที่ปล่องพ่นฟาง ฟางกระจายตัวได้ค่อนข้างดี แต่จะมีบางช่วงที่มีลมแรงทำให้ฟางไปกองกันตามทางแรงลม ราวใบมีดแบบที่ 2 หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา เครื่องสับฟางมีการสับฟางได้ดี ไม่มีฟางติดที่ปล่องพ่นฟางทุกความเร็วรอบ และมีบางช่วงที่มีลมพัดทำให้ฟางไปกระจายกองกันตามทิศทางของแรงลม และราวใบมีดแบบที่ 3 หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา มีฟางติดที่ปล่องพ่นฟางทางด้านขวาทุกความเร็วรอบ ฟางกระจายตัวมากตรงกลาง

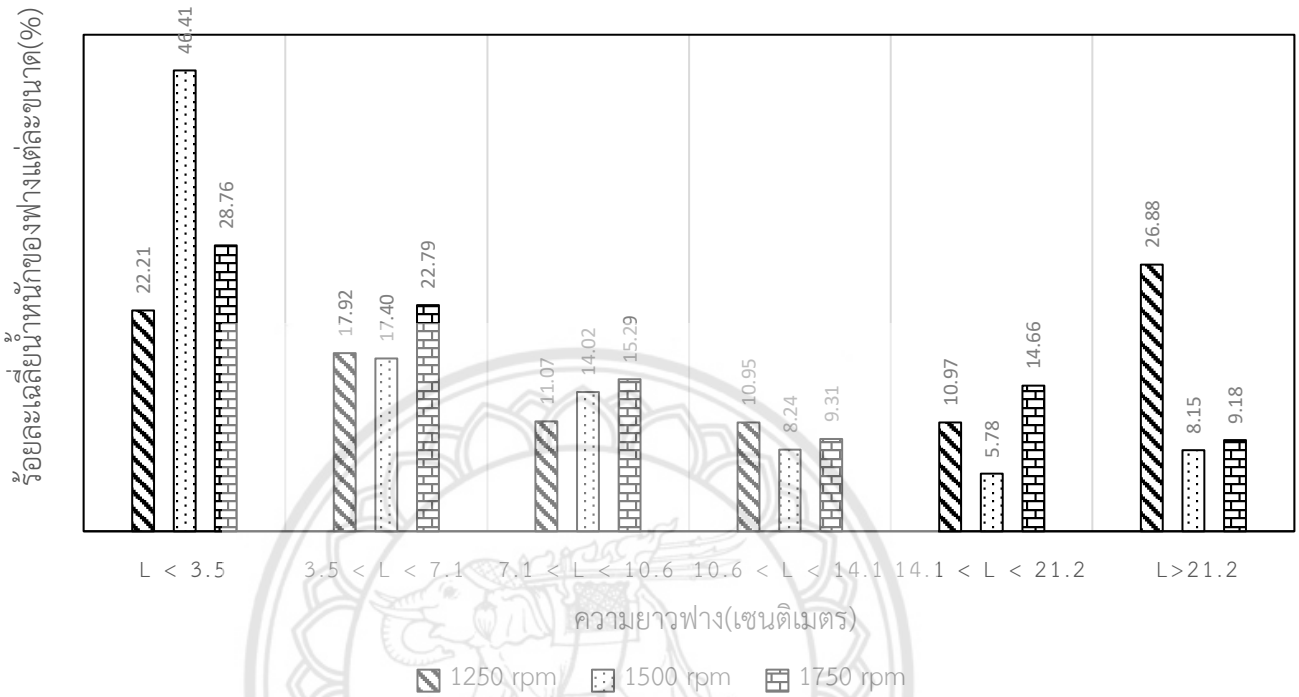
4.3.2 เครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ ราวใบมีดแบบที่ 1 หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

ผลการทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ ราวใบมีดแบบที่ 1 หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา พบว่าฟางที่ถูกสับแล้วไม่สามารถลำเลียงออกมาทางด้านหลังได้ สาเหตุมาจากการหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกาไม่สามารถสร้างแรงผลักดันฟางออกมาจากราวใบมีดได้ทำให้ฟางติดและอุดตัน ส่งผลให้ฟางไม่สามารถกระจายลงกลับสู่แปลงได้ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ฟางที่ติดค้างอยู่ในเครื่องของราวมีดแบบที่ 1 ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

4.3.3 เครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ ราวใบมีดแบบที่ 1 หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา

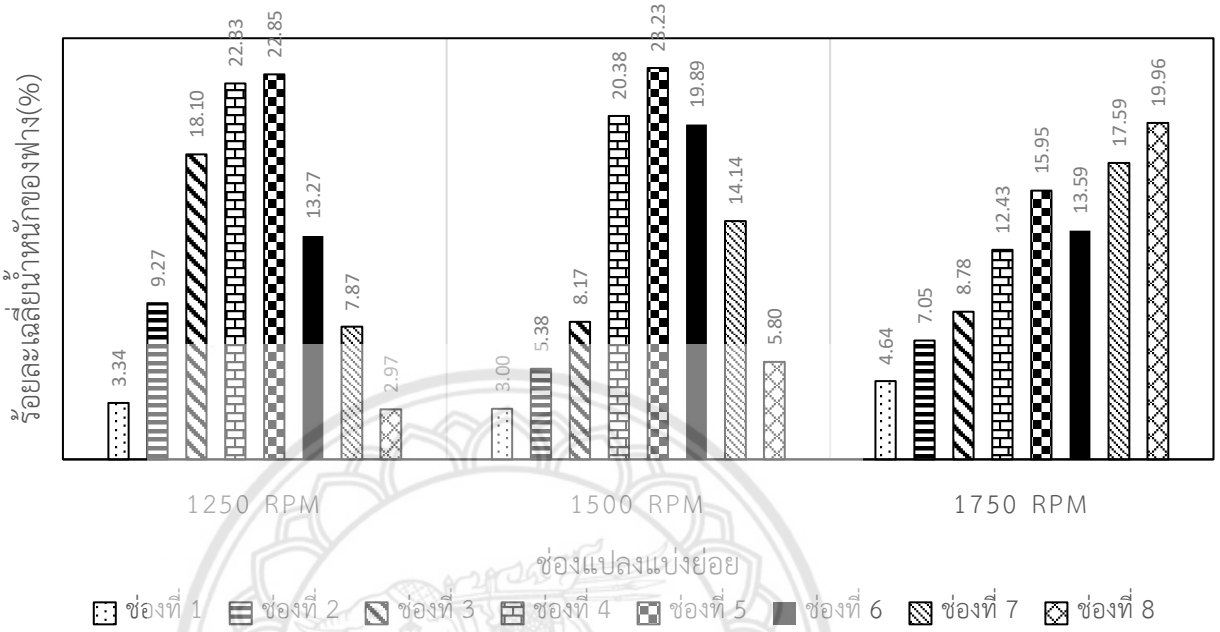
ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบเครื่องสับฟางในนาข้าว ราวใบมีดแบบที่ 1 หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา และรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงร้อยละน้ำหนักของฟางแต่ละขนาด ของราวใบมีดแบบที่ 1 ทิศทางตามเข็มนาฬิกา

จากรูปที่ 4.2 พบว่าราวใบมีดแบบที่ 1 (ราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหน้า) สามารถสับฟางได้ดีสุดที่ความเร็วราวใบมีด 1500 รอบต่อนาที สามารถสับได้สั้นกว่า 3.5 เซนติเมตร ถึง ร้อยละ 46.41 ซึ่งมากกว่ารูปแบบอื่นอย่าง เนื่องจากความเร็วรอบมีผลในด้านการสับของราวใบมีดรูปแบบที่ 1 (ราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหน้า) อย่างชัดเจนสังเกตได้จากรูปที่ 4.2 ที่ความยาวฟางสั้นกว่า 3.5 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 1250 รอบต่อนาที สับได้เพียงร้อยละ 22.21 ของน้ำหนักรวม และที่ความเร็วรอบ 1750 รอบต่อนาที สับได้ร้อยละ 28.76 ของน้ำหนักรวม ดังนั้นความเร็วรอบที่ดีที่สุดสำหรับราวใบมีดแบบที่ 1 (ราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหน้า) คือ ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที

ผลการศึกษาการกระจายตัวของฟางหลังการสับของเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบราวใบมีดแบบที่ 1 หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟการกระจายตัวของฟาง ของราวใบมีดแบบที่ 1 ทิศทางตามเข็มนาฬิกา

จากรูปที่ 4.3 พบว่าราวใบมีดแบบที่ 1 (ราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหน้า) สามารถกระจายฟางหลังสับได้สม่ำเสมอที่สุด ที่ความเร็วรอบ 1750 รอบต่อนาที เนื่องจากความเร็วรอบที่สูงจึงสามารถลำเลียงฟางหลังสับแล้ว ออกไปทางด้านหลังได้อย่างรวดเร็ว และสม่ำเสมอกว่าที่ความเร็วรอบอื่น ๆ

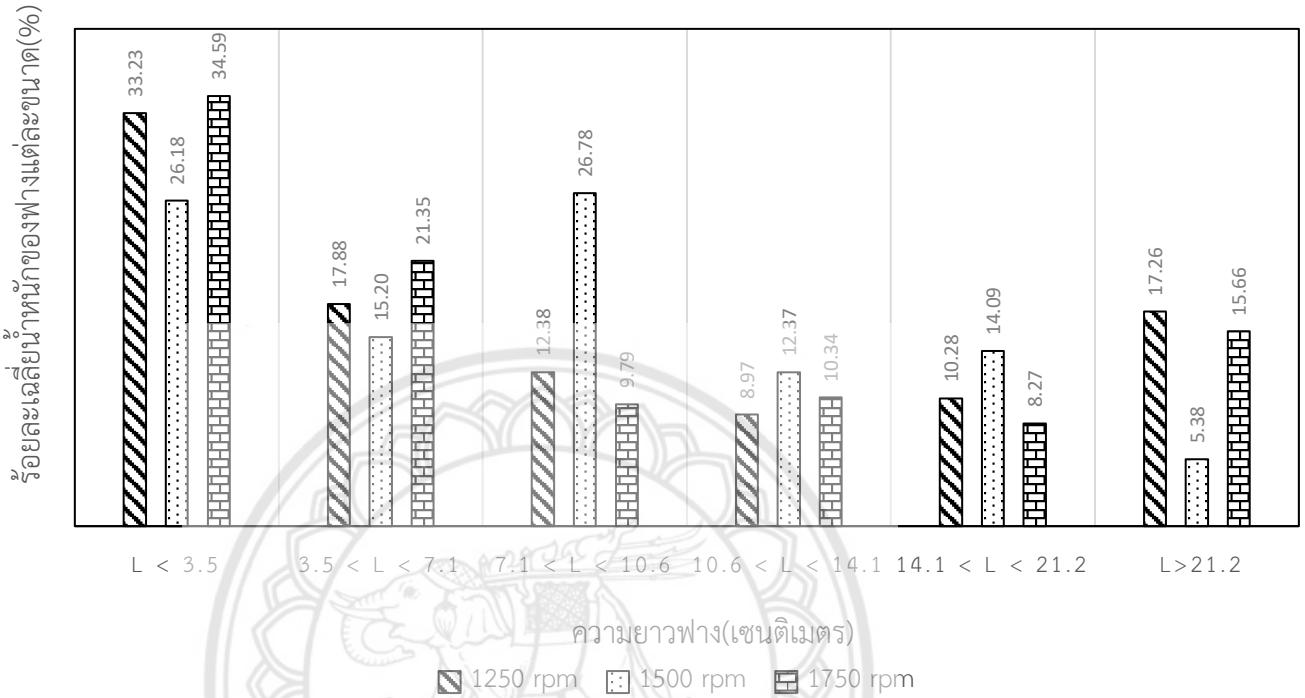
4.3.4 เครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ ราวใบมีดแบบที่ 2 หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

ผลการทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ ราวใบมีดแบบที่ 2 หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา พบว่าฟางที่ถูกสับแล้วไม่สามารถลำเลียงออกมาทางด้านหลังได้ สาเหตุมาจากการหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกาไม่สามารถสร้างแรงผลักดันฟางออกมาจากราวใบมีดได้ทำให้ฟางติดและอุดตัน ส่งผลให้ฟางไม่สามารถกระจายลงกลับสู่แปลงได้ดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 ฟางที่ติดค้างอยู่ในเครื่องของราวมีดแบบที่ 2 หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

4.3.5 เครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ ราวใบมีดแบบที่ 2 หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา

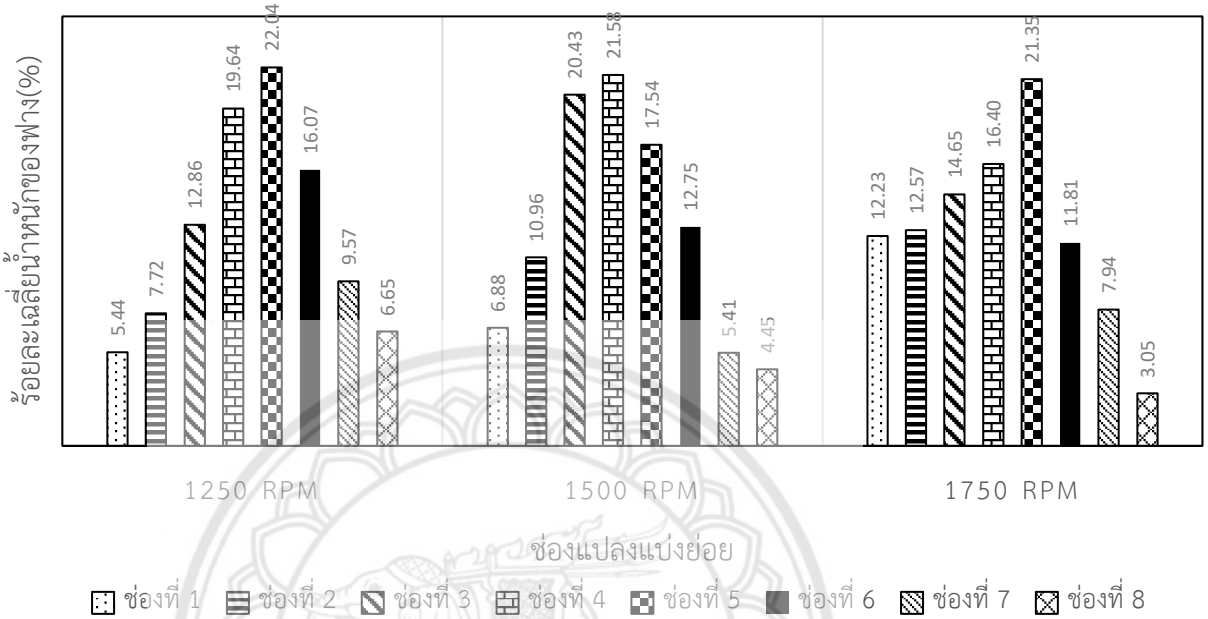
ผลการทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ ราวใบมีดแบบที่ 2 หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงร้อยละน้ำหนักของฟางแต่ละขนาด ของราวใบมีดแบบที่ 2 ทิศทางตามเข็มนาฬิกา

จากรูปที่ 4.5 พบว่าราวใบมีดแบบที่ 2 (ราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหลัง) สามารถสับฟางได้ดีสุดที่ความเร็วราวใบมีด 1750 รอบต่อนาที สามารถสับได้สั้นกว่า 3.5 เซนติเมตร ถึง ร้อยละ 34.59 เนื่องจากความเร็วรอบที่สูงจึงสามารถสับได้เร็ว และดีกว่าที่ความเร็วรอบอื่น ๆ

ผลการศึกษาการกระจายตัวของฟางหลังการสับ ของเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบราวใบมีดแบบที่ 2 หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟการกระจายตัวของฟาง ของราวใบมีดแบบที่ 2 ทิศทางตามเข็มนาฬิกา

จากรูปที่ 4.6 พบว่าราวใบมีดแบบที่ 2 (ราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหลัง) สามารถกระจายฟางหลังสับได้สม่ำเสมอที่สุด ที่ความเร็วรอบ 1750 รอบต่อนาที เนื่องจากความเร็วรอบที่สูงจึงสามารถลำเลียงฟางหลังสับแล้ว ออกไปทางด้านหลังได้อย่างรวดเร็ว และสม่ำเสมอกว่าที่ความเร็วรอบอื่น ๆ

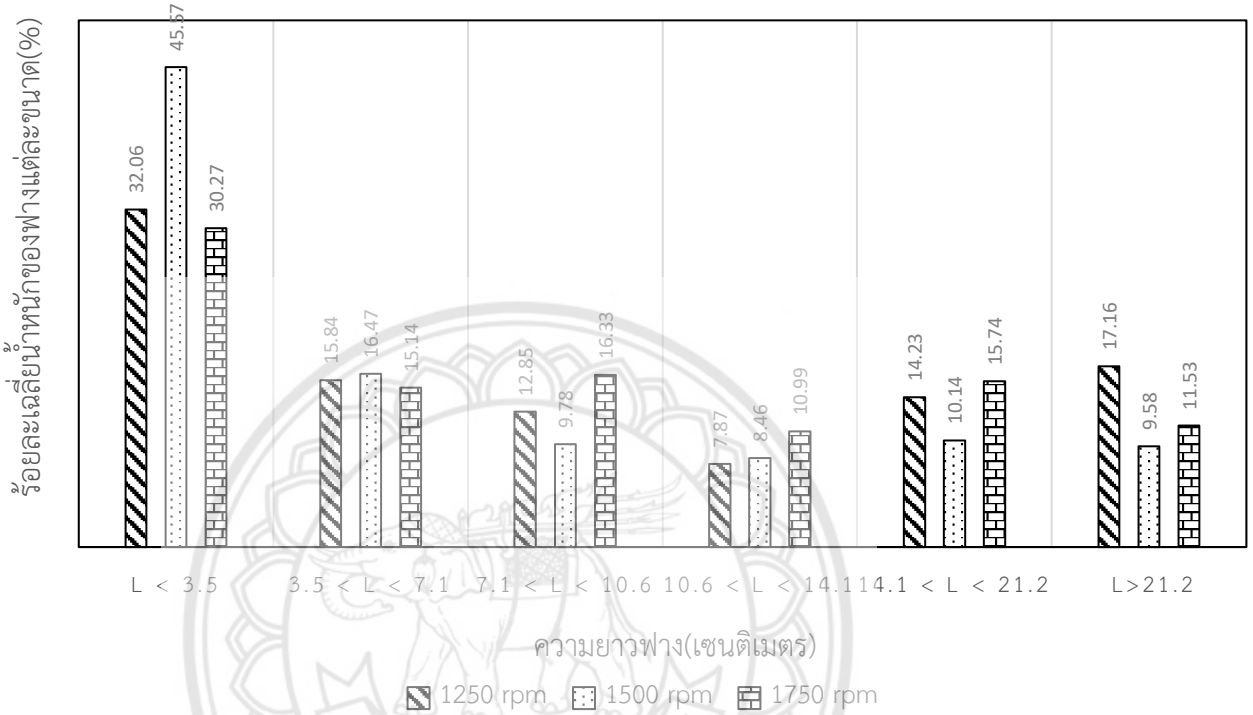
4.3.6 เครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ ราวใบมีดแบบที่ 3 หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

ผลการทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ ราวใบมีดแบบที่ 3 หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา พบว่าฟางที่ถูกสับแล้วไม่สามารถลำเลียงออกมาทางด้านหลังได้ สาเหตุมาจากการหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกาไม่สามารถสร้างแรงผลักดันฟางออกมาจากราวใบมีดได้ทำให้ฟางติดและอุดตัน ส่งผลให้ฟางไม่สามารถกระจายลงกลับสู่แปลงได้ดังรูปที่ 4.7

รูปที่ 4.7 ฟางที่ติดค้างอยู่ในเครื่องของราวมีดแบบที่ 3 หมุนในทิศทวน**เข็มนาฬิกา**

4.3.7 เครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ ราวใบมีดแบบที่ 3 หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา

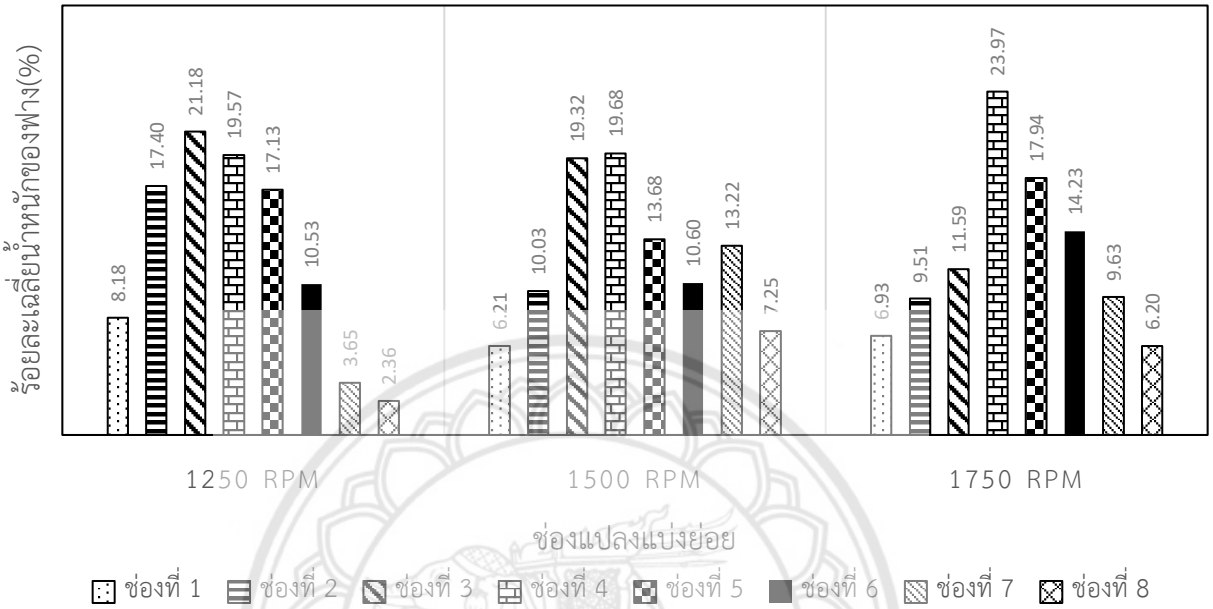
ผลการทดสอบเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ ราวใบมีดแบบที่ หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกาแสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงร้อยละน้ำหนักของฟางแต่ละขนาด ของราวใบมีดแบบที่ 3 ทิศทางตามเข็มนาฬิกา

จากรูปที่ 4.8 พบว่าราวใบมีดแบบที่ 3 (ราวใบมีดแบบเกลียว) สามารถสับฟางได้ดีสุดที่ความเร็วราวใบมีด 1500 รอบต่อนาที สามารถสับได้สั้นกว่า 3.5 เซนติเมตร ถึงร้อยละ 45.57 ซึ่งมากกว่ารูปแบบอื่นอย่าง เนื่องจากความเร็วรอบมีผลในด้านการสับของราวใบมีดรูปแบบที่ 3 (ราวใบมีดแบบเกลียว) อย่างชัดเจนสังเกตได้จากรูปที่ 4.8 ที่ความยาวฟางสั้นกว่า 3.5 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 1250 รอบต่อนาที สับได้ร้อยละ 32.06 ของน้ำหนักรวม และที่ความเร็วรอบ 1750 รอบต่อนาที สับได้เพียงร้อยละ 30.27 ของน้ำหนักรวม ดังนั้นความเร็วรอบที่ดีที่สุดสำหรับราวใบมีดแบบที่ 3 (ราวใบมีดแบบเกลียว) คือ ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที

ผลการศึกษาการกระจายตัวของฟางหลังการสับ ของเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ ราวใบมีดแบบที่ 3 หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา แสดงดังรูปที่ 4.9

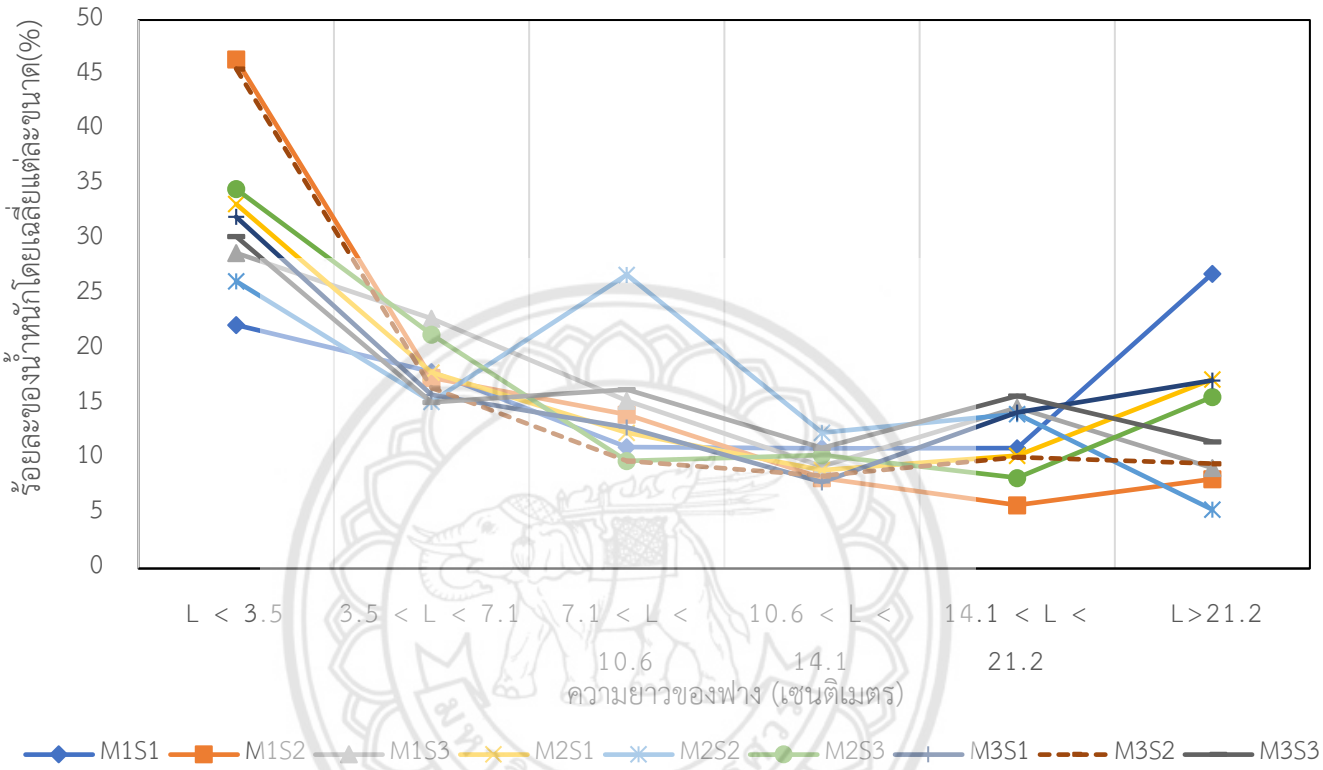


รูปที่ 4.9 กราฟการกระจายตัวของฟาง ของราวใบมีดแบบที่ 3 ทิศทางตามเข็มนาฬิกา

จากรูปที่ 4.9 พบว่าราวใบมีดแบบที่ 3 (ราวใบมีดแบบเกลียว) สามารถกระจายฟางหลังสับได้สม่ำเสมอที่สุด ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที เนื่องจากความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการเรียงราวใบมีดแบบที่ 3 (ราวใบมีดแบบเกลียว) จึงสามารถลำเลียงฟางหลังสับแล้ว ออกไปทางด้านหลังได้อย่างรวดเร็ว และสม่ำเสมอกว่าที่ความเร็วรอบอื่น ๆ

4.4 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบทั้ง 3 รูปแบบ

วิเคราะห์ประสิทธิภาพและการกระจายฟางของเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบทั้ง 3 รูปแบบ แต่ละรูปแบบมีทั้งหมด 3 ความเร็วรอบ คือ 1250, 1500 และ 1750 รอบต่อนาที เพื่อหารูปแบบราวใบมีด และความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ



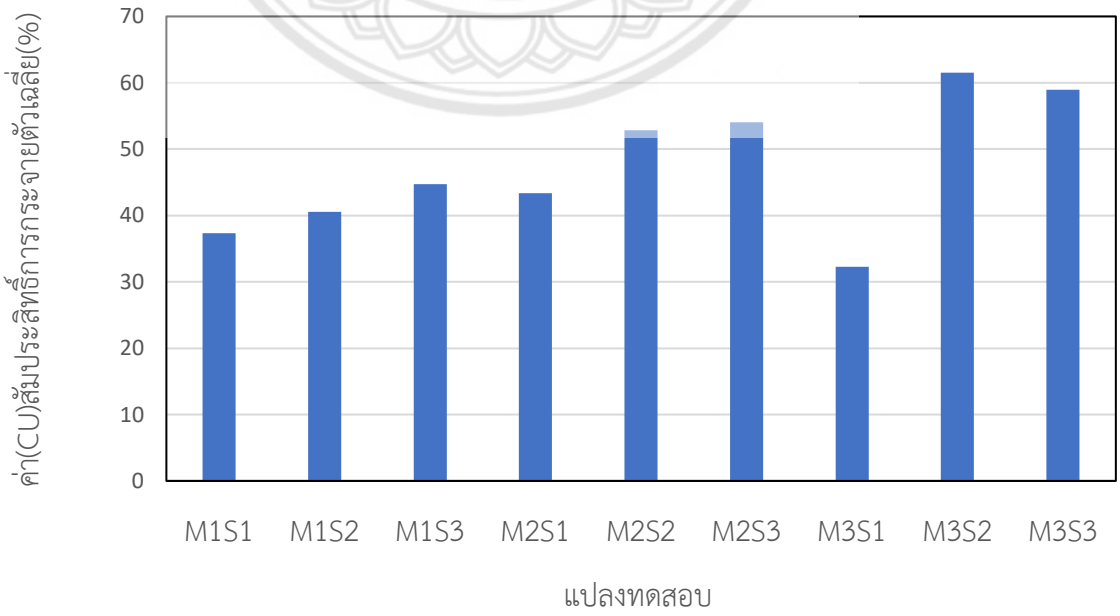
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของน้ำหนักโดยเฉลี่ยแต่ขนาด

จากรูปที่ 4.10 พบว่าราวใบมีดรูปแบบที่ 1 (ราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหน้า) และราวใบมีดแบบที่ 3 (ราวใบมีดแบบเกลียว) มีประสิทธิภาพในการสับที่ดีและใกล้เคียงกัน ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที เนื่องมาจากราวใบมีดรูปแบบที่ 1 (ราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหน้า) มีลักษณะในการเรียงใบมีดแบบหัวหันจรวดไปทางด้านหน้า ทำให้ลักษณะการทำงานเริ่มจากสับจากด้านข้างและรวมเข้าตรงกลางทำให้สับฟางได้อย่างต่อเนื่องและละเอียด และราวใบมีดแบบที่ 3 (ราวใบมีดแบบเกลียว) เช่นกันที่สามารถสับได้ละเอียดใกล้เคียงกับรูปแบบที่ 1 (ราวใบมีดแบบหันหัวจรวดไปทางด้านหน้า) เนื่องมาจากรูปแบบการเรียงใบมีดลักษณะเป็นเกลียวทำให้สับฟางได้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ดังนั้นทั้ง 2 รูปแบบจึงมีประสิทธิภาพที่ได้ใกล้เคียงกัน ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที เนื่องจากคณะผู้วิจัยต้องการรูปแบบที่ดีที่สุดสำหรับเครื่องต้นแบบเพียงรูปแบบเดียว จึงนำ

ประสิทธิภาพในการกระจายฟางเข้ามาร่วมพิจารณาร่วมด้วย โดย ณ ที่นี่จะพิจารณาประสิทธิภาพในการกระจายฟางด้วยค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวเฉลี่ย(CU) ผลดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.2 ตารางค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวเฉลี่ย

แปลงทดสอบ	ค่า (CU) สัมประสิทธิ์การกระจายตัวเฉลี่ย (ร้อยละ)
M1S1	37.32
M1S2	40.53
M1S3	44.70
M2S1	43.36
M2S2	52.81
M2S3	54.05
M3S1	32.27
M3S2	61.50
M3S3	58.96



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวเฉลี่ย

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.11 พบว่าราวใบมีดรูปแบบที่ 3 (ราวใบมีดแบบเกลียว) ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที สามารถกระจายฟางได้อย่างสม่ำเสมอกว่ารูปแบบอื่น สังเกตจากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.11 ราวใบมีดรูปแบบที่ 3 (ราวใบมีดแบบเกลียว) ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวเฉลี่ยร้อยละ 61.50 ซึ่งมากกว่ารูปแบบอื่นเนื่องมากจากรูปแบบการเรียงใบมีดแบบเกลียว ทำให้สามารถกระจายฟางหลังสับได้อย่างสม่ำเสมอเนื่องมาจากการหมุนราวใบมีดเป็นเกลียว ทำให้ลำเลียงฟางออกทางด้านท้ายเครื่องได้อย่างต่อเนื่อง และทำได้ดีที่สุดที่รอบ 1500 รอบต่อนาที

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 คุณลักษณะเครื่องต้นแบบเครื่องสับฟางในนาข้าว

เครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ เพลาราวใบมีดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างปลายใบมีดสองด้าน 500 มิลลิเมตร ความยาวของเพลาราวใบมีด 2000 มิลลิเมตร ซึ่งมีคุณลักษณะต่าง ๆ ดังตารางที่ 5.1 มีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน คือ โครง ชุดเกียร์ทด ชุดส่งกำลัง ล้อเหล็กกันจม และเพลาราวใบมีด ซึ่งประกอบด้วย จานใบมีด ใบมีดตรง และใบมีดหักเอียงทำมุม 145 องศา หลักการทำงาน ต้นกำลังมาจากรถแทรกเตอร์ ส่งผ่านมายัง PTO เพื่อทดเพิ่มรอบที่ชุดเกียร์ โดยชุดเกียร์มีอัตราทด 1:1.16 จากนั้นส่งผ่านไปยังมู่เล่ย์ทั้ง 3 ขนาดคือ 10 12 และ 14 นิ้ว และส่งต่อผ่านสายพานไปยังมู่เล่ย์ 4 นิ้วซึ่งติดกับเพลาราวใบมีด ทำให้ได้รอบ 1250 1500 และ1750 รอบต่อนาที ตามลำดับ ด้วยรอบเพลาราวใบมีดที่สูง ทำให้ใบมีดตรงซึ่งมีหน้าที่สับฟางข้าวที่อยู่ด้านบนตอซัง และใบมีดหักเอียงทำมุม 145 องศา ทำหน้าที่ตัดตอซังข้าวที่เหลืออยู่จากการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้ฟางและตอซังมีขนาดสั้นลงก่อนจะพ่นออกไปในแปลงเหมือนเดิม

ตารางที่ 5.1 คุณลักษณะต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบเครื่องสับฟางในนาข้าว

คุณลักษณะของเครื่อง	
ขนาดอุปกรณ์ เส้นผ่านศูนย์กลางปลายใบมีด x ยาว	 500 x 2000 มม.
ระบบส่งกำลัง เกียร์ทด เพลา PTO ขนาดของมู่เล่ย์เพลาใบมีด	 1 : 1.16 430 rpm 4 นิ้ว

ตารางที่ 5.1 คุณลักษณะต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบเครื่องสับฟางในนาข้าว (ต่อ)

ความเร็วรอบของราวใบมีด - ขนาดของมู่เลย์ขับเพลาใบมีด 10 นิ้ว - ขนาดของมู่เลย์ขับเพลาใบมีด 12 นิ้ว - ขนาดของมู่เลย์ขับเพลาใบมีด 14 นิ้ว	 1250 rpm 1500 rpm 1750 rpm
ใบมีดตรง กว้าง × ยาว หนา	 70 × 170 มม. 6 มม.
ใบมีดหักเอียงทำมุม 145 องศา กว้าง × ยาว หนา	 70 × 160 มม. 10 มม.

5.1.2 ผลจากการทดลองเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพและความสามารถในการสับฟางในนาข้าว ปรากฏว่าเครื่องต้นแบบสามารถสับฟาง และตัดตอซังได้จริง ในแปลงทดสอบที่มีสภาพแวดล้อมตามความเป็นจริง ที่เกษตรกรได้ทำการปลูกและเก็บเกี่ยวโดยใช้รถเกี่ยวนวดข้าว

5.1.3 ข้อสรุปตัวแปรในการทดลอง

เมื่อพิจารณาเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบสามารถสับฟางและกระจายฟางได้ดีที่สุดในราวใบมีดแบบที่ 3 (ราวใบมีดแบบเกลียว) ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา เนื่องมาจากการเรียงใบมีดเป็นเกลียว ลักษณะการทำงานของราวใบมีดจึงหมุนเป็นเกลียว ทำให้สับฟางได้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ทำให้ฟางละเอียดและสั้นกว่า 3.5 เซนติเมตรที่ร้อยละ 45.57 ของน้ำหนักรวมฟางหลังสับทั่วทั้งแปลงทดสอบ และเนื่องมาจากการเรียงใบมีดเป็นเกลียวทำให้การลำเลียงฟางออกทางท้ายเครื่องเป็นไปอย่างต่อเนื่อง จึงกระจายฟางได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งแปลงทดสอบ และมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวเฉลี่ยที่ร้อยละ 61.50 ซึ่งมากกว่ารูปแบบอื่น และความเร็วรอบอื่น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ถ้าสามารถเพิ่มความเร็วของราวใบมีดให้มากกว่านี้ได้ ประสิทธิภาพของเครื่องก็จะเพิ่มขึ้น

5.2.2 ถ้าสามารถลดน้ำหนักของเครื่องสับฟางในนาข้าวได้ ก็จะสามารถนำไปใช้กับรถไถขนาดเล็กได้

5.2.3 ทำการประกอบหรือเชื่อมตัวโครงให้ดี เพื่อป้องกันเครื่องสั่นเวลาทำงาน

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2560). **ศูนย์ป้องกันและแก้ไขปัญหาด้านการเกษตร**. สืบค้นเมื่อ 18 เม.ย. 2562, http://www.ldd.go.th/www/lek_web/

ขุนเพชร แก้วมุ้ย. (2556). **เทคนิคการกำจัดวัชพืชบนคันนาด้วยฟางข้าว**. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2561, https://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=6137&s=tblrice

เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง. (2550). **พัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร**. วิทยานิพนธ์ประกาศนียบัตรชั้นสูง. สถาบันพระปกเกล้า, กรุงเทพมหานคร. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2561

ณัฐพล แสงสุวรรณ และวัจน์ศิริ โพธิ์ชาธาร. (2547). **เครื่องตัดและลำเลียงต่อซัง**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2561

เทวรัตน์ ตรีอำนรรค. (2555). **การใช้ประโยชน์จากฟางข้าว กรณีศึกษาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลผลิตทางการเกษตร**. วิทยานิพนธ์ กศ.ด., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2561

ดร.เธียรศักดิ์ ชูชีพ และดร.นริศรา มหาธนินวงศ์. (2557). **การปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าใบตัดหญ้าสำหรับเครื่องตัดหญ้าสะพาย**. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2561

บ้านพอเพียง อุดมสุข. (2561). **การเลือกใช้ใบตัดหญ้าแบบต่างๆวิธีเปลี่ยนใบตัดหญ้าและการอัดจารบีเพื่อหล่อลื่น**. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561, จาก https://www.youtube.com/watch?v=ZPq13s8lSzc

บริษัท เค.ไทย โกลเด้น มาร์ จำกัด. **Multi Purpose Shredder เครื่องสับย่อยอเนกประสงค์**. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561, จาก https://kthaicon.com

พัสกร บุญศรีพรชัย. (2560) **ใบเลื่อยวงเดือน GLOBE 10นิ้ว x 24**. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561, จาก http://jcmart1998.lnwshop.com

พิทวัส วิชัยดิษฐ, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และลิลลี่ กาวีต๊ะ. (2553). **ผลของสารสกัดจากฟางข้าวต่อการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชและพืชปลูกบางชนิด**. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2561

แมสซีย์ เฟอร์กูซัน สุโขทัย กำแพงเพชร. **MF6712 CAB 122 แรงม้า**. สืบค้นเมื่อ 8 ธันวาคม 2561, จาก https://www.facebook.com

รายวิชา พง 424 การจัดการพลังงานในภาคเกษตรกรรม. **การใช้พลังงานในระบบลดความชื้น**. สาขาวิชาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2561

วัวชมพู. (2551). **องศาของคมมีด**. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561, จาก https://pinkcow.wordpress.com

วิศวชิต กัสยากร. (2561). **เลือกใบตัดหญ้าแบบไหนดี?? จะเหมาะกับงานเรา เพื่อให้ประหยัดน้ำมัน ประหยัดเวลาและแรง**. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561, จาก https://www.youtube.com/watch?v=oYOSl_BgHsI

วิษณุศักดิ์ ศรีสุข, นิติภูมิ อุ่นอารมณ์, พร ปละใจ, ปิยรัตน์ ท่วมแก้ว และลักขิกา ใจกุม. (2557). **โครงงานการกักเก็บความชื้นของฟางข้าวในแปลงผักกาด**. โรงเรียนพิริยาลัย, แพร่. สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2561

สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. (2550). การไถกลบตอซัง เพิ่มอินทรียวัตถุและจุลินทรีย์ดิน. **เอกสารการถ่ายทอดเทคโนโลยี ชุดความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน**. สืบค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2561, จาก http://www.ldd.go.th/menu_Dataonline

สุภัทรา ขาวโต และวินัย กล้าจริง. (2552). **การออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นฟางสำหรับการทำอาหารผสม**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2561

อินแปง ดวงวงสา. (2553). **การจัดการฟางข้าวเพื่ออนุรักษ์ธาตุ N, P, และ K ในดินนาของประเทศลาว.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**,** อุบลราชธานี**.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2561

ANGLO-THAI. **Ferri TM47**. สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2561, จาก http://www.anglo-thai.com/th/

AUTORA Construction services. **จานยึดใบมีดตัดหญ้าสะพายบ่า พร้อมใบมีด 3 ใบ ขนาด 7-1/2.** สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561, จาก http://roomdividersandscreensbuy.carslist.co

D&B Shopping. **TRIM – NYLON จานตัดหญ้าสายเอ็น KANTO**. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561, จาก http://www.dandbshopping.com/TRIM%20%E2%80%93%20NYLON

Dick. (2550). **บทความเรื่องการลับมีด**. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561, จาก http://www.konrakmeed.com/webboard/upload/index.php?showtopic=836&hl=%BA%B7%A4%C7%D2%C1%E0%C3%D7%E8%CD%A7%A1%D2%C3%C5%D1%BA%C1%D5%B4

Louis T. Leonowens. **เครื่องตัดหญ้าสะพายบ่า 340M 4จังหวะ (ระบบ Easy Start)**. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561, จาก https://store.louist.co.th

PSP Mart. **เครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ชนิดเครื่องยนต์ CLP WC-155**. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561, จาก http://www.pspmart.com

Real Mart. **เครื่องตัดหญ้า**. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561, จาก https://realmartonline.com/

SHAKTIMAN. **Rotary Mulcher**. สืบค้นเมื่อ 8 ธันวาคม 2561, จาก https://www.shaktimanagro.com

Shop at 24. **ใบตัด**. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2561, จาก https://www.shopat24.com

ภาคผนวก ก

ผลการทดลองของเครื่องสับฟางในนาข้าว

ตารางที่ ก.1 น้ำหนักแต่ละความยาวของฟางหลังการสับ โดยใช้ราวใบมีดแบบ M1

แปลงทดสอบ	น้ำหนักแต่ละความยาว (L) หน่วยเซนติเมตร ของฟางหลังการสับ (กรัม)						
	2 > L < 3.5	3.5 > L < 7.07	7.07 > L < 10.6	10.6 > L < 14.14	14.14 > L < 21.21	L > 15	รวม
M1S1D2R1	151.88	122.53	75.72	74.91	75.01	183.8	683.85
M1S1D2R2	210.6	143.63	132.8	113.3	104.52	241.44	946.29
M1S1D2R3	185.32	100.52	83.4	86.08	116.74	178.32	750.38
M1S2D2R1	409.96	153.67	123.83	72.78	51.06	71.99	883.29
M1S2D2R2	206.07	190.07	113.79	73.69	102.47	174.55	860.64
M1S2D2R3	208.34	134.94	67.62	73.19	86.22	143.92	714.23
M1S3D2R1	208.19	164.95	110.67	67.41	106.14	66.41	723.77
M1S3D2R2	89.72	74.86	114.9	105.73	89.37	82.55	557.13
M1S3D2R3	114.42	70.83	37.59	48.86	31.58	74.89	378.17

ตารางที่ ก.2 น้ำหนักแต่ละความยาวของฟางหลังการสับ โดยใช้ราวใบมีดแบบ M2

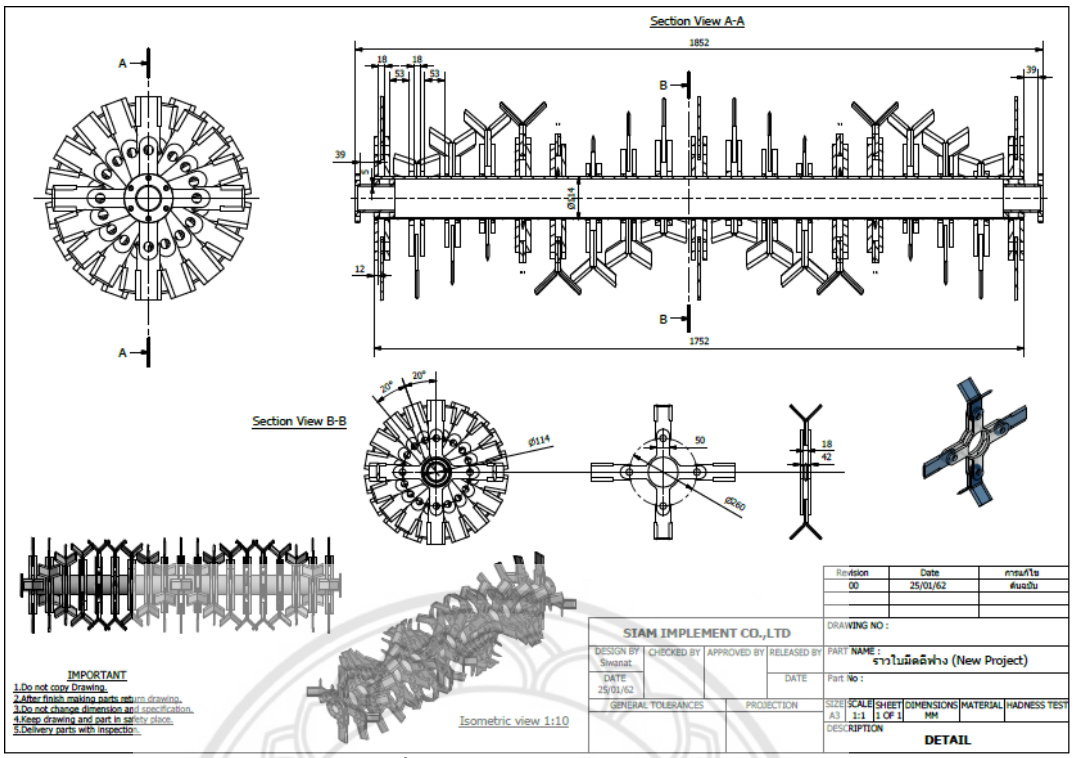
แปลงทดสอบ	น้ำหนักแต่ละความยาว (L) หน่วยเซนติเมตร ของฟางหลังการสับ (กรัม)						
	2 > L < 3.5	3.5 > L < 7.07	7.07 > L < 10.6	10.6 > L < 14.14	14.14 > L < 21.21	L > 15	รวม
M2S1D2R1	296.68	159.63	110.58	80.05	91.79	154.15	892.88
M2S1D2R2	196.35	98.1	128	110.33	106.26	103.99	743.03
M2S1D2R3	254.75	125.47	104.88	85.31	91.36	199.18	860.95
M2S2D2R1	165	95.8	168.8	77.94	88.83	33.88	630.25
M2S2D2R2	254.9	212.04	189	129.72	105.21	221.09	1111.96
M2S2D2R3	157.03	128.02	94.22	71.71	99.22	165.04	715.24
M2S3D2R1	220.98	136.39	62.56	66.09	52.83	100.02	638.87
M2S3D2R2	215.93	115.92	78.61	66.01	67.1	153.75	697.32
M2S3D2R3	214.94	111.11	71.97	41.75	59.35	50.58	549.7

ตารางที่ ก.3 น้ำหนักแต่ละความยาวของฟางหลังการสับ โดยใช้ราวใบมีดแบบ M3

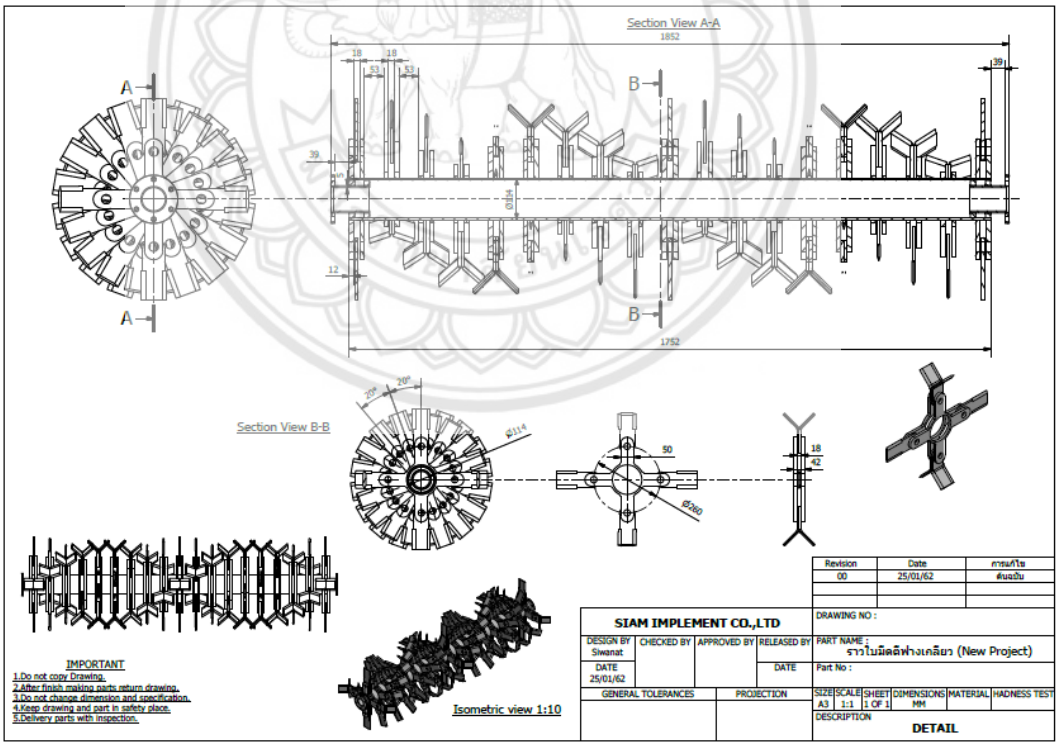
แปลงทดสอบ	น้ำหนักแต่ละความยาว (L) หน่วยเซนติเมตร ของฟางหลังการสับ (กรัม)						
	2 > L < 3.5	3.5 > L < 7.07	7.07 > L < 10.6	10.6 > L < 14.14	14.14 > L < 21.21	L > 15	รวม
M3S1D2R1	203.88	100.74	81.7	50.08	90.5	109.13	636.03
M3S1D2R2	172.88	99.37	107.24	87.41	115.34	294.66	876.9
M3S1D2R3	147.01	100.74	70.94	71.62	88.65	236.52	715.48
M3S2D2R1	321.01	116.02	68.92	59.6	71.44	67.51	704.5
M3S2D2R2	98.19	67.73	51.03	47.09	70.88	191.1	526.02
M3S2D2R3	236.78	122.29	83.4	112.37	103.2	197.02	855.06
M3S3D2R1	149.28	74.67	80.56	54.23	77.62	56.88	493.24
M3S3D2R2	178.49	129.62	95.02	65.94	54.07	130.11	653.25
M3S3D2R3	247.2	110.67	93.41	67.76	55.38	159.42	733.84

ภาคผนวก ข

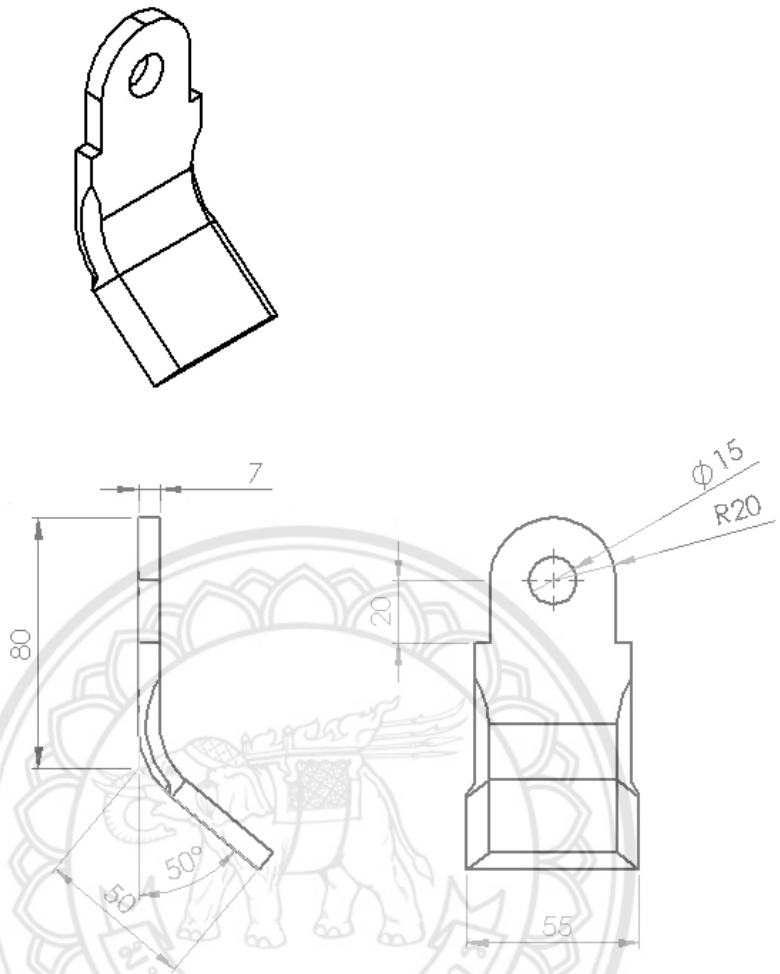
แบบราวใบมีดเครื่องสับฟางในนาข้าว



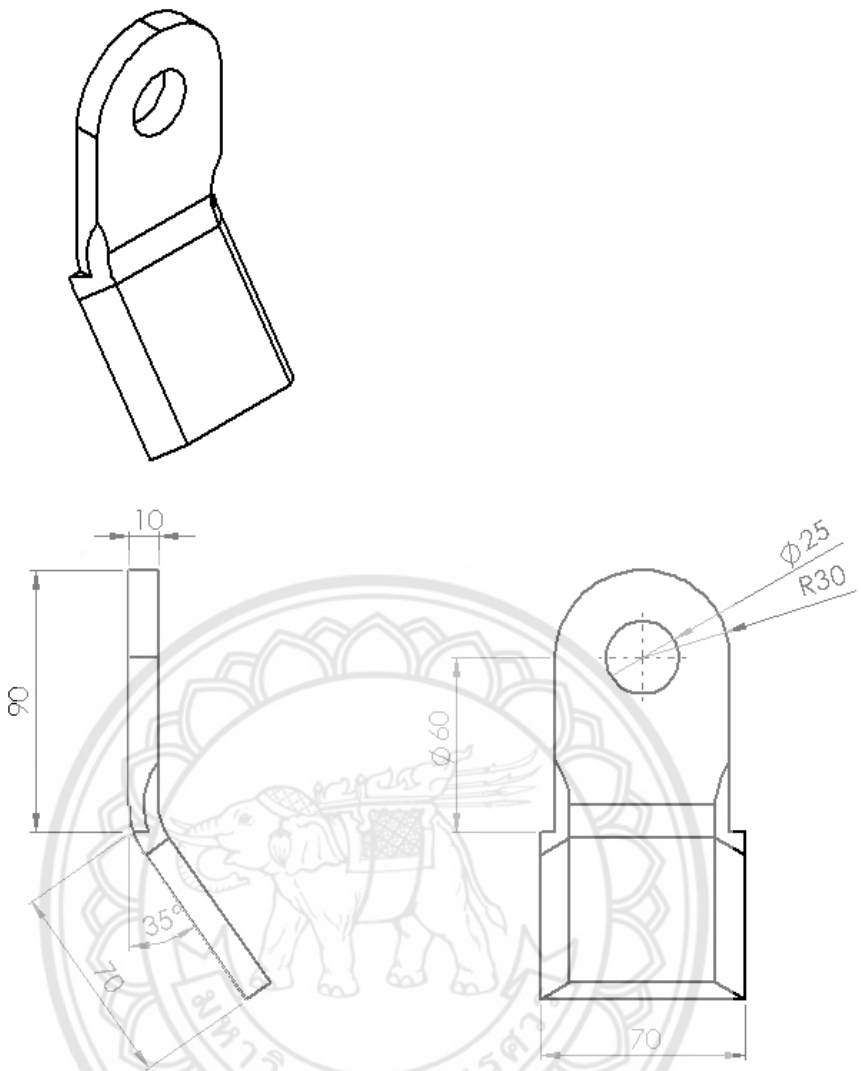
รูปที่ ข.1 แบบราวใบมีดหัวจรวด



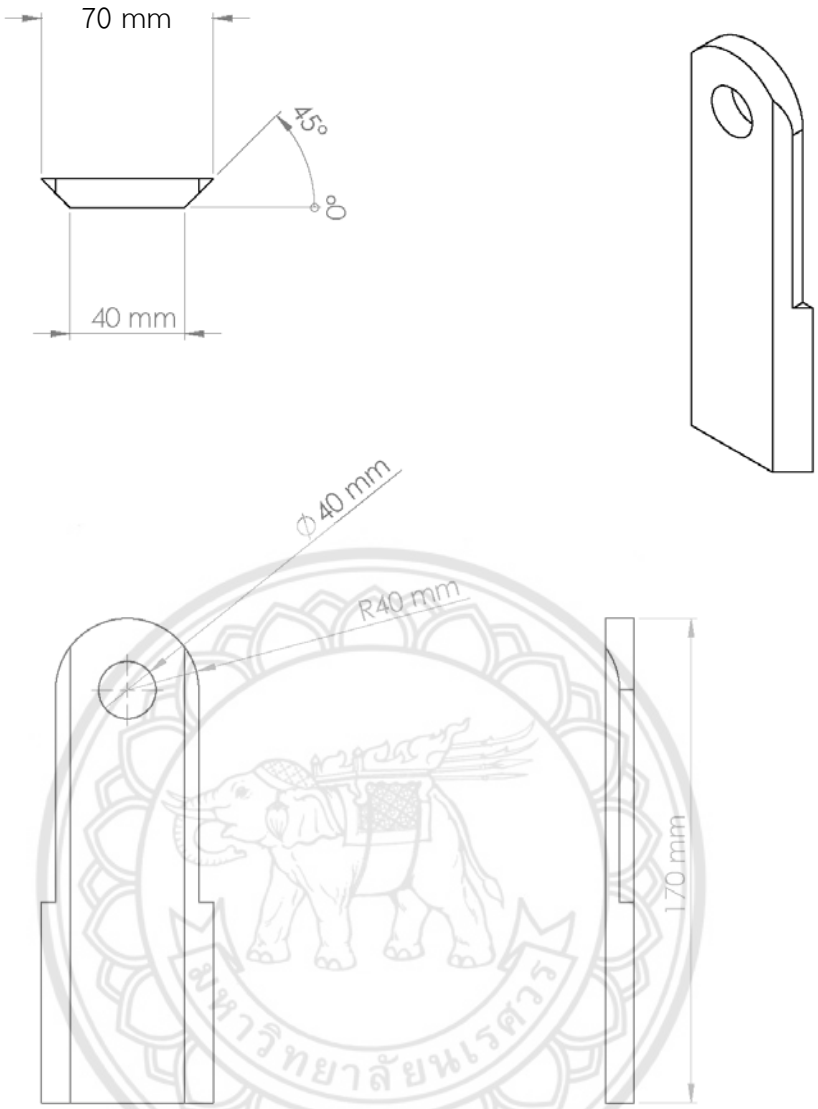
รูปที่ ข.2 แบบราวใบมีดเกลียว



รูปที่ ข.3 แบบใบมีดหักเอียงทำมุม 130 องศายี่ห้อ FERRI



รูปที่ ข.4 แบบใบมีดหักเอียงทำมุม 145 องศายี่ห้อ SHAKTIMAN

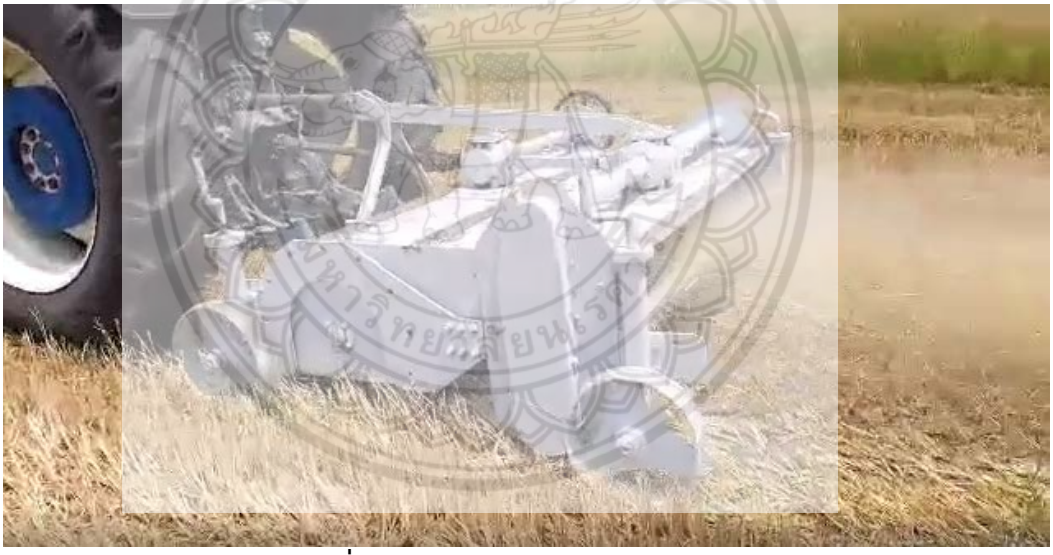


รูปที่ ข.5 แบบใบมีดตรงยี่ห้อ SHAKTIMAN

รูปที่ ข.6 โครงเครื่องสับฟางในนาข้าว

รูปที่ ข.7 ภายในตัวเครื่องสับฟางในนาข้าวต้นแบบ

รูปที่ ข.8 จัดแถวในการทดลอง



รูปที่ ข.9 ขณะทำการทดสอบในแปลงนา

รูปที่ ข.10 แปลงก่อนการสับ

รูปที่ ข.11 แปลงหลังการสับ