การพัฒนาชุดสับฟางสำหรับติดรถเกี่ยวนวดข้าว (ระยะที่ 2)

Development of straw chopper with combine harvester (Phase II)

นาย พชรพฤก เทวาประสาทพร รหัสนิสิต 60363136

นาย เมธาวี ลอยหา รหัสนิสิต 60363792

นาย สักจพัฒธ์ ผิวอ่อนดี รหัสนิสิต 60365024

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2564

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การพัฒนาชุดสับฟางสำหรับติดรถเกี่ยวนวดข้าว ระยะที่ 2

ผู้ดำเนินโครงงาน นาย พชรพฤก เทวาประสาทพร รหัสนิสิต 60363136

นาย เมธาวี ลอยหา รหัสนิสิต 60363792

นาย สักจพัฒธ์ ผิวอ่อนดี รหัสนิสิต 60365024

ที่ปรึกษาโครงงาน ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2564

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญา**นันท์**)

.....กรรมการ

(ผศ.ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

.....กรรมการ

(ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน การพัฒนาชุดสับฟางสำหรับติดรถเกี่ยวนวดข้าว (ระยะที่ 2)

ผู้ดำเนินโครงงาน นาย พชรพฤก เทวาประสาทพร รหัสนิสิต 60363136
นาย เมธาวี ลอยหา รหัสนิสิต 60363792
นาย สักจพัฒธ์ ผิวอ่อนดี รหัสนิสิต 60365024

ที่ปรึกษาโครงงาน ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2564

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดทดสอบการสับฟาง ชุดทดสอบการสับฟางต้นแบบมีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ 1) โครงสร้างหลัก 2) ชุดถ่ายทอดกำลัง 3) ชุดใบมีดสะดุด และ 4) เพลาราวใบมีด ประกอบด้วยจานใบมีดและใบมีดตรง ลักษณะคมมีดเป็นแบบ Chiesel Grinding หรือคมแบบสิ่ว ขนาด กว้าง 49 มิลลิเมตร x ยาว 150 มิลลิเมตร x หนา 4 มิลลิเมตร ชุดจานใบมีดแต่ละชุดประกอบด้วยใบมีดตรง 4 ใบ ร้อยด้วยสลักเข้ากับจานใบมีด ขนาดเส้นศูนย์กลางระหว่างปลายใบมีดสองด้าน 480 มิลลิเมตร จานใบมีดแต่ละชุดวางตัวบิดทำมุม 22.5 องศาบนเพลาราวใบมีดยาว 800 มิลลิเมตร ใช้เครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวขนาด 12 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ส่งกำลังผ่านสายพานไปที่เพลาราวใบมีด ทำการทดสอบรูปแบบการจัดเรียงใบมีดแบบใบสับเดี่ยวและใบสับคู่ ที่ระยะห่างระหว่างจานใบมีด 5 10 และ 15 เซนติเมตร และที่ความเร็วรอบของเพลาราวใบมีด 1300 1500 และ 1700 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าชุดใบมีดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร แบบใบสับเดี่ยว ที่ความเร็วรอบเพลาราวใบมีด 1700 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพในการสับย่อยฟางสูงสุด สามารถสับย่อยฟางข้าวให้เหลือความยาวเฉลี่ย 11.4 เซนติเมตร

Project title	Development of straw chopper with combine harvester (Phase II)		
Name	Mr. Pacharapuek	Tevaprasatporn	ID. 60363136
	Mr. Mathawee	Loyha	ID. 60363792
	Mr. Sakjapat	Peawonde	ID. 60365024
Project advisor	Asst. Prof. Dr. Rattana	Karoonboonyanan	
Major	Mechanical Engineering		
Department	Mechanical Engineering		
Academic year	2021		

Abstract

The objectives of this project were to design and develop the straw chopper testing machine. The prototype of the straw chopper consists of 4 parts: 1) main structure, 2) power transmission, 3) stationary blade and 4) rotor, having knife flanges and knife blades. The knife blades were chisel grinding type with 49 mm width x 150 mm length x 4 mm thickness. Each knife flange carried four knife blades by the pivot pin. The outside diameter of rotor was 480 mm at blade tips and each adjacent knife flanges had their twist angle of 22.5 degree apart. The rotor shaft, with 800 mm length, was driven by 12-hp Diesel engine via V-belts. The experiments were studied on the arrangements of knife blades, as single or double blades; with stationary blades spacing of 5, 10 and 15 cm, and operating rotor speed of 1300, 1500 and 1700 rpm. The result showed that the stationary blade spacing of 5 cm with single blade model and operating at 1700 rpm fond the lowest average chopped straw length of 11.4 cm.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณบุคคลที่ได้ให้คำแนะนำชี้แนะแนวทาง ให้ความช่วยเหลือและให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินโครงงานนี้จนประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

บิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจ ส่งเสียเลี้ยงบุตรและสนับสนุนผลักดันจนสำเร็จการศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาที่มีประสิทธิภาพ และบุคคลที่ให้ความช่วยเหลือในด้านข้อมูลคือ ผศ.ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ และ ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์ ที่ให้ข้อเสนอแนะทำให้งานมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ขอขอบคุณ บริษัท เกษตรพัฒนาอุตสาหกรรมจำกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านการอำนวยความสะดวกในการจัดหาพื้นที่และจัดหารถเกี่ยวนวดข้าวเพื่อช่วยในการทดลองตลอดจนเป็นแรงงานช่วยเหลือในด้านการเก็บข้อมูลในนาข้าวสมาชิกกลุ่มและเพื่อนทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

สุดท้ายนี้กลุ่มผู้จัดทำโครงงาน ขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยจงช่วยเหลือคุ้มครองปกปักรักษาบุคคลเหล่านี้ด้วยเทอญ

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฌ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน	3
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ	3
1.5 ขอบเขตการดำเนินการของโครงงาน	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 สถานที่ในการดำเนินโครงการ	3
1.8 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
1.9 แผนการดำเนินงาน	6
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ฟางข้าว	8
2.2 รถเกี่ยวนวดข้าว	11
2.3 เครื่องสับย่อยและใบมีดสับรูปแบบต่าง ๆ	26
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 สมการที่เกี่ยวข้อง	46
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 การศึกษาลักษณะความยาวของฟางข้าว	47
3.2 การออกแบบชุดสับฟาง	47
3.3 การสร้างชุดทดสอบ	51
3.4 ชุดส่งถ่ายกำลัง	51
3.5 การทดสอบภาคสนามเพื่อหาสมรรถนะและความสามารถของชุดสับฟางต้นแบบ	52
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล	
4.1 ผลการศึกษาลักษณะความยาวของฟางข้าว	57
4.2 ผลจากการทดสอบภาคสนาม	57
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	60
5.2 ข้อเสนอแนะ	60
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก ก ผลการทดสอบชุดสับฟางสำหรับรถเกี่ยวนวดข้าว	66
ภาคผนวก ข แบบชุดทดสอบการสับฟาง	73
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	78

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน 6

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของฟางข้าว 8

ตารางที่ 2.2 ธาตุอาหารที่ได้จากฟางข้าวจำนวน 1 ตัน 9

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลจำเพาะของตัวอย่างรถเกี่ยวนวดข้าวที่มีอยู่ในประเทศไทย 22

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลจำเพาะของตัวอย่างรถเกี่ยวนวดข้าวในต่างประเทศ 24

ตารางที่ 2.5 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับย่อยกิ่งไม้และใบไม้ รุ่น MAE – 11DA – 001H 27

ตารางที่ 2.6 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับย่อยอเนกประสงค์ รุ่น 3.0 28

ตารางที่ 2.7 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องย่อยกิ่งและไม้ใบไม้ Talon HSG2000 29

ตารางที่ 2.8 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว New Holland 31

ตารางที่ 2.9 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว John Deere 32

ตารางที่ 2.10 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว DEUTZ FAHR 33

ตารางที่ 2.11 ข้อดีและข้อเสียของ straw chopper blade kit 34

ตารางที่ 2.12 ข้อดีและข้อเสียของใบมีดเครื่องตัดหญ้าแบบหมุน 35

ตารางที่ 2.13 ข้อดีและข้อเสียของ Kondex Corp. Straw Claw Chopper Blades 36

ตารางที่ 2.14 ข้อดีและข้อเสียของ The Schumacher straw chopper knife 37

ตารางที่ 2.15 ข้อดีและข้อเสียของ Knife Kit Straw Chopper 37

ตารางที่ 2.16 ข้อดีและข้อเสียของ Chopping drum for a forage harvester 40

ตารางที่ 2.17 ข้อดีและข้อเสียของ Forage harvester blower 43

ตารางที่ 2.18 ผลการตรวจวัดพารามิเตอร์ที่ใช้สร้างสมการและทำนายความสูญเสียจากระบบการนวด 45

ตารางที่ 3.1 ขนาดของตะแกรง 56

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาลักษณะความยาวของฟางข้าว 57

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ก.1 ผลการศึกษาลักษณะความยาวของฟางข้าว 67
ตารางที่ ก.2 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักฟางข้าวหลังผ่านชุดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร ใบสับเดี่ยว แบ่งตามความยาว 68
ตารางที่ ก.3 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักฟางข้าวหลังผ่านชุดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร ใบสับคู่ แบ่งตามความยาว 68
ตารางที่ ก.4 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักฟางข้าวหลังผ่านชุดสับฟางระยะห่าง 10 เซนติเมตร ใบสับเดี่ยว แบ่งตามความยาว 69
ตารางที่ ก.5 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักฟางข้าวหลังผ่านชุดสับฟางระยะห่าง 10 เซนติเมตร ใบสับคู่ แบ่งตามความยาว 69
ตารางที่ ก.6 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักฟางข้าวหลังผ่านชุดสับฟางระยะห่าง 15 เซนติเมตร ใบสับเดี่ยว แบ่งตามความยาว 70
ตารางที่ ก.7 ตารางบันทึกค่าน้ำหนักและเวลาที่ใช้ในการป้อนฟาง 70

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ฟางข้าวจากการเกี่ยวและนวดด้วยมือ 9

รูปที่ 2.2 ฟางข้าวจากการเกี่ยวด้วยมือและนวดด้วยเครื่องนวด 10

รูปที่ 2.3 ฟางข้าวจากรถเกี่ยวนวดข้าว 11

รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบที่สำคัญของรถเกี่ยวนวดข้าวไทยในมุมมองด้านขวาของตัวรถ 12

รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบที่สำคัญของรถเกี่ยวนวดข้าวไทยในมุมมองด้านขวาของตัวรถ 12

รูปที่ 2.6 เครื่องยนต์ต้นกำลังของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว 13

รูปที่ 2.7 ชุดช่วงล่าง 13

รูปที่ 2.8 มอเตอร์ไฮดรอลิกขับเคลื่อน 14

รูปที่ 2.9 ชุดหัวเกี่ยว 15

รูปที่ 2.10 ชุดนวด 15

รูปที่ 2.11 ระบบนวดแบบไหลขวางแกน 16

รูปที่ 2.12 ลักษณะการวางลูกนวดแบบไหลขวางแกนในรถเกี่ยวนวดข้าว JOHN DEERE 16

รูปที่ 2.13 ระบบนวดแบบไหลตามแกน 17

รูปที่ 2.14 ลักษณะการวางลูกนวดแบบไหลตามแกนในรถเกี่ยวนวดข้าว Claas 17

รูปที่ 2.15 ระบบนวดแบบไหลผสม 18

รูปที่ 2.16 ลักษณะระบบนวดแบบไหลผสม 18

รูปที่ 2.17 ตะแกรงทำความสะอาด 19

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.18 ชุดคอลำเลียง 20

รูปที่ 2.19 ชุดเกลียวลำเลียงข้าวเปลือกหลังทำความสะอาด 20

รูปที่ 2.20 ชุดเกลียวลำเลียงกลับไปนวดซ้ำ 21

รูปที่ 2.21 รถเกี่ยวนวดข้าวเกษตรพัฒนา รุ่นจ้าวช้างไวไฟ KPH-22T 23

รูปที่ 2.22 รถเกี่ยวนวดข้าวไทยเส็งยนต์ รุ่นเดี่ยวทรนงจ้าวพายุ 4.0 23

รูปที่ 2.23 รถเกี่ยวนวดข้าวศักดิ์พัฒนา รุ่นเคเอ็ม - เอเอ็มที 23

รูปที่ 2.24 รถเกี่ยวนวดข้าว JOHN DEERE S790 25

รูปที่ 2.25 รถเกี่ยวนวดข้าว New Holland CR10.90 25

รูปที่ 2.26 รถเกี่ยวนวดข้าว DEUTZ-FAHR C9000 series 25

รูปที่ 2.27 รถเกี่ยวนวดข้าว Claas LEXION 780 26

รูปที่ 2.28 เครื่องสับย่อยกิ่งไม้และใบไม้ รุ่น MAE – 11DA – 001H 27

รูปที่ 2.29 เครื่องสับย่อยอเนกประสงค์ รุ่น 3.0 28

รูปที่ 2.30 เครื่องย่อยกิ่งและไม้ใบไม้ Talon HSG2000 29

รูปที่ 2.31 เครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว New Holland 30

รูปที่ 2.32 เครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว John Deere 32

รูปที่ 2.33 เครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว DEUTZ FAHR 33

รูปที่ 2.34 straw chopper blade kit 34

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.35 ใบมีดเครื่องตัดหญ้าแบบหมุน 35

รูปที่ 2.36 Kondex Corp. Straw Claw Chopper Blades 35

รูปที่ 2.37 The Schumacher straw chopper knife 36

รูปที่ 2.38 Knife Kit Straw Chopper 37

รูปที่ 2.39 แผนภาพมุมมองด้านข้างของเครื่องเก็บเกี่ยวอาหารสัตว์ 38

รูปที่ 2.40 ใบมีดสับของชุดสับย่อย 39

รูปที่ 2.41 มุมมองส่วนขยายของใบมีดที่ติดอยู่กับแท่นรอง 39

รูปที่ 2.42 ภาพด้านข้างของเครื่องเก็บเกี่ยวอาหารสัตว์ 41

รูปที่ 2.43 ภาพมุมตัดตามแนวตั้งของส่วนเป่าลม 41

รูปที่ 2.44 มุมมองด้านล่างของส่วนเป่าลม 41

รูปที่ 2.45 ภาพมุมบนของชุดใบพัดเป่าลม 42

รูปที่ 2.46 ภาพมุมข้างของชุดใบพัดเป่าลม 42

รูปที่ 2.47 การสูญเสียเมล็ดข้าวจากระบบการนวด 44

รูปที่ 3.1 ชุดใบมีดสับฟาง 48

รูปที่ 3.2 ชุดใบมีดสะดุด 48

รูปที่ 3.3 การจัดเรียงชุดจานใบมีดสับระยะห่าง 10 เซนติเมตร 49

รูปที่ 3.4 รูปแบบการจัดเรียงใบมีดตัดแบบคู่และใบมีดตัดแบบเดี่ยว 49

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.5 การจัดเรียงชุดใบมีดสะดุดของชุดสับฟาง 50

รูปที่ 3.6 ใบมีดตรง 50

รูปที่ 3.7 โครงสร้างและส่วนประกอบของชุดทดสอบการสับฟาง 51

รูปที่ 3.8 ชั่งน้ำหนักฟางข้าวด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบแขวน 53

รูปที่ 3.9 วัดความยาวฟางเพื่อหาความยาวก่อนสับ 54

รูปที่ 3.10 ตัวอย่างฟางหลังสับ 54

รูปที่ 3.11 เปลี่ยนชุดสับฟางตามตัวแปรที่กำหนด 55

รูปที่ 3.12 ตัวอย่างชุดทดสอบการสับฟาง 55

รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงความยาวเฉลี่ยฟางข้าวหลังผ่านชุดสับ 58

รูปที่ ก.1 แผนภูมิแสดงน้ำหนักฟางข้าวหลังผ่านชุดสับฟาง 72

รูปที่ ข.1 ชุดใบมีดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร 74

รูปที่ ข.2 ชุดใบมีดสับฟางระยะห่าง 10 เซนติเมตร 74

รูปที่ ข.3 ชุดใบมีดสับฟางระยะห่าง 15 เซนติเมตร 75

รูปที่ ข.4 ชุดใบมีดสะดุดระยะห่าง 10 เซนติเมตร 75

รูปที่ ข.5 ชุดรางใบมีดสะดุด 76

รูปที่ ข.6 แผ่นเหล็ก cover blade 76

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ ข.7 ตัวครอบชุดทดสอบส่วนบน 77

รูปที่ ข.8 ตัวครอบชุดทดสอบส่วนบน 77

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
a	= ขนาดของพื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง	m^2
N	= จำนวนแปลงย่อยที่เก็บข้อมูล	-
y	= ปริมาณฟางใน 1 ไร่	kg
X	= ปริมาณฟางในพื้นที่เก็บตัวอย่าง	kg
X_i	= น้ำหนักของฟางในแปลงย่อย	kg
$\overline{X}$	= น้ำหนักเฉลี่ยของฟาง	kg
$\dot{m}$	= อัตราการไหลเชิงมวล	kg/s
m	= มวลของฟาง	kg
t	= ระยะเวลาที่ทำการทดสอบ	s

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ข้าวถือเป็นพืชอาหารหลักของคนไทยมาช้านาน และยังเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศที่มีอัตราการส่งออกสูงเป็นอันดับ 2 ของโลก รองจากประเทศอินเดีย (Posttoday, 2562) และเหตุผลที่ข้าวได้รับการส่งออกมากขนาดนี้เพราะว่าบางประเทศไม่ค่อยมีพื้นที่ทำการเกษตร หรืออีกหนึ่งตัวอย่างเช่นประเทศจีน ที่มีประชากรมาก ทำให้ข้าวไม่เพียงพอต่อการบริโภค ประเทศไทยในปี 2561 มีพื้นที่ในการเพาะปลูกข้าวนาปรังทั้งหมด 12,068,980 ไร่ และมีพื้นที่ปลูกข้าวนาปีทั้งหมด 59,980,731 ไร่ ได้ผลผลิตรวมกว่า 33 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ส่งผลให้เกิดฟางข้าวที่ได้หลังจากการนวดข้าวประมาณ 36.6 ล้านตันต่อปี (กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2560)

ปัจจุบัน มีการใช้งานรถเกี่ยวข้าวอย่างแพร่หลายซึ่งฟางที่เหลือทิ้งจากตัวรถนั้นบางส่วนนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ ในขณะที่บางส่วนนั้นต้องเผาทิ้ง ดังนั้น จึงต้องมีการศึกษาหาแนวทาง การพัฒนาเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆ ให้เกิดประโยชน์ต่อตัวเกษตรกร และเพื่อให้สามารถใช้งานได้หลากหลาย รวมทั้งเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากการเผาทำลายฟางส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศ อาทิ เขม่าควัน เถ้า ฝุ่นละออง โดยผลพวงจากการเผาไหม้เหล่านี้สามารถแพร่กระจายออกไปในอากาศเป็นวงกว้าง ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญและบดบังทัศนะวิสัยจนอาจเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุบนท้องถนนหรือเป็นต้นเหตุของการเกิดไฟป่าได้ (องค์การบริหารส่วนตำบลดอนเมย, 2563) แต่ถ้าไม่ทำการเผาฟางก่อนการเตรียมดินฟางข้าวจะติดสะสมกับใบผานไถหรือโรตารี่ตีดินจึงเป็นปัญหาต่อเกษตรกรอย่างมาก เกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่มีการจัดการที่ดีและเหมาะสมเท่าที่ควรจึงเลือกใช้วิธีการเผาทำลาย (กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป.) ส่งผลให้พื้นที่เพาะปลูกเกิดการเสื่อมโทรม เพราะการเผาฟางข้าวจะเผาผลาญอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดิน ทำลายโครงสร้างดินที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชลงอย่างต่อเนื่องทุกปี ก่อให้เกิดเขม่าควัน เถ้า ฝุ่นละออง ก๊าซพิษ ส่งผลเสียต่อสุขภาพ

ละสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการเสียสมดุลธรรมชาติ อากาศร้อนขึ้น และสามารถใช้เป็นข้อบังคับในการกีดกันทางการค้าระหว่างประเทศได้ (องค์การบริหารส่วนตำบลดอนเมย, 2563) ในทางกลับกันถ้าเกษตรกรมีการจัดการกับฟางข้าวอย่างถูกวิธี โดยการสับย่อยฟางข้าว จะส่งผลให้ง่ายต่อการเตรียมดิน เมื่อฟางข้าวที่ถูกสับย่อยแล้วถูกไถกลบลงไปในดินจะเกิดกระบวนการย่อยสลายซึ่งจะกลายเป็นแหล่งอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืชถึงแม้ปริมาณธาตุอาหารจะไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี แต่จะมีธาตุอาหารครบถ้วนตามที่พืชต้องการทั้งธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน 0.51 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.14 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 1.55 เปอร์เซ็นต์) ธาตุอาหารรอง (แคลเซียม 0.47 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 0.25 เปอร์เซ็นต์ และ กำมะถัน 0.17 เปอร์เซ็นต์) และจุลธาตุ (เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดินัม และคลอรีน) (สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, ม.ป.ป) และจะเป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว นอกจากนี้ยังช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุย ง่ายต่อการเตรียมดิน การปักดำกล้า และทำให้ระบบรากพืชสามารถแพร่กระจายในดินได้มากขึ้น การระบายอากาศของดินเพิ่มมากขึ้น เพิ่มการซึมผ่านของน้ำ และการอุ้มน้ำของดินให้ดีขึ้น (สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, ม.ป.ป)

การออกแบบและพัฒนาชุดสับฟางข้าวในระยะแรก (กิตติศักดิ์และคณะ,2562) เป็นการพัฒนาชุดสับฟางสำหรับรถเกี่ยวนวดข้าว โดยการติดชุดใบมีดในบริเวณลูกนวด และบริเวณใบพัดฟางของรถเกี่ยวนวดข้าว จากการทดสอบพบว่าการพัฒนาชุดสับฟางในตัวรถเกี่ยวนวดข้าวโดยติดตั้งใบมีดที่ลูกนวดและใบพัดฟางสามารถสามารถสับฟางให้มีขนาดสั้นลงจาก 60 เซนติเมตรโดยประมาณให้เหลือ 30 เซนติเมตรโดยประมาณ หรือประมาณ 2 เท่าของความยาวฟางก่อนติดตั้งชุดใบมีดสับฟางแต่ยังมีการกระจายตัวที่ยังไม่ดี ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและพัฒนาชุดสับฟางข้าวในระยะที่สองซึ่งใช้สำหรับติดตั้งกับรถเกี่ยวนวดข้าว เพื่อช่วยสับฟางข้าวก่อนถูกพ่นกระจายลงสู่แปลงนา เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการช่วยสับฟาง และเพื่อลดการเกิดมลภาวะทางอากาศจากการกำจัดฟางข้าวโดยการเผา เพิ่มความอุดมสมบูรณ์และแร่ธาตุให้แก่ดิน และเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการเตรียมดินสำหรับการปลูกพืชครั้งถัดไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดสับฟางข้าวสำหรับติดตั้งกับรถเกี่ยวนวดข้าว

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน

1.3.1 ขนาดของความยาวฟางข้าวหลังถูกสับ

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ

1.4.1 ชุดทดสอบที่ออกแบบมาสามารถสับฟางให้มีขนาดเล็กลงได้

1.5 ขอบเขตการดำเนินการของโครงงาน

1.5.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟางข้าว

1.5.2 ศึกษารูปแบบของการจัดเรียงใบมีดสับฟางข้าวที่ส่งผลต่อการสับย่อยฟางข้าว

1.5.3 ศึกษาความเร็วรอบที่เหมาะสมกับชุดสับฟางข้าว

1.5.4 ออกแบบ สร้างชุดทดสอบ รวมถึงพัฒนาชุดสับฟางข้าวและปรับปรุงแก้ไข

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ชุดทดสอบของเครื่องสับฟางสำหรับติดตั้งกับรถเกี่ยวนวดข้าว ที่สามารถเก็บเกี่ยวข้าวพร้อมกับสับฟางข้าว

1.6.2 เกษตรกรสามารถทำการไถเตรียมดินได้ โดยไม่ต้องเผาฟางข้าว

1.7 สถานที่ในการดำเนินโครงการ

1.7.1 มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7.2 แปลงนา ตำบลท่านางงาม อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

1.7.3 บริษัท เกษตรพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด ตำบลสมอแข อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

1.8 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.8.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1) ศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟางข้าว

2) ศึกษารถเกี่ยวนวดข้าวที่มีในประเทศไทยและต่างประเทศ

3) ศึกษาเครื่องสับย่อยอเนกประสงค์และรูปแบบของใบมีดสับต่าง ๆ

4) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว

1.8.2 ศึกษาการทำงานของรถเกี่ยวนวดข้าว

ทดสอบอัตราการไหลของฟางข้าวที่ได้จากรถเกี่ยวนวดข้าว

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการไหลของฟางข้าวออกจากรถเกี่ยวนวดข้าวเพื่อนำค่าอัตราการไหลที่ได้มาใช้ในการทดสอบเครื่องสับฟาง มีวิธีการทดสอบโดยสังเขปดังนี้

1) การเก็บรวบรวมปริมาณฟางที่ได้จากช่องทางออกฟางของรถเกี่ยวข้าว โดยใช้ถุงตาข่ายสวมเข้ากับบริเวณช่องทางออกฟาง

2) จับเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมฟาง

3) นำปริมาณฟางที่ได้มาชั่งน้ำหนัก

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ โดยการนำปริมาณฟางที่ได้จากการเก็บรวบรวมมาเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ในการทดสอบ จะได้อัตราการไหลของฟางในหน่วยกิโลกรัมต่อวินาที

1.8.3 ศึกษาข้อมูลใบมีดชุดสับฟางและการจัดเรียงใบมีด

1.8.4 ออกแบบและสร้างชุดทดสอบการสับฟางข้าวต้นแบบ

1.8.5 ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขชุดทดสอบการสับฟางข้าวต้นแบบ

1) ทดสอบรูปแบบของการจัดเรียงใบมีด

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบลักษณะใบมีดและการจัดเรียงใบมีดที่เหมาะสมต่อการสับฟาง มีวิธีการทดสอบโดยสังเขปดังนี้

- วัดขนาดของฟางข้าวก่อนนำเข้าชุดทดสอบเครื่องสับฟางข้าว

- ทดสอบการสับฟางด้วยชุดทดสอบการสับฟางทั้ง 5 รูปแบบ

- นำฟางที่ได้หลังการสับไปร่อนตามตะแกรง 5 ขนาด

- บันทึกข้อมูลและนำไปวิเคราะห์ความยาวของฟางที่ผ่านการสับในแต่ละการทดลอง

- เปรียบเทียบขนาดของฟางข้าวที่ได้จากการสับด้วยใบมีดแต่ละรูปแบบ

- วิเคราะห์ผลการทดสอบ โดยเปรียบเทียบขนาดของฟางข้าวที่ได้จากการสับโดยใช้การเรียงใบมีดทั้ง 5 รูปแบบ เพื่อให้ได้การจัดเรียงใบมีดที่เหมาะสมที่สุดในการสับฟางข้าว

2) ทดสอบอัตราเร็วรอบที่เหมาะสมของชุดสับฟาง

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการสับฟางข้าว โดยใช้อัตราการป้อนฟางเข้าสู่ชุดสับฟางเท่ากับอัตราการไหลของฟางออกจากรถเกี่ยวนวดข้าว มีวิธีการทดสอบโดยสังเขปดังนี้

- หาช่วงความเร็วรอบเบื้องต้นที่ใช้ในการทดสอบ

- ทดสอบการสับฟางข้าวโดยเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบตามที่กำหนดไว้ โดยเริ่มการทดสอบจากความเร็วรอบต่ำสุดแล้วเพิ่มความเร็วรอบขึ้นไป

- วัดขนาดท่อนฟางที่ได้จากการสับจากชุดทดสอบที่ความเร็วต่าง ๆ

- บันทึกผลการทดสอบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผล

- วิเคราะห์ผลการทดสอบ โดยการนำขนาดท่อนฟางที่ได้ในแต่ละความเร็วรอบมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการสับฟางและความเร็วต่ำสุดที่สามารถสับฟางให้ขาดเป็นท่อนเล็ก ๆ ได้

1.8.6 สรุปผลการทดสอบ และจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ

1.9 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2562		2563										
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค	เม.ย	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1.ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง													
2.ศึกษาการทำงานของรถเกี่ยวนวดข้าว													
3.ศึกษาข้อมูลใบมีดชุดสับฟางและการจัดเรียงใบมีด													
4.ออกแบบและสร้างชุดทดสอบการสับฟางข้าวต้นแบบ													

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน (ต่อ)

กิจกรรม	2562		2563										
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
5.ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขชุดทดสอบการสับฟางข้าวต้นแบบ													
6.สรุปและเขียนรายงาน													

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฟางข้าว

ฟางข้าว (Rice straw) เป็นส่วนของต้นข้าวที่เหลือหลังการเก็บเกี่ยวและนำเมล็ดข้าวออกแล้ว ฟางข้าวที่มีสภาพสมบูรณ์จะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ใบข้าว ปล้องข้าว และรวงข้าว ส่วนฟางข้าวที่ได้จากการเก็บด้วยการตัดในแปลงนาจะมีส่วนประกอบของตอซังหรือกอข้าวรวมอยู่ด้วย แต่จะอยู่ในลักษณะที่ปะปนกันแยกแยะได้ยากว่าเป็นส่วนใด ฟางข้าวเหล่านี้ถือเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรจากนาข้าวที่มีประโยชน์ในหลายด้าน และใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับการผลิตทางเกษตรอื่นๆ

2.1.1 องค์ประกอบและธาตุอาหารของฟางข้าว

องค์ประกอบของฟางข้าว แสดงดังตารางที่ 2.1 และปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากฟางข้าวจำนวน 1 ตัน แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของฟางข้าว

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์ (%)
เนื้อเซลล์	21
เซลลูโลส	33
เฮมิเซลลูโลส	26
ลิกนิน	7
ซิลิกา	13

ที่มา: ถนัด, 2531

ตารางที่ 2.2 ธาตุอาหารที่ได้จากฟางข้าวจำนวน 1 ตัน

ธาตุอาหาร	ปริมาณน้ำหนัก (กิโลกรัม)
ไนโตรเจน (N)	6
ฟอสฟอรัส (P_2O_5)	1.4
โพแทสเซียม (K_2O)	17
แคลเซียม (Ca)	1.2
แมกซีเซียม (Mg)	1.3
ซิลิก้า (SiO_2)	50

ที่มา: บริษัท กอนวันฟาร์มอาร์แอนด์ดี จำกัด, 2560

2.1.2 ชนิดของฟางข้าว

1) ฟางข้าวจากการเกี่ยวมือและนวดด้วยมือ (รูปที่ 2.1) เป็นฟางข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยวและนำเมล็ดข้าวออกด้วยการนวดด้วยมือ ฟางข้าวจากการเกี่ยวด้วยมือจะถูกมัดเป็นระเบียบด้วยตอกและถูกนำเมล็ดออกด้วยการตีด้วยไม้ ฟางข้าวที่ได้จากการเกี่ยวมือจะมีลักษณะเป็นระเบียบและฟางข้าวมีความสมบูรณ์ไม่แตกเป็นเส้นเนื่องจากใช้แรงงานคนในการตีเมล็ดออก ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีโบราณที่พบในบางท้องที่เท่านั้นเพราะปัจจุบันเกษตรกรหันมาใช้รถเกี่ยวข้าวเพื่อเพิ่มความสะดวกและรวดเร็ว

รูปที่ 2.1 ฟางข้าวจากการเกี่ยวและนวดด้วยมือ

ที่มา: ถนัด, 2531

2) ฟางข้าวจากการเกี่ยวมือและนวดด้วยเครื่องนวด (รูปที่ 2.2) เป็นฟางข้าวที่ได้จากการนำมัดข้าวจากการเก็บเกี่ยวด้วยมือเข้าเครื่องนวดหรือรถนวดที่อาศัยการปั่นทำให้ฟางข้าวและเมล็ดแยกออกจากกัน โดยฟางจะถูกแรงปั่นแยกออกทางด้านบนของเครื่องและกองรวมกัน ส่วนเมล็ดที่มีน้ำหนักจะตกลงสู่ด้านล่างของเครื่องปั่นโดยใช้ถุงกระสอบรองรับ ลักษณะฟางที่ได้จากการนวดเมล็ดด้วยวิธีนี้จะทำให้ฟางมีลักษณะแตกเป็นเส้นขนาดเล็ก ไม่มีการจัดเรียงตัวที่เป็นระเบียบ

รูปที่ 2.2 ฟางข้าวจากการเกี่ยวด้วยมือและนวดด้วยเครื่องนวด
ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, ม.ป.ป.

3) ฟางข้าวจากรถเกี่ยวนวดข้าว (รูปที่ 2.3) เป็นฟางข้าวที่ได้จากการตัดเก็บตอซังและนวดโดยรถเกี่ยวนวดข้าว ซึ่งรถเกี่ยวนวดข้าวจะแยกเมล็ดและฟางข้าวออกจากกันและปล่อยฟางข้าวคืนสู่แปลงซึ่งจะเป็นฟางผสมระหว่างตอซัง ฟางข้าวที่หล่นในแปลงนาหลังการเกี่ยวข้าวด้วยรถเกี่ยวนวดข้าวจะเป็นฟางข้าวที่มีการแตกขาดเป็นเส้นเหมือนกับฟางข้าวที่แยกเมล็ดด้วยเครื่องนวดข้าวและฟางชนิดนี้จะถูกปล่อยทิ้งตามแปลงนา

รูปที่ 2.3 ฟางข้าวจากรถเกี่ยวนวดข้าว
ที่มา: มูลนิธิชัยพัฒนา, 2555

2.1.3 ประโยชน์จากฟางข้าว

1) ใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโค กระบือ
2) ใช้ทำปุ๋ยหมัก
3) ใช้ทำเป็นวัสดุคลุมดินสำหรับรักษาความชุ่มชื้นของดิน
4) ใช้เป็นวัสดุสำหรับการเพาะเห็ดฟาง
5) ใช้ทำเป็นที่มุงหลังคาหรือฝากระท่อม
6) ใช้ทำเป็นเชื้อจุดไฟ ช่วยให้ก่อไฟง่าย
7) ใช้ผลิตเป็นเยื่อกระดาษ
8) ใช้สำหรับการแยกสกัดสารแทนนิน

2.2 รถเกี่ยวนวดข้าว

รถเกี่ยวนวดข้าว หมายถึง เครื่องจักรที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนและทำงาน ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการตัด ลำเลียง นวด คัดแยก และทำความสะอาด โดยมีถังรองรับข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการทั้งหมดแล้ว โดยส่วนประกอบที่สำคัญของรถเกี่ยวนวดข้าว คือ เครื่องยนต์ต้นกำลัง ชุดช่วงล่าง ชุดถ่ายทอดกำลังและขับเคลื่อน ชุดหัวเกี่ยว ชุดนวด ชุดทำความสะอาด และชุดลำเลียง แสดงดังรูปที่ 2.4 และ 2.5

รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบที่สำคัญของรถเกี่ยวนวดข้าวไทยในมุมมองด้าน**ขวาของตัวรถ**

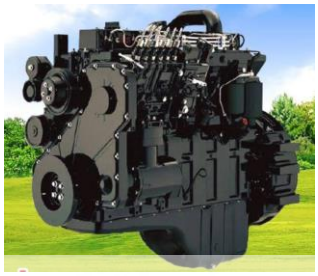
ที่มา: บริษัท เกษตรพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด, 2559

รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบที่สำคัญของรถเกี่ยวนวดข้าวไทยในมุมมองด้านขวาของตัวรถ

ที่มา: บริษัท เกษตรพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด, 2559

2.2.1 เครื่องยนต์ต้นกำลัง

เครื่องยนต์ต้นกำลัง (รูปที่ 2.6) เป็นเครื่องยนต์ดีเซล โดยปัจจุบันขนาดของต้นกำลังที่นิยมใช้งานจะอยู่ระหว่าง 180 ถึง 260 แรงม้า

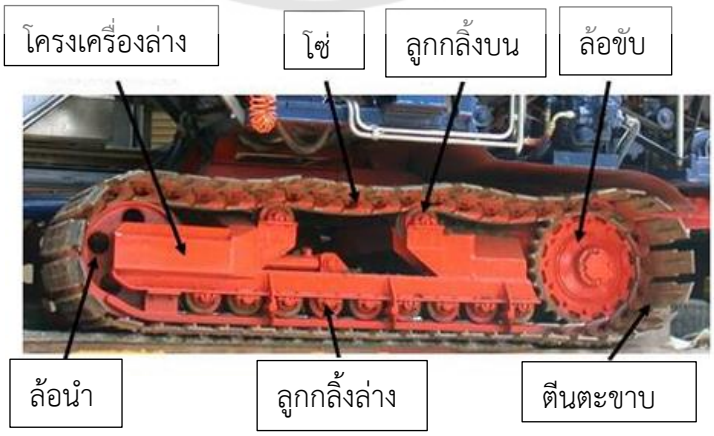


รูปที่ 2.6 เครื่องยนต์ต้นกำลังของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

ที่มา: บริษัท เกษตรพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด, 2559

2.2.2 ชุดช่วงล่าง

ชุดช่วงล่าง (รูปที่ 2.7) ทำหน้าที่รองรับส่วนต่าง ๆ ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวทั้งหมด และยังเป็นส่วนที่ยึดเกาะกับพื้นเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ มีลักษณะเหมือนรถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ ประกอบด้วย โครงเครื่องล่าง โซ่ ล้อขับ ล้อนำ ลูกกลิ้งโซ่บน ลูกกลิ้งโซ่ล่าง และตีนตะขาบ ในการเลือกขนาดของชุดช่วงล่างควรเลือกให้เหมาะสมกับน้ำหนักและการทำงานของเครื่อง นอกจากนี้ในการออกแบบขนาดของตีนตะขาบต้องสัมพันธ์กับน้ำหนักของตัวเครื่องและการบรรทุกเพื่อที่จะได้มีแรงกดพื้นนาในขณะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เครื่องจมในที่นาหรือการทำให้เกิดปัญหาดินหล่ม

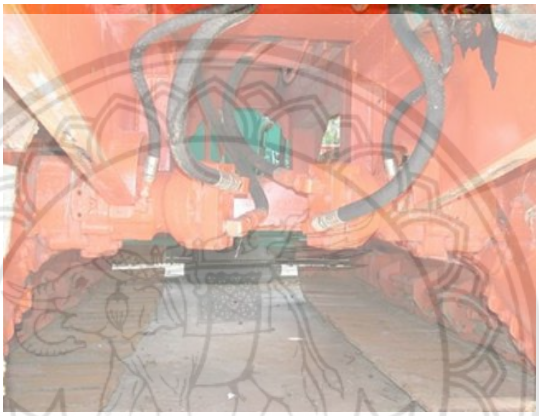


รูปที่ 2.7 ชุดช่วงล่าง

ที่มา: สมชาย, 2555

2.2.3 ชุดถ่ายทอดกำลังและขับเคลื่อน

ชุดถ่ายทอดกำลังและขับเคลื่อน (รูปที่ 2.8) เป็นตัวถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังระบบขับกลไกต่าง ๆ การขับอุปกรณ์ส่วนใหญ่ใช้มู่เล่กับสายพาน ส่วนการขับเคลื่อนของเครื่องปัจจุบันนิยมใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยน้ำมัน ในส่วนของระบบที่ถ่ายทอดกำลังไปยังชิ้นส่วนต่าง ๆ จะใช้น้ำมันไฮดรอลิคเป็นตัวกลางหรือระบบไฮโดรสแตติกในการถ่ายทอดกำลังผ่านมอเตอร์ไฮดรอลิกไปหมุนล้อขับเพื่อให้เครื่องเกี่ยวนวดเคลื่อนที่ส่งผลให้การควบคุมความเร็วในส่วนต่าง ๆ เป็นอิสระต่อกัน ช่วยเพิ่มความคล่องตัวในการทำงานให้สูงขึ้น



รูปที่ 2.8 มอเตอร์ไฮดรอลิกขับเคลื่อน

ที่มา: สมชาย, 2555

2.2.4 ชุดหัวเกี่ยว

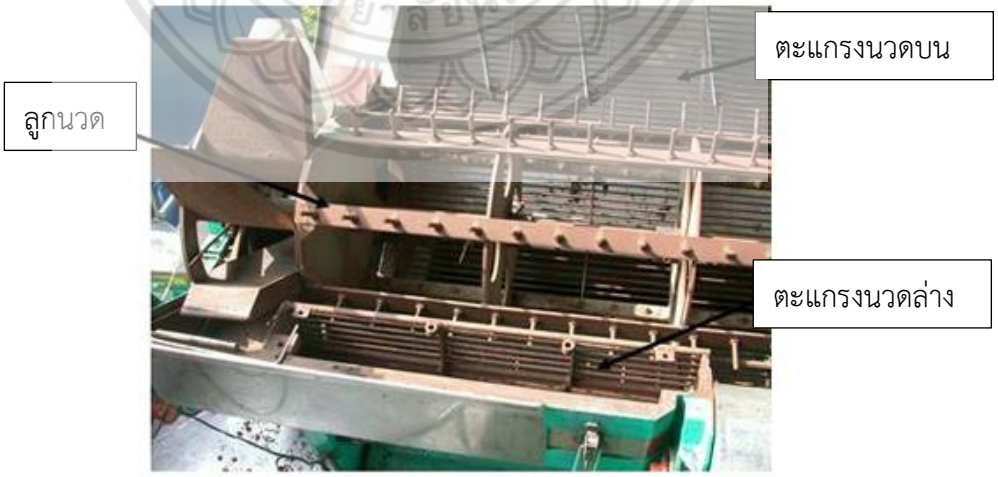
ชุดหัวเกี่ยว (รูปที่ 2.9) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตัด รวบรวมและลำเลียงต้นพืชส่งเข้าชุดคอลำเลียงเพื่อส่งต่อไปยังชุดนวด ประกอบด้วยล้อโน้มทำหน้าที่เกาะต้นพืชที่ล้มหรือโน้มต้นพืชที่ตั้งให้เข้ามาหาชุดใบมีด ชุดใบมีดตัดต้นพืชและถูกล้อโน้มส่งต่อเข้ามายังเกลียวลำเลียงหน้าเพื่อรวบรวมต้นพืชมายังส่วนกลางของชุดหัวเกี่ยว สำหรับส่งเข้าชุดคอลำเลียงเพื่อกวาดพาต้นพืชที่เกลียวลำเลียงและพาส่งต่อไปยังชุดนวด ในปัจจุบันได้มีการนำระบบไฮโดรสแตติกมาเป็นต้นกำลังในการขับชุดหัวเกี่ยวเพื่อให้สามารถปรับความเร็วของชุดหัวเกี่ยวให้มีความสัมพันธ์กับลักษณะของต้นข้าวและความเร็วในการขับเคลื่อ

รูปที่ 2.9 ชุดหัวเกี่ยว

ที่มา: สมชาย, 2555

2.2.5 ชุดนวด

ชุดนวด (รูปที่ 2.10) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการแยกเมล็ดให้ออกจากรวง ถ้าการนวดที่รุนแรงเกินไปจะทำให้เมล็ดแตกหักเสียหายมาก แต่ถ้าการนวดรุนแรงน้อยเกินไปก็จะทำให้มีเมล็ดบางส่วนไม่ถูกนวดและอาจทำให้ความสูญเสียมีค่าสูง เครื่องเกี่ยวนวดในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้ชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกน มีลักษณะการทำงานแบบเดียวกับชุดนวดของเครื่องนวดข้าว ประกอบด้วยลูกนวด ตะแกรงนวดล่างและตะแกรงนวดบน ส่วนใหญ่นิยมใช้ชุดนวดขนาดความยาว 6 ฟุต เนื่องจากมีความสามารถในการนวดสูงทันกับการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวด

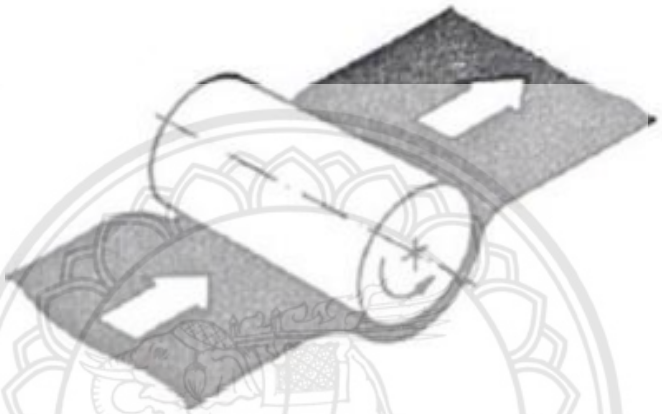


รูปที่ 2.10 ชุดนวด

ที่มา: สมชาย, 2555

การลำเลียงในระบบนวด สามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1) ระบบนวดแบบไหลขวางแกน (Tangential flow) ลักษณะการวางลูกนวดจะวางขวางกับตัวรถเกี่ยวนวดข้าว ฟางจะถูกป้อนเข้าสู่ลูกนวดแบบเต็มหน้ากว้างของลูกนวดและฟางจะออกจากลูกนวดแบบเต็มหน้ากว้าง ซึ่งการนวดข้าวในลักษณะนี้จะมีช่องทางออกฟางที่กว้าง ระบบนวดแบบไหลขวางแกนแสดงดังรูปที่ 2.11 และ 2.12



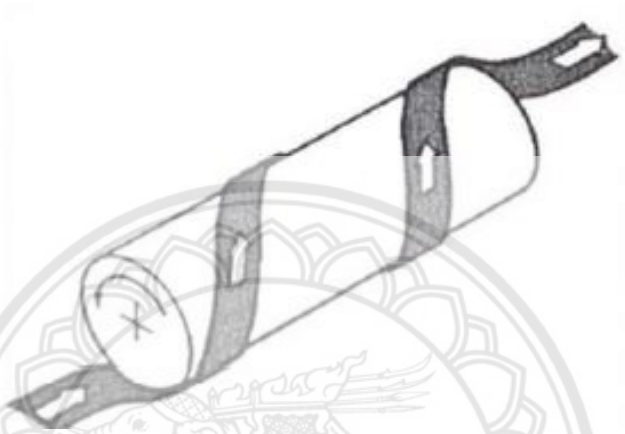
รูปที่ 2.11 ระบบนวดแบบไหลขวางแกน

ที่มา: รัตนา, 2562

รูปที่ 2.12 ลักษณะการวางลูกนวดแบบไหลขวางแกนในรถเกี่ยวนวดข้าว JOHN DEERE

ที่มา: Deere & Company, ม.ป.ป.

2) ระบบนวดแบบไหลตามแกน (Axial flow) ลักษณะการวางลูกนวดจะวางตามแกนหรือตามความยาวของตัวรถเกี่ยวนวดข้าว ฟางจะถูกป้อนเข้าสู่ลูกนวดตามแนวแกนของลูกนวด โดยมีครีบลำเลียงติดตั้งไว้กับระบบนวดเพื่อลำเลียงฟางไปยังด้านหลังของลูกนวด ซึ่งการนวดข้าวในลักษณะนี้จะมีช่องทางออกฟางที่กว้างเช่นเดียวกับระบบนวดแบบไหลขวางแกน ระบบนวดแบบไหลตามแกนแสดงดังรูปที่ 2.13 และ 2.14



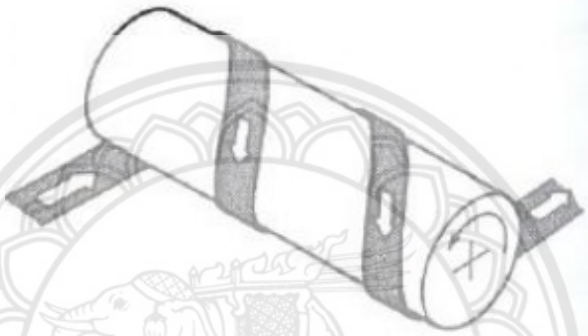
รูปที่ 2.13 ระบบนวดแบบไหลตามแกน

ที่มา: รัตนา, 2562

รูปที่ 2.14 ลักษณะการวางลูกนวดแบบไหลตามแกนในรถเกี่ยวนวดข้าว Claas

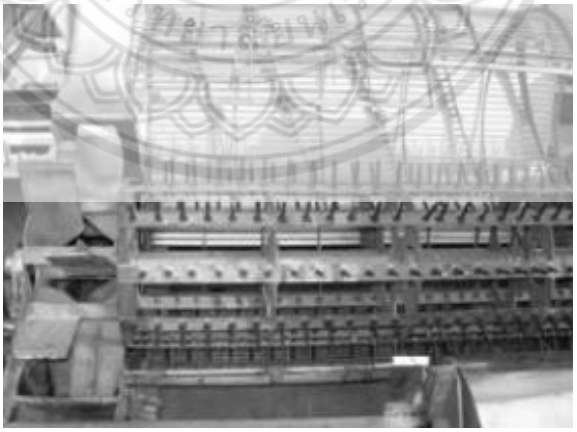
ที่มา: Claas, ม.ป.ป.

3) ระบบนวดแบบไหลผสม (Mix flow) ลักษณะการวางลูกนวดจะวางขวางกับตัวรถเกี่ยวนวดข้าว ฟางจะถูกป้อนเข้าสู่ลูกนวดในลักษณะขวางแกนลูกนวดในช่องทางด้านใดด้านหนึ่งของลูกนวดและลำเลียงฟางไปตามแนวแกนลูกนวดไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยระบายฟางออกในลักษณะขวางแกนลูกนวดเช่นเดียวกับการป้อนฟาง ซึ่งช่องการป้อนฟางเข้าสู่ลูกนวดและช่องทางออกฟางจะมีขนาดแคบและเล็กกว่าระบบนวดแบบไหลตามแกนและขวางแกนมาก ระบบนวดแบบไหลผสมแสดงดังรูปที่ 2.15 และ 2.16



รูปที่ 2.15 ระบบนวดแบบไหลผสม

ที่มา: รัตนา, 2562



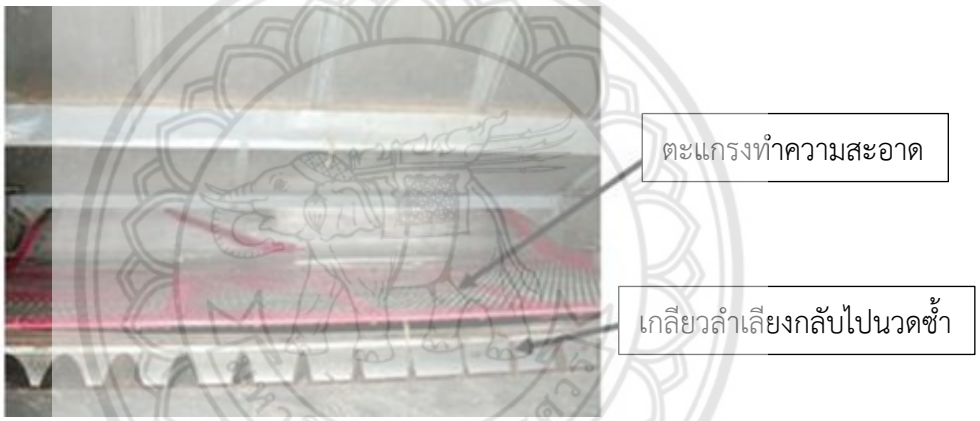
รูปที่ 2.16 ลักษณะระบบนวดแบบไหลผสม

ที่มา: สมชาย, 2561

จากการศึกษารถเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตในประเทศไทยจะใช้ระบบนวดแบบไหลผสม

2.2.6 ชุดทำความสะอาด

ชุดทำความสะอาด (รูปที่ 2.17) ประกอบด้วย ตะแกรงทำความสะอาด ทำหน้าที่แยกเศษหรือท่อนฟางหลังการนวดให้ออกจากเมล็ด ทำงานร่วมกับชุดพัดลมที่อยู่ใต้ตะแกรงทำความสะอาด โดยชุดพัดลมทำหน้าที่เป่าเศษฝุ่น ข้าวลีบ เศษฟาง และสิ่งเจือปนอื่น ๆ ให้แยกจากเมล็ดออกไปท้ายเครื่อง ส่วนรวงที่ถูกนวดไม่หมดหรือท่อนฟางจะถูกเขย่าจนหลุดออกไปจากตะแกรงทำความสะอาดลงสู่เกลียวลำเลียงเพื่อลำเลียงกลับไปนวดซ้ำ ส่วนเมล็ดที่ผ่านตะแกรงและพัดลมทำความสะอาดจะร่วงลงไปยังเกลียวลำเลียงผลผลิตเพื่อนำไปบรรจุกระสอบหรือถังเก็บเมล็ดต่อไป



รูปที่ 2.17 ตะแกรงทำความสะอาด

ที่มา: สมชาย, 2555

2.2.7 ชุดลำเลียง

ชุดลำเลียง มีอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ ชุดคอลำเลียง (รูปที่ 2.18) มีโซ่ และคานสำหรับลากหรือกวาดต้นข้าวที่ถูกตัดจากชุดหัวเกี่ยวส่งเข้าไปยังชุดนวด ส่วนชุดเกลียวลำเลียงผลผลิต (รูปที่ 2.19) ใช้ลำเลียงข้าวเปลือกที่ผ่านการนวดและทำความสะอาดแล้วไปบรรจุกระสอบหรือลงถังเก็บเมล็ด และชุดเกลียวลำเลียงกลับไปนวดซ้ำ (รูปที่ 2.20) ทำหน้าที่ลำเลียงรวงที่นวดไม่หมดให้วนกลับเข้าไปยังชุดนวดเพื่อทำการนวดซ้ำต่อไป

รูปที่ 2.18 ชุดคอลำเลียง

ที่มา: สมชาย, 2555

รูปที่ 2.19 ชุดเกลียวลำเลียงข้าวเปลือกหลังทำความสะอาด

ที่มา: สมชาย, 2555

รูปที่ 2.20 ชุดเกลียวลำเลียงกลับไปนวดซ้ำ

ที่มา: สมชาย, 2555

2.2.8 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

การทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเริ่มจากหัวเกี่ยวโน้มต้นข้าวให้เข้ามาหาใบมีด โดยล้อโน้มข้าว เมื่อต้นข้าวถูกตัดจะถูกลำเลียงไปโดยเกลียวลำเลียงหน้าหัวเกี่ยวแล้วป้อนไปที่โซ่ลำเลียงเพื่อช่วยในการป้อนไปยังลูกนวด ซึ่งประกอบด้วยฟันของลูกนวดที่มีลักษณะเป็นซี่เหล็กกลม ฟันของลูกนวดจะพาฟ่อนข้าวเคลื่อนที่ไปรอบ ๆ ลูกนวด และฟาดถูกับตะแกรงนวด ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกหลุดออกจากรวงข้าว ในขณะเดียวกันฟางข้าวจะถูกพาเคลื่อนต่อไป จนกระทั่งถูกส่งออกไปจากเครื่องเกี่ยวนวดที่ช่องทางออกฟาง เมล็ดข้าวเปลือกที่ถูกนวดจะหลุดออกจากรวงข้าวพร้อมทั้งเศษฟางและสิ่งเจือปนขนาดเล็กจะร่วงผ่านตะแกรงนวดลงบนตะแกรงโยกที่สั่นไปมาและถูกแยกออกทิ้งไป ขณะเดียวกันพัดลมที่ทำหน้าที่เป่าลมสวนขึ้นไปบนตะแกรงโยกเพื่อแยกข้าวลีบและสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดข้าวเปลือกซึ่งเมล็ดข้าวเปลือกที่สะอาดจะร่วงผ่านรูตะแกรง

2.2.9 ข้อมูลจำเพาะของตัวอย่างรถเกี่ยวนวดข้าวที่มีอยู่ในประเทศไทย

ข้อมูลจำเพาะของตัวอย่างรถเกี่ยวนวดข้าวที่มีอยู่ในประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 2.3 และตัวอย่างรถเกี่ยวนวดข้าวที่มีอยู่ในประเทศไทย แสดงดังรูปที่ 2.21 2.22 และ 2.23

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลจำเพาะของตัวอย่างรถเกี่ยวนวดข้าวที่มีอยู่ในประเทศไทย

บริษัทผู้ผลิต	**เกษตรพัฒนา**	**ไทยเส็งยนต์**	**ศักดิ์พัฒนาการเกษตร**
รุ่น	จ้าวช้างไวไฟ KPH-22T	เดี่ยวทระนงจ้าวพายุ 4.0	เคเอ็ม - เอเอ็มที
เครื่องยนต์	MITSUBISHI/ HINO/CUMMINS	HINO JO8C-I TURBO	6 สูบ 24 วาล์ว เทอร์โบ G8
กำลังเครื่องยนต์	225-260 แรงม้า	265 แรงม้า	260 แรงม้า
ระบบนวด	ลูกนวด spike tooth แบบไหลตามแนวแกน	Screw Driver	ลูกตีข้าวระบบแกนขวางใบพัดส่งฟาง
หน้ากว้างการทำงาน	3,150 มม.	3,200 มม.	3,200 มม.
สมรรถนะ	4 - 8 ไร่/ชม.	ไม่ระบุ	1.9 – 2.5 ไร่/ชม.
ความยาวลูกนวด	1,740 มม. (6 ฟุต)	6 ฟุต	1,615 มม.
เส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวด	559 มม. (22 นิ้ว)	22 นิ้ว	560 มม.
ความเร็วที่เหมาะสม	3-5 กม./ชม.	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ
ทางออกฟาง	ด้านซ้ายของส่วนท้ายตัวรถ	ด้านขวาของส่วนท้ายตัวรถ	ด้านขวาของส่วนท้ายตัวรถ

รูปที่ 2.21 รถเกี่ยวนวดข้าวเกษตรพัฒนา รุ่นจ้าวช้างไวไฟ KPH-22T

ที่มา: บริษัท เกษตรพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด, 2559

รูปที่ 2.22 รถเกี่ยวนวดข้าวไทยเส็งยนต์ รุ่นเดี่ยวทรนงจ้าวพายุ 4.0

ที่มา: บริษัท ไทยเส็งยนต์การเกษตร จำกัด, ม.ป.ป.

รูปที่ 2.23 รถเกี่ยวนวดข้าวศักดิ์พัฒนา รุ่นเคเอ็ม - เอเอ็มที

ที่มา: บริษัท ศักดิ์พัฒนาการเกษตร จำกัด, ม.ป.ป.

2.2.10 ข้อมูลจำเพาะของตัวอย่างรถเกี่ยวนวดข้าวในต่างประเทศ

ข้อมูลจำเพาะของตัวอย่างรถเกี่ยวนวดข้าวในต่างประเทศ แสดงดังตารางที่ 2.4 และตัวอย่างรถเกี่ยวนวดข้าวในต่างประเทศ แสดงดังรูปที่ 2.24 2.25 2.26 และ 2.27

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลจำเพาะของตัวอย่างรถเกี่ยวนวดข้าวในต่างประเทศ

บริษัทผู้ผลิต	**JOHN DEERE**	**New Holland**	**DEUTZ-FAHR**	**Claas**
รุ่น	S790	CR10.90 Revelation	C9000 Series	LEXION 780
เครื่องยนต์	John Deere PowerTech PSS engine	New Holland FPT Cursor 16	Mrrcedes Benz 6R1000 7.7 LITRES	Mercedes-Benz OM 473
กำลังเครื่องยนต์	543 แรงม้า	470-515 แรงม้า	363 แรงม้า	570 แรงม้า
ระบบนวด	Rotary	Twin Rotary	Rotary	ROTO PLUS
หน้ากว้างการทำงาน	10,000 มม.	6,100-9,150 มม.	4,800-9,000 มม.	12,000 มม.
สมรรถนะ	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ
ความยาวลูกนวด	3,120 มม.	2,638 มม.	1,521 มม.	1,700 มม.
เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด	762 มม.	559 มม.	600 มม.	600 มม.
ความเร็วที่เหมาะสม	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ
ทางออกฟาง	ด้านท้ายของตัวรถ	ด้านท้ายของตัวรถ	ด้านท้ายของตัวรถ	ด้านท้ายของตัวรถ

รูปที่ 2.24 รถเกี่ยวนวดข้าว JOHN DEERE S790

ที่มา: Deere & Company, ม.ป.ป

รูปที่ 2.25 รถเกี่ยวนวดข้าว New Holland CR10.90

ที่มา: New Holland Agriculture, ม.ป.ป.

รูปที่ 2.26 รถเกี่ยวนวดข้าว DEUTZ-FAHR C9000 series

ที่มา: DEUTZ-FAHR, ม.ป.ป.

รูปที่ 2.27 รถเกี่ยวนวดข้าว Claas LEXION 780

ที่มา: Claas, ม.ป.ป.

ระบบนวดแบบไหลตามแกนและไหลขวางแกนจะเป็นระบบนวดที่มีใช้ในต่างประเทศ ส่วนระบบนวดแบบไหลผสมจะใช้ในประเทศไทย ซึ่งระบบนวดที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อการออกแบบและพัฒนาชุดสับฟางข้าวสำหรับติดตั้งกับรถเกี่ยวนวดข้าว โดยต่างประเทศได้ออกแบบและสร้างชุดสับฟางสำหรับติดตั้งรถเกี่ยวนวดข้าวมาก่อนแล้ว ซึ่งชุดสับฟางของต่างประเทศจะใช้ได้ดีกับระบบนวดแบบไหลตามแกนและแบบไหลขวางแกน แต่อาจไม่เหมาะสมกับระบบนวดแบบไหลผสมซึ่งมีใช้ในประเทศไทย เนื่องจากชุดสับฟางในต่างประเทศจะมีขนาดหน้ากว้างที่พอดีกับช่องทางออกฟางซึ่งมีขนาดใหญ่และกว้างกว่าช่องทางออกฟางของระบบนวดแบบไหลผสมอยู่มาก จึงสามารถสับฟางและระบายฟางออกได้ทัน หากนำชุดสับฟางของต่างประเทศมาใช้กับระบบนวดแบบไหลผสมที่มีอยู่ในประเทศไทยอาจส่งผลให้ชุดสับฟางไม่สามารถสับฟางและระบายฟางออกได้ทัน จนสร้างความเสียหายแก่ระบบนวดได้

2.3 เครื่องสับย่อยและใบมีดสับรูปแบบต่าง ๆ

การศึกษาเครื่องสับย่อยรูปแบบต่าง ๆ ที่มีจัดจำหน่ายในประเทศไทย เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบเครื่องสับฟางข้าวสำหรับรถเกี่ยวนวดข้าว โดยทำการศึกษารูปแบบของใบมีดที่ใช้ในการสับ รูปแบบการจัดเรียงใบมีด และลักษณะการทำงานของเครื่องสับย่อยแต่ละรูปแบบ ได้ข้อมูลดังนี้

2.3.1 เครื่องสับย่อยอเนกประสงค์

1) เครื่องสับย่อยกิ่งไม้และใบไม้ รุ่น MAE–11DA–001H

เครื่องตัดและหั่นกิ่งไม้ด้วยใบมีดที่ติดตั้งในแนวรัศมีซึ่งทำจากเหล็กกล้าอย่างดี จำนวน 3 ใบ สับและย่อยกิ่งไม้และใบไม้ด้วยใบมีดแบบ Hammer Mill จำนวน 15 ชุด ชุดละ 2 ใบ มีความสามารถในการสับย่อยที่ 800 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับขนาดรูตะแกรง) มีความสามารถหั่นและตัดกิ่งไม้ได้โตสุด 5 นิ้ว (127 มิลลิเมตร) ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 11 แรงม้า (ยี่ห้อทะเลทอง) หรือสามารถเลือกเป็นมอเตอร์ก็ได้ ขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 1,100 x 1,750 x 1,520 มิลลิเมตร การตัดต่อการส่งกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังชุดหั่นและสับด้วยระบบลูกกลิ้ง

รูปที่ 2.28 เครื่องสับย่อยกิ่งไม้และใบไม้ รุ่น MAE – 11DA – 001H

ที่มา: Maejo AG Engineering’s Shop, ม.ป.ป.

ตารางที่ 2.5 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับย่อยกิ่งไม้และใบไม้ รุ่น MAE – 11DA – 001H

ข้อดี	ข้อเสีย
1) ระบบการสับแบบ Hammer mill สามารถปรับใช้กับการสับย่อยฟางได้	1) จำนวนใบมีดต่อชุดมีจำนวนน้อยเหมาะแก่การสับแบบหยาบ
2) สามารถปรับเปลี่ยนต้นกำลังได้	

2) เครื่องสับย่อยอเนกประสงค์ รุ่น 3.0

เครื่องสับย่อยอเนกประสงค์ คุณภาพสูงสำหรับใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ การเพาะพันธุ์เห็ดและอื่นๆ ตัวเครื่องถูกออกแบบมาให้มีขนาดกะทัดรัด ระบบการทำงานไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย ประสิทธิภาพสูงประหยัดพลังงาน กำลังการผลิตคุ้มทุนช่วยลดต้นทุนค่าแรง นอกจากจะใช้สับหญ้าสด ยังสามารถใช้สับและบดวัสดุชนิดอื่นๆได้ดี ขนาดเครื่อง 1150 x 1250 x 1700 มิลลิเมตร น้ำหนักเครื่อง 150 กิโลกรัม ความเร็วรอบ 800 รอบ/นาที กำลังการผลิต 3-4 ตัน/ชั่วโมง กำลังมอเตอร์ 4 กิโลวัตต์ (220V/380V)/8–12 แรงม้า

รูปที่ 2.29 เครื่องสับย่อยอเนกประสงค์ รุ่น 3.0

ที่มา:Thaitractor, ม.ป.ป.

ตารางที่ 2.6 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับย่อยอเนกประสงค์ รุ่น 3.0

ข้อดี	ข้อเสีย
1) กำลังผลิตสูง	1) ตัวเครื่องมีขนาดและน้ำหนักมาก
2) สามารถปรับเปลี่ยนต้นกำลังได้	
3) สามารถสับและบดวัสดุได้ละเอียด	

3) เครื่องย่อยกิ่งและไม้ใบไม้ Talon HSG2000

เครื่องบดย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ ชนิดใช้ไฟฟ้า กำลังเครื่อง 2HP (8.2 A) ขนาดช่องด้านบน 394 x 270 มิลลิเมตร ขนาดช่องใส่ด้านข้าง 30.5 x 60 มิลลิเมตร ขนาดล้อ 7 นิ้ว ความเร็วรอบ 2850 รอบ/นาที ระดับความดัง 109.3 เดซิเบล ใบมีดตัดสองชั้น รูปตัววีและใบมีดนอน มีระบบป้องกันมอเตอร์ไหม้ด้วยชุดโอเวอร์โหลด มีชุดรักษาสมดุล ของเครื่องด้วยระบบเซ็นเซอร์

รูปที่ 2.30 เครื่องย่อยกิ่งและไม้ใบไม้ Talon HSG2000

ที่มา:พีเอสพี มาร์ท, ม.ป.ป.

ตารางที่ 2.7 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องย่อยกิ่งและไม้ใบไม้ Talon HSG2000

ข้อดี	ข้อเสีย
1) ขนาดกระทัดรัดและน้ำหนักน้อย เคลื่อนย้ายสะดวก	1) ข้อจำกัดเกี่ยวกับพื้นที่การใช้งานเนื่องจากใช้ระบบไฟฟ้า
2) ระบบความปลอดภัยสูง	
3) มีใบมีด 2 ชั้นเพิ่มประสิทธิภาพในการสับ	

2.3.2 เครื่องสับฟางแบบติดตั้งกับรถเกี่ยวนวดข้าว

การศึกษาเครื่องสับฟางแบบติดตั้งกับรถเกี่ยวนวดข้าวในต่างประเทศ เนื่องจากรถเกี่ยวนวดข้าวในต่างประเทศส่วนใหญ่จะมีการติดตั้งชุดสับฟางบริเวณด้านท้ายของตัวรถเกี่ยวนวดข้าวเพื่อการสับและกระจายฟาง ซึ่งแตกต่างกับรถเกี่ยวนวดข้าวในประเทศไทยที่ไม่มีการสับกระจายฟาง ดังนั้นจึงทำการศึกษาข้อมูลของเครื่องสับฟางแบบติดตั้งกับรถเกี่ยวนวดข้าวในต่างประเทศ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบชุดสับฟางสำหรับรถเกี่ยวนวดข้าวในประเทศไทย

1) New Holland Straw Chopper (รูปที่ 2.31) เป็นอุปกรณ์เสริมของรถเกี่ยวนวดข้าว New Holland สามารถติดตั้งได้ง่ายและกระจายฟางที่สับได้อย่างสม่ำเสมอ โดยมีระยะการกระจายที่กว้างที่สุด 13.7 เมตร และความกว้างของทางออกของฟางสามารถปรับขนาดความกว้างได้ สามารถควบคุมให้เครื่องสับฟางทำงานหรือหยุดทำงานได้ โดยใช้ตัวคันโยกเป็นตัวควบคุม หากให้เครื่องสับฟางหยุดการทำงาน ฟางที่ได้จากการนวดจะตกลงด้านหน้าของใบมีดโดยไม่ถูกสับ เครื่องสับมีความเร็วของโรเตอร์ ประมาณ 3,500 รอบต่อนาที สำหรับรุ่น CR7.80 ถึง CR8.80 และ รุ่น CR8.90 มีความเร็วรอบประมาณ 4,000 รอบต่อนาที

รูปที่ 2.31 เครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว New Holland

ที่มา: Picursa, ม.ป.ป

ตารางที่ 2.8 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว New Holland

ข้อดี	ข้อเสีย
1) สามารถติดตั้งได้ง่ายและกระจายฟางที่สับได้อย่างสม่ำเสมอ	1) เป็นอุปกรณ์เสริมที่ผลิตขึ้นเฉพาะรุ่น
2) สามารถควบคุมให้เครื่องสับฟางทำงานหรือหยุดทำงานได้ง่าย	
3) ความกว้างของทางออกของฟางสามารถปรับขนาดได้	

2) John Deere Straw Chopper (รูปที่ 2.32) โดยทั่วไปเครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว John Deere จะมีใบมีดสับติดใบพาย 48 ใบ ใบมีดสับ 20 ใบ โดยใบมีดสับถูกเคลือบด้วยคาร์ไบด์คุณภาพสูงเพื่อให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น ใบมีดถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานร่วมกับใบมีดที่ติดอยู่กับโครงของเครื่องสับฟางได้อย่างพอดี ใบมีดแบบใบพายจะเน้นการสร้างกระแสการไหลของอากาศเพื่อช่วยในการกระจายฟางที่ถูกสับแล้ว เครื่องสับฟางข้าวจะกระจายฟางที่สับแล้วลงในแปลงอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถเลือกระหว่างใบมีดแบบเรียบเพื่อการประหยัดพลังงานหรือใบมีดแบบหยักเพื่อให้ได้ความยาวของการสับฟางที่เหมาะสม ส่วนใบพัดลมจะช่วยให้การกระจายฟาง การที่วางตำแหน่งของตัวเครื่องสับฟางต่ำ ๆ จะช่วยให้สามารถทำงานได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีลมแรง การสับฟางแบบละเอียดจะใช้ความเร็ว 3400 รอบต่อนาทีเพื่อคุณภาพการสับที่ดีและช่วยในการกระจายของฟาง ใบมีดสะดุดหรือใบมีดที่อยู่กับที่ทำหน้าที่คล้ายกับเขียง ช่วยให้สามารถสับฟางได้ขาดมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะติดตั้งอยู่กับตัวโครงเครื่องสับฟางสามารถปรับแต่งเพื่อกำหนดขนาดความยาวของฟางที่ต้องการสับได้

รูปที่ 2.32 เครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว John Deere

ที่มา: Picursa, ม.ป.ป

ตารางที่ 2.9 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว John Deere

ข้อดี	**ข้อเสีย**
1) สามารถเลือกระหว่างใบมีดแบบเรียบหรือใบมีดแบบหยักเพื่อให้ได้รูปแบบการสับฟางตามที่ต้องการ	1) หากฟางที่เข้าสู่ชุดสับมีมากเกินไปอาจทำให้เกิดการอุดตัน
2) สามารถสร้างลมช่วยการกระจายฟาง	

3) Deutz Fahr Straw Choppers (รูปที่ 2.33) ฟางที่ได้หลังจากการนวดข้าวที่มีขนาดยาวจะถูกปล่อยออกมาเต็มหน้ากว้างช่องทางการไหล โดยรถเกี่ยวนวดข้าวของ Deutz Fahr มีช่องทางไหลของฟางที่กว้างเพื่อทำให้ระบายฟางออกได้ดีที่สุด เครื่องสับฟางแบบเพลาโรเตอร์ที่มีใบมีดสับ 48 ใบ จัดเรียงเป็นสี่แถวตามแนวยาวของเพลาโรเตอร์ การกำหนดจำนวนของใบสับที่มีความเหมาะสมจะสร้างกระแสลมที่จะช่วยพัดกระจายวัสดุอย่างสม่ำเสมอลงบนแปลง ตำแหน่งของใบมีดที่ติดอยู่กับโครงของเครื่องสับฟางสามารถปรับแต่งได้ตามความเหมาะสม

รูปที่ 2.33 เครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว DEUTZ FAHR

ที่มา: DEUTZ FAHR , ม.ป.ป

ตารางที่ 2.10 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องสับฟางติดรถเกี่ยวนวดข้าว DEUTZ FAHR

ข้อดี	ข้อเสีย
1) สามารถปรับตำแหน่งใบมีดได้ตามความเหมาะสม	1) หากนำมาสับย่อยฟางข้าวที่มีความชื้นอาจทำให้กระแสลมที่ช่วยในการกระจายฟางทำได้ไม่ดีพอ
2) สร้างกระแสลมช่วยในการกระจายวัสดุลงบนแปลง	

2.3.3 ใบมีดลักษณะต่าง ๆ

การศึกษารูปแบบใบมีดสำหรับเครื่องสับฟางข้าวแต่ละรูปแบบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องสับฟางสำหรับรถเกี่ยวนวดข้าว โดยต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการสับฟางให้มีขนาดเล็กลง ประสิทธิภาพในการกระจายฟางหลังจากการสับ โดยรูปแบบของใบมีดที่ได้ทำการศึกษามีดังนี้

1) Straw chopper blade kit (รูปที่ 2.34) คือ ใบมีดของเครื่องสับฟางข้าวติดรถเกี่ยวนวดข้าว John Deere 9560STS, 9660STS, 9760STS, 9860STS ใบมีดถูกเคลือบด้วยคาร์ไบด์คุณภาพสูงเพื่อให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น ใบมีดแบบตรงจะใช้สำหรับสับฟางข้าวส่วนใบมีดแบบใบพายจะใช้เพื่อสร้างกระแสลมในการช่วยในการกระจายฟาง

รูปที่ 2.34 straw chopper blade kit
ที่มา: Shoup Manufacturing, ม.ป.ป.

ตารางที่ 2.11 ข้อดีและข้อเสียของ straw chopper blade kit

ข้อดี	ข้อเสีย
1) มีใบพายที่ช่วยในการกระจายฟาง	1) ในเครื่องสับฟางจะมีการติดตั้งใบมีด 2 รูปแบบ ทำให้ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก

2) ใบมีดเครื่องตัดหญ้าแบบหมุน (รูปที่ 2.35) ใบมีดจะถูกยึดติดกับเพลาเหวี่ยง แต่สามารถแกว่งตัวได้อย่างอิสระ

รูปที่ 2.35 ใบมีดเครื่องตัดหญ้าแบบหมุน

ที่มา: Alibaba, (ม.ป.ป.)

ตารางที่ 2.12 ข้อดีและข้อเสียของใบมีดเครื่องตัดหญ้าแบบหมุน

ข้อดี	ข้อเสีย
1) สามารถสับย่อยวัสดุที่มีความเหนียวได้	1) ใบมีดมีลักษณะคมแบบเรียบอาจทำให้ไม่สามารถสับฟางที่ไหลออกจากปล่องให้ขาดได้

3) Kondex Straw Claw Chopper Blades (รูปที่ 2.36) ใบมีดถูกออกแบบให้ใช้สารเคลือบผิวบนใบมีด ผ่านการชุบแข็งเพื่อป้องกันการสึกหรอของใบมีดและรักษาความคมของใบมีด ช่วยป้องกันไม่ให้ใบมีดบิ่น หากใบมีดเกิดการบิ่นจะส่งผลให้เสียสมดุลของโรเตอร์

รูปที่ 2.36 Kondex Corp. Straw Claw Chopper Blades

ที่มา: Farm equipment, 2560

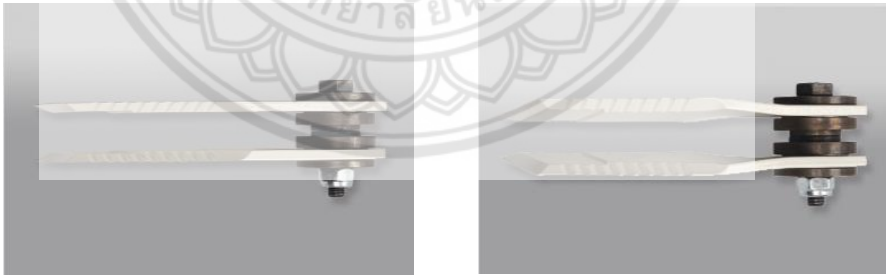
ตารางที่ 2.13 ข้อดีและข้อเสียของ Kondex Corp. Straw Claw Chopper Blades

ข้อดี	ข้อเสีย
1) ใบมีดมีความคงทน	1) หากใบมีดเหวี่ยงกระทบกันจะทำให้เกิดการแตกหรือบิ่น
2) คมของใบมีลักษณะเป็นฟันหยักช่วยให้การสับทำได้ดีขึ้น	

4) The Schumacher straw chopper knife

- Straight (ใบมีดแบบตรง) เป็นใบมีดที่ใช้สำหรับการสับฟาง โดยที่ด้านคมจะมีความแข็งเป็นพิเศษ แสดงดังรูปที่ 2.37 ก

- Turned (ใบมีดแบบบิด) ทำหน้าที่เหมือนใบพาย ใช้สำหรับกระจายฟางข้าวที่สับแล้ว สามารถกระจายฟางได้กว้างสุด 9.00 เมตร โดยใบมีดแบบบิดจะเพิ่มความเร็วของการไหลอากาศในเครื่องสับฟาง แสดงดังรูปที่ 2.37 ข



ก) Straight design ข) Turned design

รูปที่ 2.37 The Schumacher straw chopper knife

ที่มา: GROUP SCHUMACHER, 2560

ตารางที่ 2.14 ข้อดีและข้อเสียของ The Schumacher straw chopper knife

ข้อดี	ข้อเสีย
1) ใบมีดสามารถช่วยพัดกระจายฟางได้	1) ใบมีดมีลักษณะเป็นใบมีด 2 ใบประกบเข้าหากัน ทำให้ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งเพิ่มขึ้น

5) Knife Kit Straw Chopper (รูปที่ 2.38) ใบมีดสับฟางสำหรับรถเกี่ยวนวดข้าว John Deere S560 มีขนาดความกว้าง 2.4 นิ้ว และมีความยาว 7.37 นิ้ว

รูปที่ 2.38 Knife Kit Straw Chopper

ที่มา: Jensales, ม.ป.ป.

ตารางที่ 2.15 ข้อดีและข้อเสียของ Knife Kit Straw Chopper

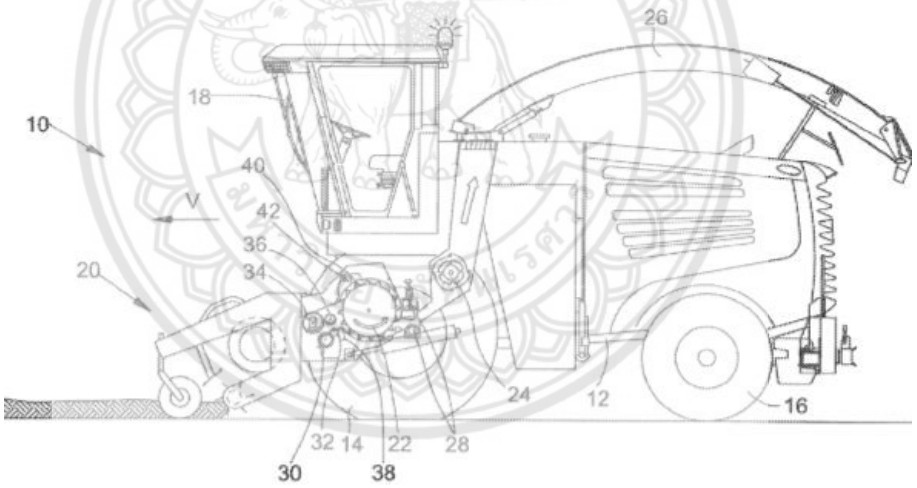
ข้อดี	ข้อเสีย
1) ใบมีดมีลักษณะเป็นฟันช่วยในการสับได้ดียิ่งขึ้น	1) ใบสับแบบใบพายซ้ายและขวาไม่สามารถใส่ทดแทนกันได้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสับฟางข้าว เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องสับฟางข้าวสำหรับรถเกี่ยวนวดข้าว ให้มีความเหมาะสมในการทำงาน และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงที่สุด โดยงานวิจัยที่ทำการศึกษามีดังนี้

2.4.1 Chopping drum for a forage harvester

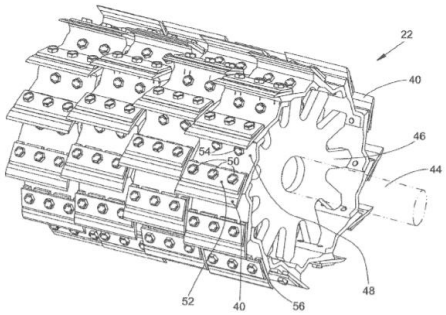
ประดิษฐ์โดย Joshua D. Bacon หมายเลขสิทธิบัตร US 8,146,849 B2 สหรัฐอเมริกา (2012) Chopping drum for a forage harvester คือ ชุดสำหรับสับย่อยพืชที่ติดตั้งบนเครื่องเก็บเกี่ยวพืชอาหารสัตว์ ที่เพลาจะมีวงแหวนรองรับติดกับอีกแกนในทิศทางตามแนวแกน และขยายไปในทิศทางเรเดียล ตัวยึดใบมีดจะถูกกระจายรอบๆ ขอบด้านนอกของวงแหวนรองรับ และใบมีดสับจะถูกติดตั้งอยู่บนแท่นยึดใบมีดด้วยสกรู



รูปที่ 2.39 แผนภาพมุมมองด้านข้างของเครื่องเก็บเกี่ยวอาหารสัตว์

ที่มา: Joshua, 2012

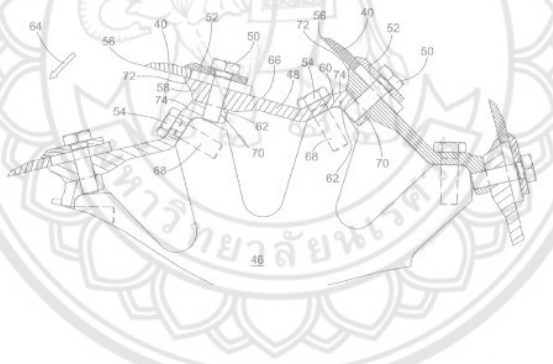
จากรูปที่ 2.39 จะแสดงการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยว โดยพืชที่ถูกเก็บเกี่ยวขึ้นมาด้วยชุดเก็บเกี่ยวเข้าสู่ถังหั่นที่มีใบมีด ทำการหั่นวัตถุดิบออกเป็นชิ้นๆ ก่อนส่งต่อไปยังชุดสับย่อยชุดที่สองและลำเลียงผ่านชุดอุปกรณ์เพื่อทำการเร่งความเร็วในการลำเลียงขึ้นสู่ปล่องและโหลดไปยังถังเก็บวัตถุดิบ



รูปที่ 2.40 ใบมีดสับของชุดสับย่อย

ที่มา: Joshua, 2012

จะเห็นได้ว่าใบมีดของ Chopping drum for a forage harvester จะมีลักษณะเป็นชุดทั้งหมด 4 ชุดโดยแต่ละชุดมีใบมีดทั้งหมด 12 ใบ ติดตั้งอยู่กับแท่นรองรับใบมีด ที่จะติดอยู่กับเพลาด้วยสกรูอีกที โดยที่แต่ละใบมีดที่ติดกับแท่นนั้นจะถูกยึดติดด้วยสกรู 3 ตัว



รูปที่ 2.41 มุมมองส่วนขยายของใบมีดที่ติดอยู่กับแท่นรอง

ที่มา: Joshua, 2012

ในรูปที่ 2.41 จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการติดตั้งใบมีดเข้ากับแท่นรองและลักษณะการยึดใบมีดเข้ากับแท่นรองด้วยสกรู ลักษณะการวางใบมีดนั้นจะวางให้ใบมีดล้มลงไปด้านหลัง และการทำงานของใบมีดนั้นจะทำงานโดยการหมุนวงแหวนบนเพลาไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา จากความคิดเห็นของผู้วิจัยสามารถสรุปข้อดีข้อเสียได้ดังนี้

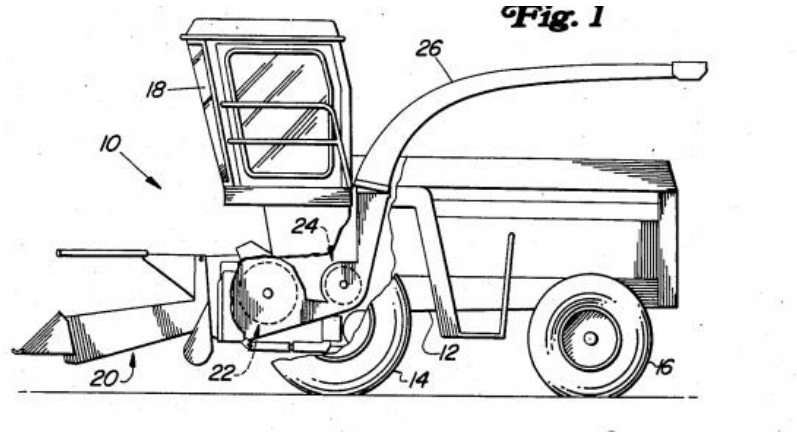
ตารางที่ 2.16 ข้อดีและข้อเสียของ Chopping drum for a forage harvester

ข้อดี	ข้อเสีย
1) ใบมีดที่วางตัวในลักษณะล้มลงไปด้านหลังจะช่วยให้สามารถสับพืชได้ง่าย	1) เนื่องจากใบมีดและเฟรมของชุดสับค่อนข้างชิดกันอาจทำให้เกิดการอุดตันได้
2) การเปลี่ยนใบมีดของชุดสับสามารถทำได้ง่าย	2) ด้วยจำนวนชุดของใบมีดทำให้เปลืองเนื้อที่ในการติดตั้ง
3) สามรถถอดเปลี่ยนใบมีดทีละใบทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง	

2.4.2 Forage harvester blower

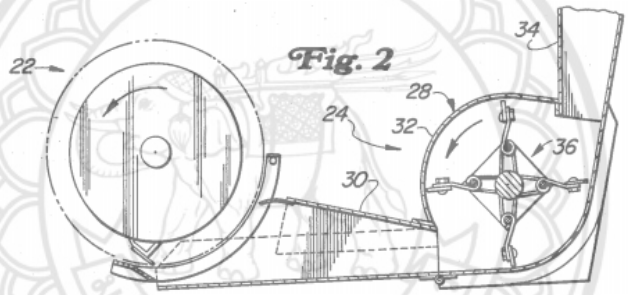
ประดิษฐ์โดย Roger A. Russ and John J. Hennen หมายเลขสิทธิบัตร US 4,696,432 สหรัฐอเมริกา (1987) Forage harvester blower คือเครื่องสับย่อยพืชอาหารสัตว์แบบมีใบพัดเป่าลมที่ติดตั้งอยู่บนรถเก็บเกี่ยวพืชอาหารสัตว์ โดยชุดเป่าลมจะมีลักษณะเป็นใบพัดจำนวน 4 ชุดติดอยู่กับโรเตอร์โดยแต่ละชุดจะวางตัวทำมุม 90 องศา คอยทำหน้าที่พัดเอาพืชผลที่ได้จากส่วนที่ทำหน้าที่สับย่อยที่จะถูกลำเลียงมายังชุดเป่าลม ผ่านทางสายพานเพื่อเข้าสู่ตัวเครื่องเป่าที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก การทำงานของชุดใบพัดเป่าลมคือการใช้ใบมีดมีลักษณะแบบใบพายหมุนเป็นวงกลมเพื่อสร้างกระแสลมพัดเอาพืชอาหารสัตว์ที่จะถูกพัดไปตามผนังของตัวชุดเป่าลมขึ้นไปด้านบนสู่ปล่อง ที่จะทำหน้าที่ลำเลียงพืชอาหารสัตว์เข้าสู่ส่วนที่ใช้เก็บผลผลิต

ชุดใบพัดจะประกอบด้วยตัวโครง (หมายเลข 28) ซึ่งจะมีทางเข้า (หมายเลข 30) เพื่อลำเลียงพืชอาหารสัตว์เข้าสู่ตัวถังทรงกระบอก (หมายเลข 32) โดยจะถูกลำเลียงออกทางปล่อง (หมายเลข 34) โดยชุดใบพัดเป่าลม (หมายเลข 36) โดยยึดติดอยู่กับตัวโรเตอร์



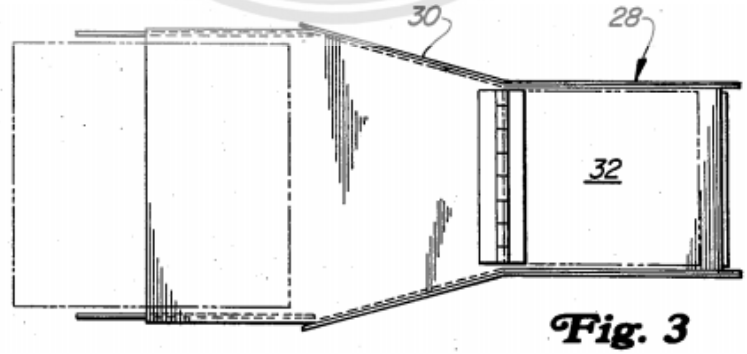
รูปที่ 2.42 ภาพด้านข้างของเครื่องเก็บเกี่ยวอาหารสัตว์

ที่มา: Roger and John, 1987



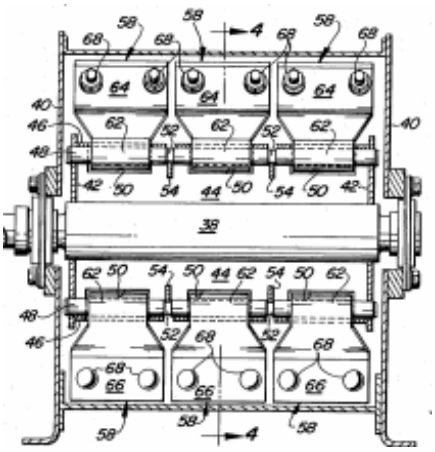
รูปที่ 2.43 ภาพมุมตัดตามแนวตั้งของส่วนเป่าลม

ที่มา: Roger and John, 1987



รูปที่ 2.44 มุมมองด้านล่างของส่วนเป่าลม

ที่มา: Roger and John, 1987



รูปที่ 2.45 ภาพมุมบนของชุดใบพัดเป่าลม

ที่มา: Roger and John, 1987

รูปที่ 2.46 ภาพมุมข้างของชุดใบพัดเป่าลม

ที่มา: Roger and John, 1987

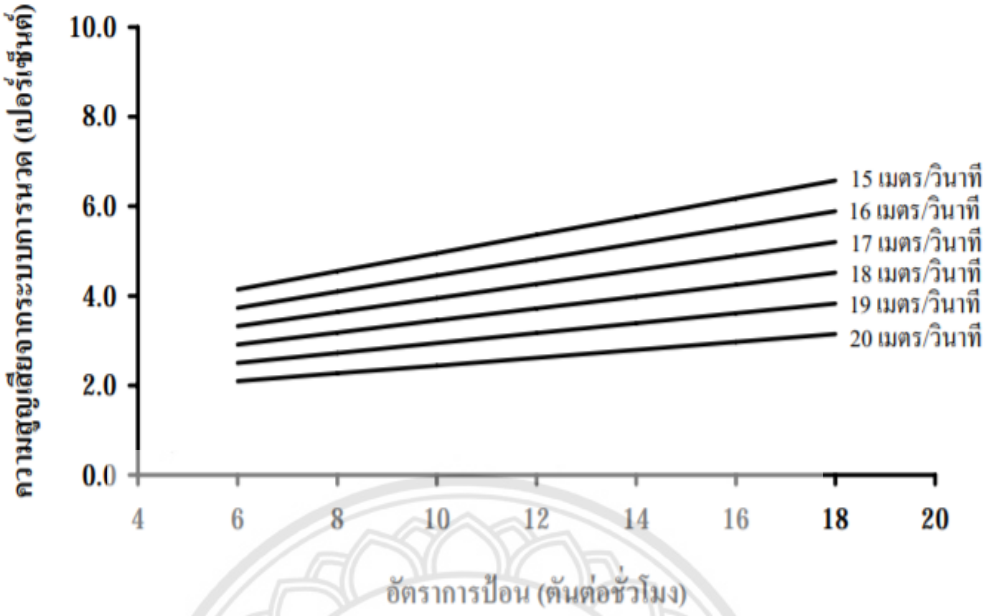
จากรูปที่ 2.45 และรูปที่ 2.46 จะทำให้เห็นลักษณะของใบพัดของชุดเป่าลม ที่มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็ก สี่เหลี่ยมจัตุรัส 3 แผ่น ยึดตัดอยู่กับแท่นรองที่ยื่นออกมาจากตัวโรเตอร์ โดยจะมีทั้งหมด 4 ชุด แต่ละชุดทำงานลักษณะเดียวกันคือทำหน้าที่ผลักพืชอาหารสัตว์ที่ได้จากการสับย่อยด้วยใบมีดเข้าสู่ปล่องลำเลียงเพื่อนำไปเก็บไว้ในภาชนะเก็บ จากความคิดเห็นของผู้วิจัยสามารถสรุปข้อดีและข้อเสียได้ดังนี้

ตารางที่ 2.17 ข้อดีและข้อเสียของ Forage harvester blower

ข้อดี	ข้อเสีย
1) มีชุดสับย่อย และชุดเป่าลมแยกกันอยู่อย่างเห็นได้ชัด	1) หากนำมาสับย่อยฟางข้าวที่ชื้นซึ่งจะมีน้ำหนักมากอาจทำให้ชุดใบพัดเป่าลมทำงานหนัก
2) รูปแบบใบพัดของชุดใบพัดเป่าลมมีลักษณะเป็นใบพายทำให้สามารถพัดฟางข้าวที่สับย่อยได้ดี	2) หากไม่สามารถทำการระบายฟางข้าวที่สับย่อยได้ดีพอจะทำให้เกิดการอุดตัน

2.4.3 การสร้างและประเมินผลสมการประมาณความสูญเสียจากกระบวนการนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนสำหรับพันธุ์ข้าวชัยนาท 1

การสร้างและประเมินผลสมการประมาณความสูญเสียจากกระบวนการนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนสำหรับพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ศึกษาโดย สมชาย และวินิต ชินสุวรรณ (2551) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและประเมินผลสมการประมาณความสูญเสียจากระบบการนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 โดยวิธีการสร้างสมการถดถอยจากข้อมูลการทำงานและความสูญเสียจากระบบการนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนจำนวน 15 ยี่ห้อ ผลการศึกษาพบว่าสมการทำนายความสูญเสียจากระบบการนวดมีค่า R^2 เท่ากับ 0.88 เมื่อประเมินผลสมการความสูญเสียที่ได้จากการตรวจวัดผลต่างจากการทำนายเฉลี่ยเท่ากับ 0.88 เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อนของการทำนายเฉลี่ยเท่ากับ 14.82 เปอร์เซ็นต์ และความคลาดเคลื่อนของการทำนายมาตรฐานเท่ากับ 0.95 เปอร์เซ็นต์ ผลการตรวจวัดความสูญเสียจากระบบการนวด (รูปที่ 2.41) โดยความชื้นของเมล็ดเฉลี่ยที่ทำการตรวจวัดมีค่าระหว่าง 22.20 ถึง 30.42 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ใช้ความเร็วลูกนวดระหว่าง 15.18 ถึง 18.86 เมตรต่อวินาที มีมุมครีบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวดในช่วง 60.56 ถึง 70.71 องศา และระบบการนวดทำการนวดขาวที่อัตราการป้อนเฉลี่ยระหว่าง 8.13 ถึง 20.45 ตันต่อชั่วโมง ส่วนความสูญเสียจากระบบการนวดอยู่ในช่วง 2.77 ถึง 12.56 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 2.7 และสามารถหาค่าการสูญเสียเมล็ดข้าวจากระบบการนวดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.47 การสูญเสียเมล็ดข้าวจากระบบการนวด

ที่มา: สมชาย และวินิต, 2551

รูปที่ 2.47 แสดงผลของความเร็วลูกนวดและอัตราการป้อนที่มีต่อความสูญเสียจากระบบการนวด ซึ่งพบว่าเมื่อลดความเร็วลูกนวดหรือเพิ่มอัตราการป้อนส่งผลให้ความสูญเสียจากระบบการนวดเพิ่มขึ้น โดยอัตราการป้อนที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ความสูญเสียจากระบบการนวดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อลดความเร็วลูกนวดอัตราการป้อนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากระบบการนวดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อัตราการป้อนมีผลต่อความสูญเสียเนื่องจากการเพิ่มอัตราการป้อนเป็นการเพิ่มวัสดุเข้าไปในชุดนวดต่อหน่วยเวลาที่เท่ากัน ส่งผลให้ชุดนวดทำการนวดและการคัดแยกเมล็ดออกจากฟางไม่ทันซึ่งมีผลต่อความสูญเสียจากระบบการนวดที่เพิ่มขึ

ตารางที่ 2.18 ผลการตรวจวัดพารามิเตอร์ที่ใช้สร้างสมการและทำนายความสูญเสียจากระบบการนวด สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ยี่ห้อที่	ความชื้นของเมล็ด (เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก)	ความเร็วลูกนวด (เมตรต่อวินาที)	มุมครีบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด (องศา)	อัตราการป้อน (ตันต่อชั่วโมง)	ความสูญเสียจากระบบการนวด (เปอร์เซ็นต์)
1	29.24	17.36	61.72	19.11	9.54
2	25.65	18.36	65.95	12.10	3.76
3	28.30	17.91	61.14	19.15	12.56
4	26.60	18.86	63.80	11.55	5.66
5	23.75	18.43	62.30	14.00	3.27
6	23.39	18.02	65.33	13.91	2.77
7	30.42	18.33	63.50	17.17	8.68
8	23.04	17.50	64.94	20.45	4.02
9	29.23	18.00	70.71	16.37	4.58
10	23.45	18.62	66.70	10.29	2.94
11	29.38	16.76	66.70	14.31	6.51
12	22.20	16.21	60.56	15.74	4.69
13	26.45	16.20	64.49	12.35	5.32
14	27.80	15.78	62.84	8.13	8.27
15	26.10	15.18	60.56	14.62	10.38

ที่มา: สมชาย และวินิต, 2551

2.5 สมการที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 การหาปริมาณฟางข้าวต่อไร่

$$y = \frac{1600(x)}{a} \quad \text{..... (2.1)}$$

เมื่อ y คือ ปริมาณฟางใน 1 ไร่, kg

x คือ ปริมาณฟางในพื้นที่เก็บตัวอย่าง, kg

a คือ ขนาดของพื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง, m^2

1 ไร่ มีค่าเท่ากับ 1600 ตารางเมตร

2.5.2 อัตราการไหลของฟาง

อัตราการไหลเชิงมวล (Mass Flowrate, $\dot{m}$) หมายถึง มวลของฟางที่ไหลผ่านช่องทางการไหลใด ๆ ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \quad \text{..... (2.2)}$$

เมื่อ $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวล, kg/s

m คือ มวลของฟาง, Kg

t คือ ระยะเวลาที่ทำการทดสอบ, s

2.5.3 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตแบบแจกแจงความถี่

ให้ X_i แทนจุดกึ่งกลางชั้นที่ i และ f_i แทนความถี่ในชั้นนั้น จะได้ว่าในชั้นนั้นมีผลรวมเท่ากับ x_if_i จะได้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตคือ

$$\frac{x_1f_1 + x_2f_2 + \ldots + x_kf_k}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{k} x_if_i}{n} \quad \text{..... (2.3)}$$

เมื่อข้อมูลมีทั้งหมด k ชั้น จำนวนทั้งหมด n ตัว

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

โครงงานการพัฒนาชุดสับฟางสำหรับรถเกี่ยวนวดข้าว (ระยะที่ 2) มีขั้นตอนการดำเนินงาน จำแนกเป็นการศึกษาลักษณะของฟางข้าว ออกแบบชุดทดสอบ สร้างชุดทดสอบ ทำการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดสอบการสับฟาง เลือกรูปแบบชุดสับที่เหมาะสมกับการสับฟางแบบติดรถเกี่ยว ทำการปรับปรุงแก้ไข

3.1 การศึกษาลักษณะความยาวของฟางข้าว

3.1.1 การเก็บตัวอย่างฟางข้าว

การเก็บตัวอย่างฟางข้าวที่ทำการศึกษาโดยวิธีการการสุ่มเก็บจากแปลงนาที่ทำการทดสอบทั้ง 3 แปลง แปลงละ 3 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 9 กลุ่มตัวอย่าง

3.1.2 การหาความยาวของฟางข้าว

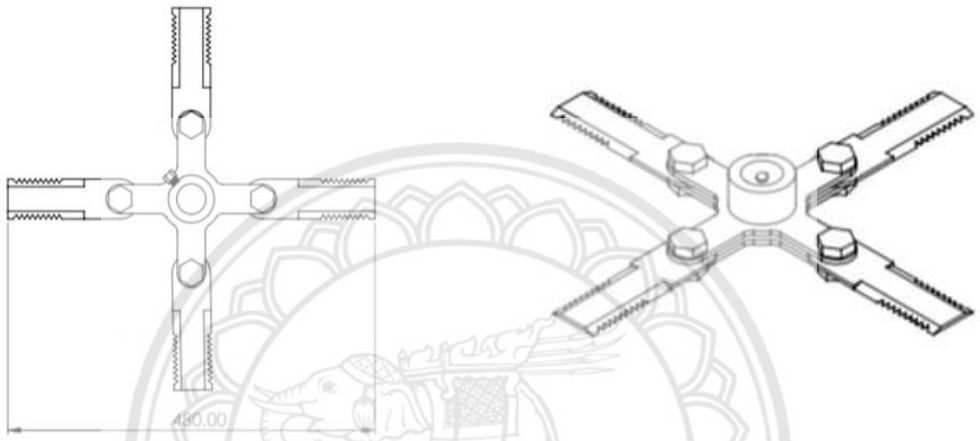
สุ่มวัดความยาวของฟางข้าวที่เก็บมาจำนวน 5 ต้น จากแต่ละกลุ่มตัวอย่างแล้วทำการหาความยาวเฉลี่ย

3.2 การออกแบบชุดสับฟาง

จากการศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยต่างๆ รวมถึงศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์สับย่อยต่างๆ ทั้งที่มีใช้ในประเทศและต่างประเทศ และการศึกษาเกี่ยวกับใบมีดรูปแบบต่างๆ ทำให้ทราบถึงหลักการทำงาน ข้อดีข้อเสียที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบชุดทดสอบการสับฟาง เพื่อให้ได้ฟางข้าวหลังสับที่มีความยาวน้อยกว่า 12 เซนติเมตร โดยแบ่งการออกแบบเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ชุดจานใบมีดตัดและชุดใบมีดสะดุด รายละเอียดในการออกแบบมีดังนี้

3.2.1 ชุดจานใบมีดสับ

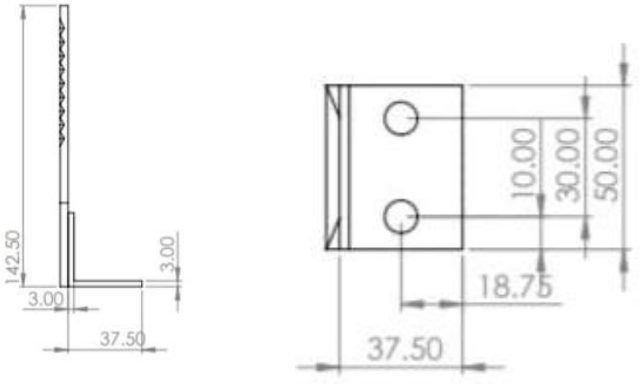
การออกแบบใช้ Kondex Straw Claw Chopper Blades (ม.ป.ป.) เป็นใบมีดสำหรับชุกใบมีดเพื่ออาศัยข้อดีตรงส่วนฟันของใบชนิดนี้ที่มีลักษณะเป็นฟันหยักคล้ายเลื่อยมาปรับใช้เพื่อช่วยให้ชุดทดสอบการสับฟางสามารถทำงานได้ดียิ่งขึ้น โดยชุดใบมีดตัดหนึ่งชุดประกอบด้วยใบมีดตัดจำนวน 4 ใบ ยึดติดอยู่บนจานใบมีดดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 ชุดจานใบมีดสับ

3.2.2 ชุดใบมีดสะดุด

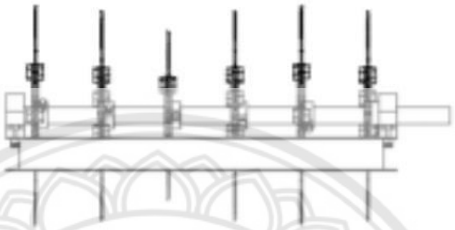
การออกแบบชุดใบมีดสะดุดมีแนวความคิดมาจากการทำงานของ John Deere Straw Chopper (ม.ป.ป.) ที่มีใบมีดสะดุดทำหน้าที่ลักษณะคล้ายเขียงรองรับฟางข้าวที่ถูกหมุนฟาดลงมาด้วยชุดใบมีดสับช่วยให้การสับย่อยของชุดทดสอบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยชุดใบมีดสะดุดใช้ใบมีดชนิดเดียวกันกับชุดใบมีดสับมาประกบติดอยู่บนชุดยึด ดังรูป 3.2



รูปที่ 3.2 ชุดใบมีดสะดุด

3.2.3 การจัดเรียงชุดจานใบมีดสับ

การจัดเรียงชุดจานใบมีดสับได้แนวคิดต้นแบบมาจากการจัดเรียงใบมีดของ Chopping drum for a forage harvester (Joshua, 2012) ที่มีลักษณะการเรียงใบให้มีลักษณะบิดทำมุมต่อกัน ทางผู้ออกแบบได้นำในส่วนนี้มาปรับใช้ โดยให้แต่ละชุดของจานใบมีดสับบิดทำมุมต่อกันที่ 22.5 องศา ในลักษณะเกลียวซ้าย ที่ระยะห่างระหว่างชุดจานเท่ากับ 5 10 และ 15 เซนติเมตร และต่อยอดออกไปด้วยการจัดเรียงชุดจานใบมีดให้อยู่ในลักษณะใบมีดตัดแบบเดี่ยวและใบตัดแบบคู่



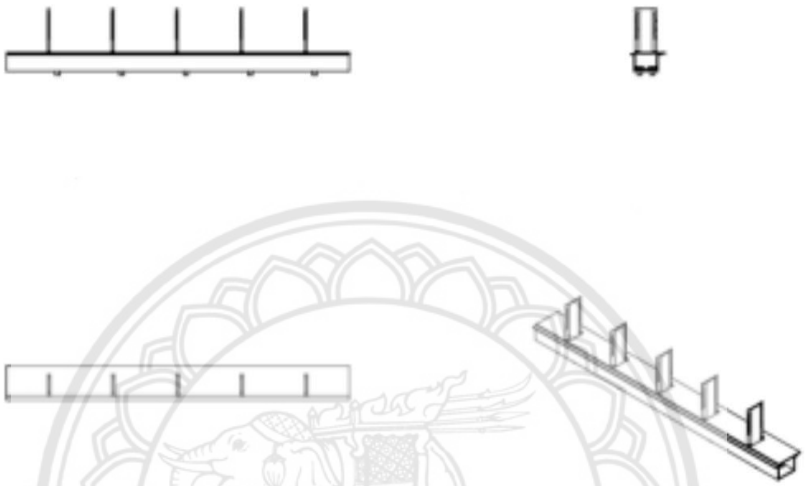
รูปที่ 3.3 การจัดเรียงชุดจานใบมีดสับระยะห่าง 10 เซนติเมตร

ก.ใบมีดสับแบบคู่ ข.ใบมีดสับแบบเดี่ยว

รูปที่ 3.4 รูปแบบการจัดเรียงใบมีดตัดแบบคู่และใบมีดตัดแบบเดี่ยว

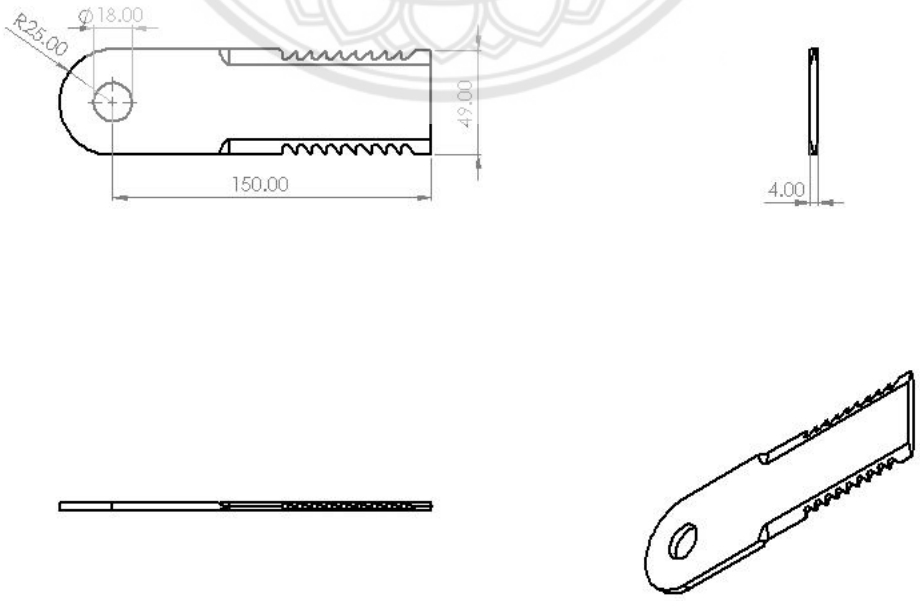
3.2.4 การจัดเรียงชุดใบมีดสะดุด

การจัดเรียงของชุดใบสะดุดมีลักษณะการจัดเรียงใบมีดให้มีระยะห่างเท่ากับชุดจานใบมีดสับที่จะใช้ทำการทดสอบ แล้วนำไปวางไว้ตรงส่วนล่างของตัวชุดสับให้แนวชุดใบสะดุดวางตัวสลับระหว่างใบมีดตัดโดยมีทิศทางเข้าหาศูนย์กลางของเพลา



รูปที่ 3.5 การจัดเรียงชุดใบมีดสะดุดของชุดสับฟาง

3.2.5 ใบมีดตรง



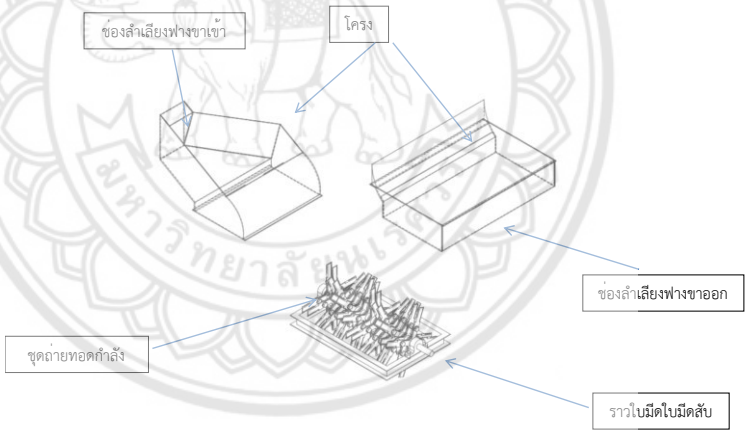
รูปที่ 3.6 ใบมีดตรง

ใบมีดสำหรับใช้เป็นชุดใบมีดสับและชุดใบมีดสะดุดของชุดทดสอบการสับฟาง ใบมีดชนิดนี้จะมีคมทั้ง 2 ด้าน ลักษณะคมมีดเป็นแบบ Chiesel Grinding หรือคมแบบสิ่ว มีองศาต่อด้านของคมมีดที่ 45 องศา ความยาว 15 เซนติเมตร กว้าง 4.9 เซนติเมตร หนา 0.4 เซนติเมตร (รูปที่ 3.6)

3.3 การสร้างชุดทดสอบ

การทำงานของชุดทดสอบเริ่มจากการลำเลียงฟางผ่านทางช่องด้านบนของโครงหลักเข้าสู่ชุดจานใบมีดสับที่ติดตั้งบนเพลาราวใบมีด ซึ่งหมุนไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาช่วยพัดฟางให้ไหลไปทางด้านขวาของชุดทดสอบ ทำการสับย่อยพร้อมหมุนฟาดกับชุดใบมีดสะดุดด้วยชุดถ่ายทอดกำลังจากต้นกำลังผ่านสายพานสู่มู่เลย์ที่ติดอยู่กับเพลาด้วยอัตราทด 1:1 ส่งผลให้ฟางภายในชุดทดสอบถูกสับจนมีขนาดสั้นลงแล้วปล่อยลงบนแปลง

3.3.1 โครงสร้างชุดสับฟาง



รูปที่ 3.7 โครงสร้างและส่วนประกอบของชุดทดสอบการสับฟาง

3.4 ชุดส่งถ่ายกำลัง

ชุดทดสอบการสับฟางใช้ต้นกำลังจากเครื่องยนต์ดีเซล คูโบต้า 12 แรงม้า อาร์ที 120 พลัส ส่งผ่านสายพานไปมู่เล่ย์ของเพลาของราวใบมีดอัตราทด 1:1 ให้มีความเร็วรอบ 1300 1500 และ 1700 รอบต่อนาที

3.5 การทดสอบภาคสนามเพื่อหาสมรรถนะและความสามารถของชุดสับฟางต้นแบบ

การทดสอบภาคสนามเพื่อหาสมรรถนะและความสามารถของชุดสับฟางต้นแบบ ใช้สถานที่ในการทำการทดสอบทั้งหมด 3 แปลง ได้แก่

1) แปลงที่ 1 ต.ท่านางงาม อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

พันธุ์ข้าวที่ทำการทดสอบ : ข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 1

วันที่ทำการทดสอบ : วันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2564

2) แปลงที่ 2 ต.ท่านางงาม อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

พันธุ์ข้าวที่ทำการทดสอบ : ข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 1

วันที่ทำการทดสอบ : วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2564

3) แปลงที่ 3 ต.ท่านางงาม อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

พันธุ์ข้าวที่ทำการทดสอบ : ข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 1

วันที่ทำการทดสอบ : วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2564

วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบหาความสามารถในการทำงานของชุดทดสอบ

2) เพื่อเปรียบเทียบความยาวฟางก่อนสับและหลังสับของชุดทดสอบ

วัสดุอุปกรณ์

1) ชุดทดสอบการสับฟาง

2) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบแขวน

3) ตลับเมตรสำหรับวัดความยาวฟาง

4) ผ้าใบสำหรับรองฟางข้าว

5) ฟางข้าวที่เกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวดข้าว

ขั้นตอนก่อนการทดสอบประสิทธิภาพการสับฟางของชุดทดสอบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กำหนดตัวแปรในการทดสอบ

M1 คือ ชุดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร แบบใบสับเดี่ยว

M2 คือ ชุดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร แบบใบสับคู่

M3 คือ ชุดสับฟางระยะห่าง 10 เซนติเมตร แบบใบสับเดี่ยว

M4 คือ ชุดสับฟางระยะห่าง 10 เซนติเมตร แบบใบสับคู่

M5 คือ ชุดสับฟางระยะห่าง 15 เซนติเมตร แบบใบสับเดี่ยว

1300 คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต้นกำลังที่ 1300 รอบต่อนาที

1500 คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต้นกำลังที่ 1500 รอบต่อนาที

1700 คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต้นกำลังที่ 1700 รอบต่อนาที

R1 การทำการทดลองซ้ำ ครั้งที่ 1

R2 การทำการทดลองซ้ำ ครั้งที่ 2

R3 การทำการทดลองซ้ำ ครั้งที่ 3

ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพการสับฟางของชุดทดสอบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ชั่งน้ำหนักฟางข้าวที่จะทำการทดสอบด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบแขวน

รูปที่ 3.8 ชั่งน้ำหนักฟางข้าวด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบแขวน

2) เก็บตัวอย่างฟางก่อนสับที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแต่ละตัวแปรเพื่อนำไปหาความยาวเฉลี่ยก่อนสับ

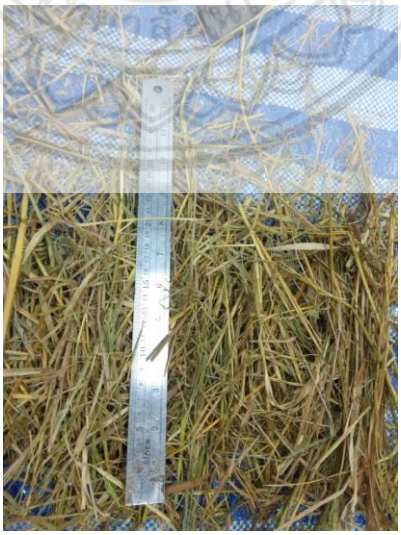
รูปที่ 3.9 วัดความยาวฟางเพื่อหาความยาวก่อนสับ

3) ปูผ้าใบสำหรับรองฟางข้าวที่ถูกสับ

4) ติดเครื่องยนต์ต้นกำลังและวัดความเร็วรอบของชุดทดสอบ

5) นำฟางที่ได้จากการเก็บเกี่ยวลำเลียงเข้าสู่ชุดทดสอบ

6) เก็บตัวอย่างฟางหลังสับเพื่อนำไปหาความยาวหลังสับ



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างฟางหลังสับ

7) เปลี่ยนความเร็วรอบของชุดทดสอบดปัน 1300 1500 และ 1700 รอบต่อนาที ตามตัวแปรที่กำหนดไว้ แล้วทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละตัวแปร

8) เปลี่ยนชุดสับฟางตามตัวแปรที่กำหนดไว้ (M1-M5) จากนั้นทำการทดสอบตามข้อ 5-7 ซ้ำจนครบทุกตัวแปร

รูปที่ 3.11 เปลี่ยนชุดสับฟางตามตัวแปรที่กำหนด

รูปที่ 3.12 ตัวอย่างชุดทดสอบการสับฟาง

9) นำตัวอย่างฟางหลังสับที่เก็บมาไปชั่งน้ำหนัก จดบันทึก แล้วนำไปร่อนตามตะแกรง 5 ขนาด ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขนาดของตะแกรง

ขนาดของตะแกรง (เซนติเมตร × เซนติเมตร)	**ความยาวของฟางข้าว (เซนติเมตร)**
5 x 5	L<7.07
10 x 10	7.07<L<14.14
15 x15	14.14<L<21.21
20 x 20	21.21<L<28.28
30 x 30	28.28<L<42.42
เหลือจากการร่อนตะแกรง	L>42.42

10) วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบเพื่อหาความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานของชุดทดสอบ

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการศึกษาลักษณะความยาวของฟางข้าว

ผลจากการศึกษาลักษณะความยาวของฟางข้าวพบว่าความยาวของฟางข้าวตัวอย่างที่เก็บมาจากทั้ง 2 แปลง รวมทั้งหมด 3 ครั้งจะเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 54.8 เซนติเมตร

4.2 ผลจากการทดสอบภาคสนาม

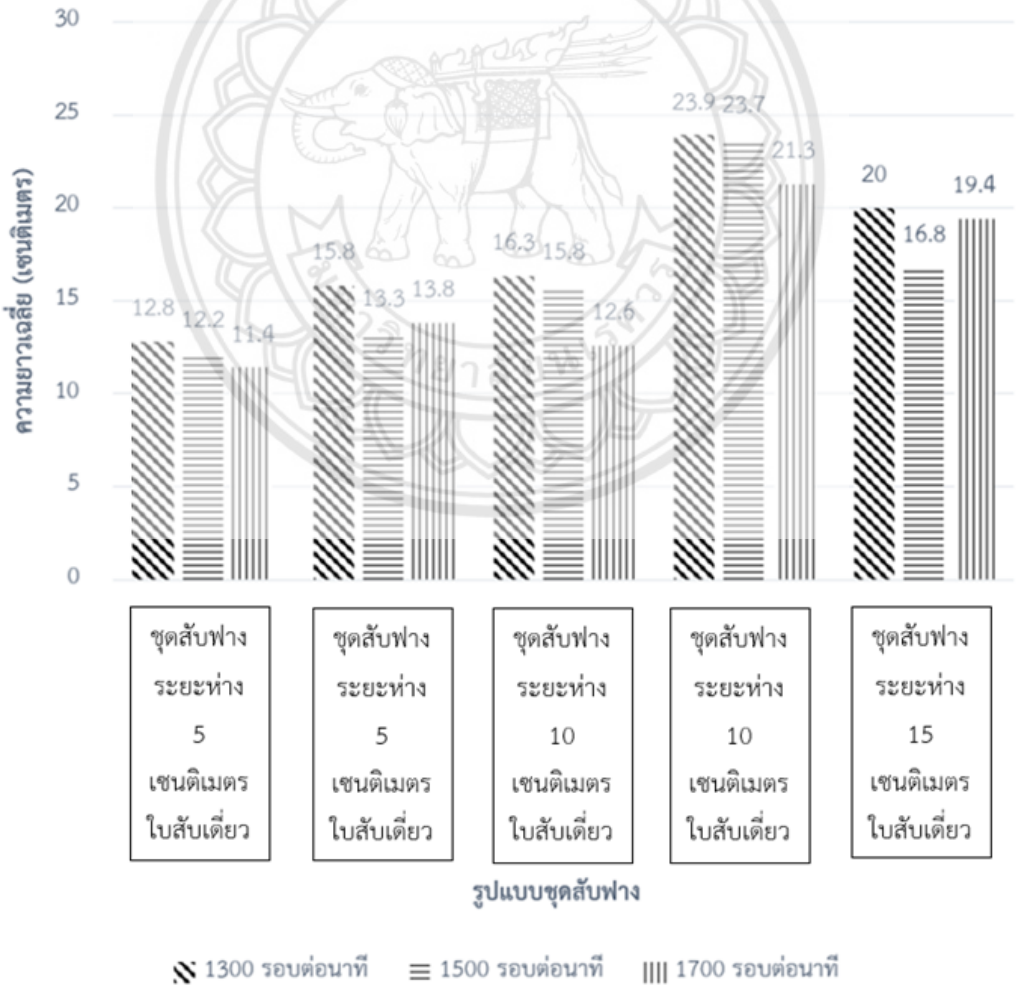
ผลจากการทดสอบชุดสับฟางต้นแบบกับฟางข้าวในแปลงทดสอบทั้ง 2 แปลง เมื่อวันที่ 16-17 มกราคม 2564 ณ แปลงนา ตำบล ท่านางงาม อำเภอ บางระกำ จังหวัด พิษณุโลก ใช้เครื่องยนต์คูโบต้า รุ่น RT120 Plus ดีเซล 4 จังหวะ 1 สูบนอน 12 แรงม้าเป็นต้นกำลัง แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาลักษณะความยาวของฟางข้าว

รูปแบบชุดสับ	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	อัตราการป้อน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	ความยาวเฉลี่ยของฟางข้าวหลังสับ (เซนติเมตร)
ชุดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร ใบสับเดี่ยว	1300	601.2	12.8
	1500	594	12.2
	1700	457.2	11.4
ชุดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร ใบสับเดี่ยว	1300	518.4	15.8
	1500	565.2	13.3
	1700	626.4	13.8
ชุดสับฟางระยะห่าง 10 เซนติเมตร ใบสับเดี่ยว	1300	831.6	16.3
	1500	810	15.8
	1700	864	12.6

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาลักษณะความยาวของฟางข้าว (ต่อ)

รูปแบบชุดสับ	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	อัตราการป้อน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	ความยาวเฉลี่ยของฟางข้าวหลังสับ (เซนติเมตร)
ชุดสับฟางระยะห่าง 10 เซนติเมตร ใบสับคู่	1300	518.4	23.9
	1500	406.8	23.7
	1700	471.6	21.3
ชุดสับฟางระยะห่าง 15 เซนติเมตร ใบสับเดี่ยว	1300	1137.6	20.0
	1500	1029.6	16.8
	1700	874.8	19.4



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงความยาวเฉลี่ยฟางข้าวหลังผ่านชุดสับ

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 พบว่าการสับย่อยฟางด้วยชุดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร แบบใบสับเดี่ยว ที่ความเร็วรอบ 1700 รอบต่อนาที มีค่าความยาวเฉลี่ยของฟางข้าวน้อยสุดที่ 11.4 เซนติเมตร ซึ่งเป็นผลเนื่องจากการจัดเรียงรูปแบบของใบมีดสังเกตได้จากชุดสับฟางที่มีระยะห่าง 5 เซนติเมตรเท่ากัน ความเร็วรอบ 1700 รอบต่อนาทีเท่ากัน การใช้ใบสับเดี่ยวจะทำให้สามารถสับย่อยฟางได้ดีกว่า

เช่นเดียวกับระยะห่างระหว่างจานใบมีดสับที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลต่อความสามารถของชุดสับด้วย โดยสังเกตได้จากชุดสับฟางที่มีระยะห่าง 10 เซนติเมตร แบบใบสับเดี่ยวที่ความเร็วรอบ 1700 รอบต่อนาทีจะสามรถสับฟางให้มีความยาวเฉลี่ยมากกว่าชุดสับฟางที่มีระยะห่าง 5 เซนติเมตร แบบใบสับเดี่ยว

ความเร็วรอบของเพลาราวใบมีดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การสับย่อยฟางทำได้ดีขึ้น สังเกตได้จากการสับย่อยฟางด้วยชุดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร แบบใบสับเดี่ยว ในแต่ละความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความยาวเฉลี่ยของฟางข้าวลดลง

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1) ฟางข้าวที่ถูกปล่อยออกจากรถเกี่ยวนวดข้าว มีความยาวเฉลี่ย 54.8 เซนติเมตร

2) ชุดทดสอบการสับฟางต้นแบบมีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โครง เพลาราวชุดใบมีดสับ ชุดใบมีดสะดุด และชุดถ่ายทอดกำลัง การทำงานของชุดทดสอบเริ่มจากการลำเลียงฟางผ่านทางช่องด้านบนของโครงหลักเข้าสู่ชุดจานใบมีดสับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 480 มิลลิเมตร ทำจากใบมีดตรงลักษณะคมแบบ Chiesel Grinding หรือ คมแบบสิ่ว ขนาดกว้าง 49 มิลลิเมตรยาว 150 มิลลิเมตร หนา 4 มิลลิเมตรติดตั้งด้วยชุดล็อกบนเพลาราวใบมีดยาว 800 มิลลิเมตร โดยชุดใบมีดสับแต่ละชุดจะบิดทำมุม 22.5 องศาต่อกันไปในลักษณะเกลียวซ้ายช่วยพัดฟางให้ไหลไปทางด้านขวาของชุดทดสอบ พร้อมหมุนฟาดกับชุดใบมีดสะดุดด้วยชุดถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์ผ่านสายพานสู่มู่เลย์ที่ติดอยู่กับเพลาราวใบมีดด้วยอัตราทด 1:1 ส่งผลให้ฟางภายในชุดทดสอบถูกสับจนมีขนาดสั้นลงแล้วปล่อยลงบนแปลง

3) เมื่อพิจารณาสมรรถภาพของชุดสับฟางต้นแบบพบว่าสามารถสับย่อยฟางได้ดีที่สุดชุดใบมีดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร แบบใบสับเดี่ยว ความเร็วรอบของต้นกำลังที่ 1700 รอบต่อนาที สามารถสับย่อยฟางข้าวให้เหลือความยาวเฉลี่ย 11.8 เซนติเมตรโดยประมาณ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) หากสามารถเพิ่มความเร็วรอบของราวใบมีดได้จะช่วยให้ประสิทธิภาพของการสับย่อยฟางข้าวทำได้ดีขึ้น

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2560). ศูนย์ป้องกันและแก้ไขปัญหาด้านการเกษตร. สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2563, จาก http://www.ldd.go.th/www/lek_web/

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (ม.ป.ป). เกษตรไทยไม่เผาฟาง. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2563, จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/air_straw.htm

กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม .(ม.ป.ป.). ลดการเผาฟางข้าวและตอซังและเศษวัสดุทางการเกษตร ลดภาวะโลกร้อน. สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2563, จากhttp://www.chamai.go.th/Fileupload/943Stop%20burning%20stop%20environmental%20destruction1.pdf

กิตติศักดิ์ ปุ้มแสง, นัฐครินทร์ สายคเชนทร์ และ นิธิ รัตนศิริแสงโชติ. (2562). การพัฒนาชุดสับฟางสำหรับรถเกี่ยวนวดข้าว. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ถนัด รัตนาณุพงศ์. (2531). คุณลักษณะของฟางข้าว. สืบค้นเมื่อ 11 มกราคม 2563, จาก https://puechkaset.com/

บริษัท กอนวันฟาร์มอาร์แอนด์ดี จำกัด. (2560). ฟางข้าวจำนวน 1 ตัน. สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2563, จาก http://www.gonsukkasem.com.drgonedragon.com/2017/03/1.html

บริษัท เกษตรพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด. (2559). รถเกี่ยวนวดข้าวเกษตรพัฒนา รุ่นจ้าวช้างไวไฟ KPH-22T. 26 มกราคม 2563, จาก https://www.kpn.co.th/product/combine-harvester/kph-22t.html

บริษัท ไทยเส็งยนต์การเกษตร จำกัด. (ม.ป.ป.). รถเกี่ยวนวดข้าวไทยเส็งยนต์ รุ่นเดี่ยวทระนงจ้าวพายุ 4.0 สืบค้นเมื่อ 26 มกราคม 2563, จาก http://www.thaisengyont.com/th/

บริษัท ยันม่าร์ เอส.พี.จำกัด. (ม.ป.ป.). ข้อมูลจำเพาะของรถเกี่ยวนวดข้าว YANMAR รุ่น AW70V. สืบค้นเมื่อ 26 มกราคม 2563, จาก https://www.108engine.com/Combine_Harvester/Yanmar/Yanmar_AW70V.asp#.XYHgXPlKjIW

บริษัท ศักดิ์พัฒนาการเกษตร จำกัด. (ม.ป.ป.). รถเกี่ยวนวดข้าวศักดิ์พัฒนา รุ่นเคเอ็ม-เอเอ็มที. สืบค้นเมื่อ 26 มกราคม 2563, จาก http://www.sakpattana.com/product-detail/32

บริษัท สยามคูโบต้าคอร์ปอเรชั่น จำกัด. (ม.ป.ป.). ข้อมูลจำเพาะของรถเกี่ยวนวดข้าว KUBOTA รุ่น DC-70G. สืบค้นเมื่อ 26 มกราคม 2563, จาก https://www.108engine.com/Combine_Harvester/Kubota/Kubota_DC70G.asp# XYHfv_lKjIW

พีเอสพี มาร์ท. (ม.ป.ป.). เครื่องย่อยกิ่งและไม้ใบไม้ Talon HSG2000. สืบค้นเมื่อ 9 มกราคม 2563. จาก http://www.pspmart.com/

มูลนิธิชัยพัฒนา. (2555). โครงการพัฒนาที่ดินมูลนิธิชัยพัฒนา. สืบค้นเมื่อ 17 มกราคม 2563, จาก http://www.chaipat.or.th/site_content/item/5431-15-2555.html

รัตนา การุญบุญญานันท์. (2562). เอกสารประกอบการเรียนวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร. Harvesters and Threshers. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร

สมชาย ชวนอุดม. (2555). เครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย. สืบค้นเมื่อ 26 มกราคม 2563, จาก http://www.phtnet.org/2012/06/123/

สมชาย ชวนอุดม และวินิต ชินสุวรรณ. (2551). การสร้างและประเมินผลสมการประมาณความสูญเสียจากกระบวนการนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนสำหรับพันธ์ข้าวชัยนาท 1.วารสารวิจัย มข, 13 (2).251-260.

สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. (ม.ป.ป). ความรู้ด้านการพัฒนาที่ดิน. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2563,จาก https://www.mdhlds.go.th/index.php/2017-03-06-07-48-07/ 2017-03-06-11-01-43

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. (ม.ป.ป.). เครื่องจักรกลการเกษตร. สืบค้นเมื่อ 22 มกราคม 2563, จาก http://www.ricethailand.go.th/Rkb/machine/index.php-file=Content.php&id=11.html

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2563, จาก http://www.oae.go.th/view/1/ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร/TH-TH

องค์การบริหารส่วนตำบลดอนเมย. (2563). ผลกระทบจากการเผาฟาง. สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2564, จาก https://www.donmeiy.go.th/การเผาฟางเป็นส่วนหนึ่ง/

Alibaba. (ม.ป.ป.). rotary mower blades. สืบค้นเมื่อ 27 กันยายน 2562, จาก https://thai.alibaba.com/promotion/promotion_rotary-mower-blades-promotion-list.html

CLAAS. (ม.ป.ป.). CLAAS combine harvesters LEXION 670-620. สืบค้นเมื่อ 19 กุมภาพันธ์ 2563, จาก https://www.claas.is/products/combines/ lexion670-620hrc-2018/crop-flow

Deere & Company. (ม.ป.ป.). S790 Combine. สืบค้นเมื่อ 21 กุมภาพันธ์ 2563, จาก https://www.deere.com/en/harvesting/sseriescombines/s790combine/

DEUTZ FAHR. (ม.ป.ป.). Combine harvester C9000 Series. สืบค้นเมื่อ 27 กุมภาพันธ์ 2563, จาก https://www.deutz-fahr.com/en-eu/products/combine-harvesters/4489-c9000-series-tier-4-finalFarm equipment. (2560).

Farm equipment. (2560). Kondex Corp. Straw Claw Chopper Blades. สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2563, จาก https://www.farm-equipment.com/articles/14536-kondexcorp-straw-claw-chopper-blade

Group Schumacher. (2560). Straw chopper knife. สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2563, จาก www.groupschumacher/north-america/products/maehdrescher /strohhaeckslermesser

Jensales. (ม.ป.ป.). John Deere S560 Combine Knife Kit; Straw Chopper. สืบค้นเมื่อ 11 มีนาคม 2563, จาก https://www.jensales.com/products/john-deere-s560-combine-knife-kit-straw-chopper-includes-4-lh-4-rh-blades-european-ah225937.html

Joshua D. Bacon (2012). Chopping drum for a forage harvester. United States Patent No. US 8,146,849 B2

Maejo AG Engineering's Shop, (ม.ป.ป.). เครื่องสับย่อยกิ่งไม้และใบไม้ รุ่น MAE–11DA–001H. สืบค้นเมื่อ 9 มกราคม 2563. จาก https://maejo63.wordpress.com/

New Holland Agriculture. (ม.ป.ป.). CR REVELATION COMBINE HARVESTERS. สืบค้นเมื่อ 7 มกราคม 2563, จาก https://agriculture.newholland.com/eu/enuk/equipment/products/combine-harvesters/cr-revelation/details/managingresidue

Picursa. (ม.ป.ป.). Straw chopper with combine harvester. สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์2563, จาก https://www.picursa.com/en/machinery/combine-harvester-accessories

Posttoday. (2562). เศรษฐกิจ-ธุรกิจ. สืบค้นเมื่อ 9 มกราคม 2563,จาก https://www .posttoday.com/economy/news/576365

Roger A. Russ And John J. Hennen (1987). Forage harvester blower. United States Patent No.US 4,696,432

Shoup Manufacturing. (ม.ป.ป). Straw Chopper Blade Kit. สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2563, จาก https://www.shoupparts.com/R9060-Straw-Chopper-Blade-Kit

Thaitractor. (ม.ป.ป.). เครื่องสับย่อยอเนกประสงค์ รุ่น 3.0. สืบค้นเมื่อ 9 มกราคม 2563. จาก http://www.thaitractor.com/

ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบชุดสับฟางสำหรับรถเกี่ยวนวดข้าว

ตารางที่ ก.1 ผลการศึกษาลักษณะความยาวของฟางข้าว

ครั้งที่ 1 แปลงที่ 1		ครั้งที่ 2 แปลงที่ 2		ครั้งที่ 3 แปลงที่ 2	
ต้นที่	**ความยาวฟาง (cm)**	**ต้นที่**	**ความยาวฟาง (cm)**	**ต้นที่**	**ความยาวฟาง (cm)**
1	66.0	1	62.0	1	52.4
2	60.0	2	76.0	2	36.0
3	49.8	3	56.0	3	66.2
4	61.0	4	36.0	4	43.1
5	37.0	5	71.0	5	65.0
6	46.0	6	84.0	6	48.3
7	45.0	7	46.0	7	62.0
8	33.0	8	64.0	8	71.0
9	47.0	9	53.0	9	65.7
10	33.0	10	61.0	10	66.0
11	60.0	11	45.0	11	49.0
12	52.0	12	51.0	12	43.8
13	58.0	13	53.5	13	43.0
14	74.0	14	77.0	14	52.0
15	40.0	15	40.0	15	67.0
เฉลี่ย	50.8	เฉลี่ย	58.4	เฉลี่ย	55.4
เฉลี่ยทั้งหมด		54.8			

ตารางที่ ก.2 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักฟางข้าวหลังผ่านชุดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร ใบสับเดี่ยว แบ่งตามความยาว

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	**ความยาวของฟางข้าวหลังสับ(เซนติเมตร)**					
	L<7.1	**7.1<L<14.2**	**14.2<L<21.2**	**21.21<L<28.3**	**28.3<L<42.4**	**L>42.4**
1300	32.4	30.3	21.9	10.3	3.1	1.9
1500	39.5	25.8	19.6	9.6	3.1	2.4
1700	42.1	27.0	20.7	5.2	2.7	2.3

ตารางที่ ก.3 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักฟางข้าวหลังผ่านชุดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร ใบสับคู่ แบ่งตามความยาว

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	**ความยาวของฟางข้าวหลังสับ(เซนติเมตร)**					
	L<7.1	**7.1<L<14.2**	**14.2<L<21.2**	**21.21<L<28.3**	**28.3<L<42.4**	**L>42.4**
1300	26.5	27.2	20.8	12.3	8.5	4.7
1500	34.5	33.6	15.7	6.4	5.1	4.8
1700	30.7	30.8	17.7	12.6	6.1	2.2

ตารางที่ ก.4 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักฟางข้าวหลังผ่านชุดสับฟางระยะห่าง 10 เซนติเมตร ใบสับเดี่ยว แบ่งตามความยาว

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	**ความยาวของฟางข้าวหลังสับ(เซนติเมตร)**					
	L<7.1	**7.1<L<14.2**	**14.2<L<21.2**	**21.21<L<28.3**	**28.3<L<42.4**	**L>42.4**
1300	26.4	28.1	17.4	14.1	7.6	6.4
1500	29.2	27.2	18.2	11.2	7.6	6.5
1700	40.7	26.7	16.7	7.1	5.5	3.3

ตารางที่ ก.5 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักฟางข้าวหลังผ่านชุดสับฟางระยะห่าง 10 เซนติเมตร ใบสับคู่ แบ่งตามความยาว

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	**ความยาวของฟางข้าวหลังสับ(เซนติเมตร)**					
	L<7.1	**7.1<L<14.2**	**14.2<L<21.2**	**21.21<L<28.3**	**28.3<L<42.4**	**L>42.4**
1300	13.3	15.2	19.0	19.3	18.3	14.9
1500	14.4	15.8	18.3	17.1	20.4	14.1
1700	16.4	18.4	20.7	17.4	17.8	9.3

ตารางที่ ก.6 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักฟางข้าวหลังผ่านชุดสับฟางระยะห่าง 15 เซนติเมตร ใบสับเดี่ยว แบ่งตามความยาว

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	**ความยาวของฟางข้าวหลังสับ(เซนติเมตร)**					
	L<7.1	**7.1<L<14.2**	**14.2<L<21.2**	**21.21<L<28.3**	**28.3<L<42.4**	**L>42.4**
1300	19.5	21.3	21.0	13.0	16.1	9.1
1500	27.2	21.8	17.8	17.7	11.4	4.1
1700	20.5	20.8	18.2	18.4	15.8	6.4

ตารางที่ ก.7 ตารางบันทึกค่าน้ำหนักและเวลาที่ใช้ในการป้อนฟาง

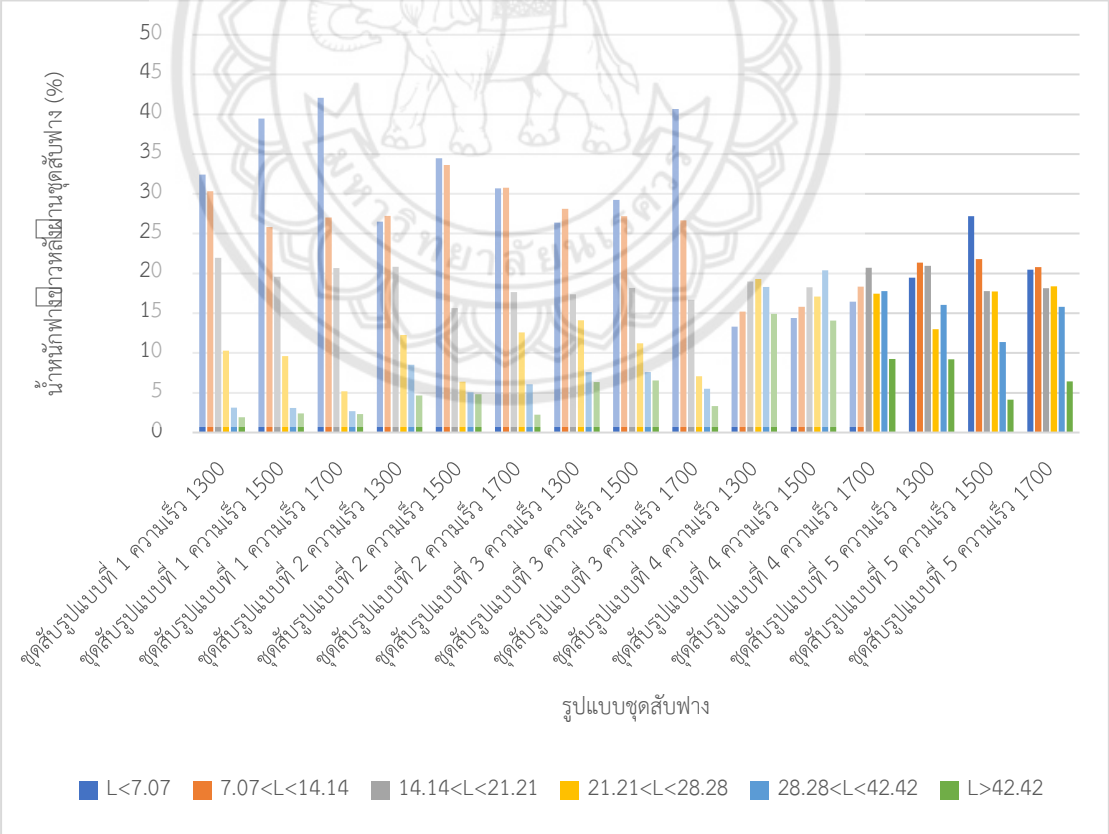
รูปแบบชุดสับ	**ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)**	**ครั้งที่**	**น้ำหนักฟาง (กิโลกรัม)**	**เวลาที่ใช้ในการป้อนฟาง (วินาที)**
ชุดสับฟาง ระยะห่าง 5 เซนติเมตร ใบสับเดี่ยว	1300	1	19.3	122.0
		2	27.5	159.2
		3	20.4	122.0
	1500	1	27.1	169.0
		2	12.6	67.0
		3	17.0	106.8
	1700	1	15.6	114.6
		2	11.7	101.9
		3	13.9	108.9

ตารางที่ ก.7 ตารางบันทึกค่าน้ำหนักและเวลาที่ใช้ในการป้อนฟาง (ต่อ)

รูปแบบชุดสับ	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ครั้งที่	น้ำหนักฟาง (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ในการป้อนฟาง (วินาที)
ชุดสับฟาง ระยะห่าง 5 เซนติเมตร ใบสับคู่	1300	1	16.9	71.5
		2	15.4	72.7
		3	20.1	93.0
	1500	1	17.3	74.9
		2	21.2	100.3
		3	20.8	88.2
	1700	1	23.2	104.4
		2	18.7	77.7
		3	21.2	81.0
ชุดสับฟาง ระยะห่าง 10 เซนติเมตร ใบสับเดี่ยว	1300	1	16.7	56.3
		2	11.0	34.4
		3	15.8	46.7
	1500	1	9.1	31.2
		2	17.7	65.1
		3	16.3	54.0
	1700	1	10.3	50.5
		2	11.5	42.2
		3	9.1	34.4
ชุดสับฟาง ระยะห่าง 10 เซนติเมตร ใบสับคู่	1300	1	17.8	118.7
		2	15.4	114.5
		3	17.8	119.5
	1500	1	9.0	57.0
		2	10.4	60.0
		3	15.8	107.0
	1700	1	11.8	68.3
		2	11.5	72.1
		3	13.3	69.2

ตารางที่ ก.7 ตารางบันทึกค่าน้ำหนักและเวลาที่ใช้ในการป้อนฟาง (ต่อ)

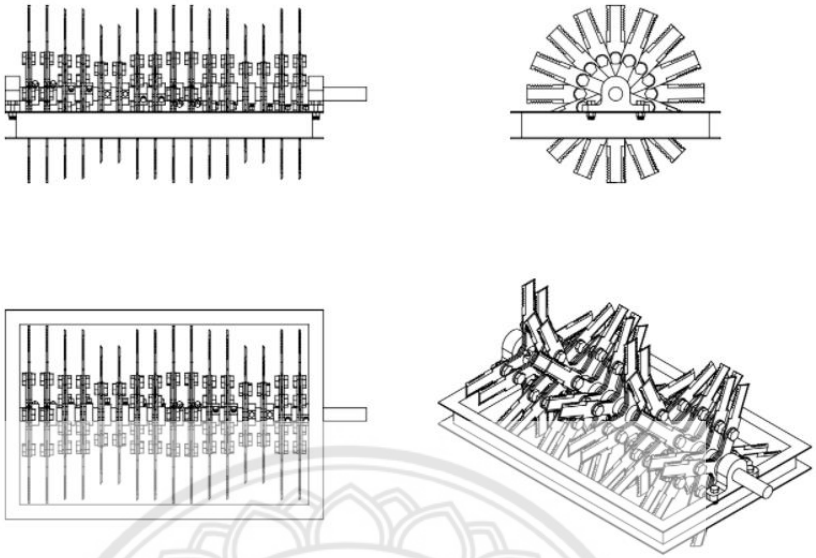
รูปแบบชุดสับ	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ครั้งที่	น้ำหนักฟาง (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ในการป้อนฟาง (วินาที)
ชุดสับฟาง ระยะห่าง 15 เซนติเมตร ใบสับเดี่ยว	1300	1	11.2	77.3
		2	10.2	65.7
		3	7.1	54.3
	1500	1	12.3	100.5
		2	11.5	125.0
		3	9.9	73.5
	1700	1	9.0	77.6
		2	8.1	46.9
		3	10.8	87.7



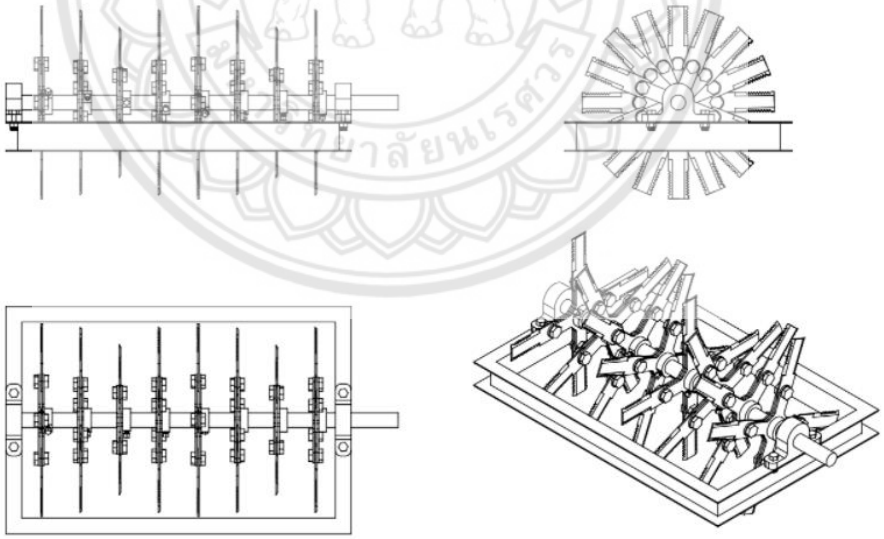
รูปที่ ก.1 แผนภูมิแสดงน้ำหนักฟางข้าวหลังผ่านชุดสับฟ

ภาคผนวก ข

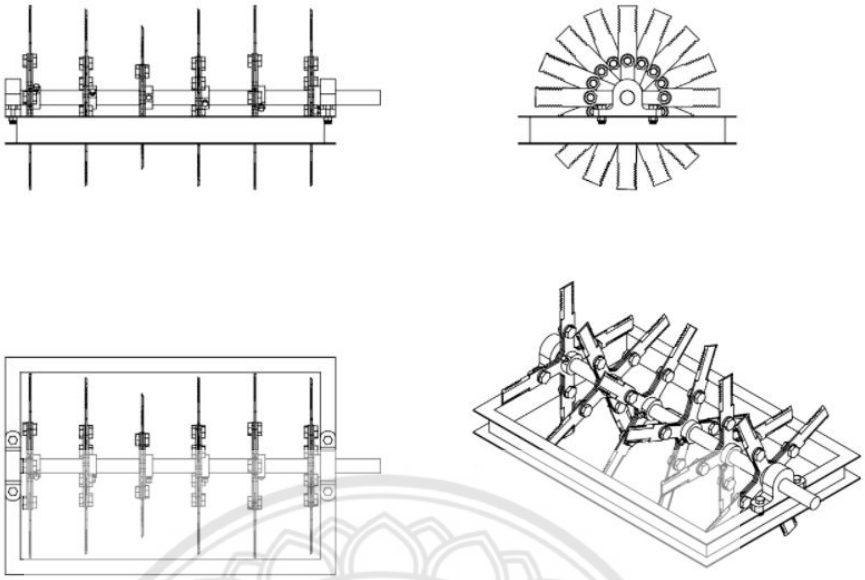
แบบชุดทดสอบการสับฟาง



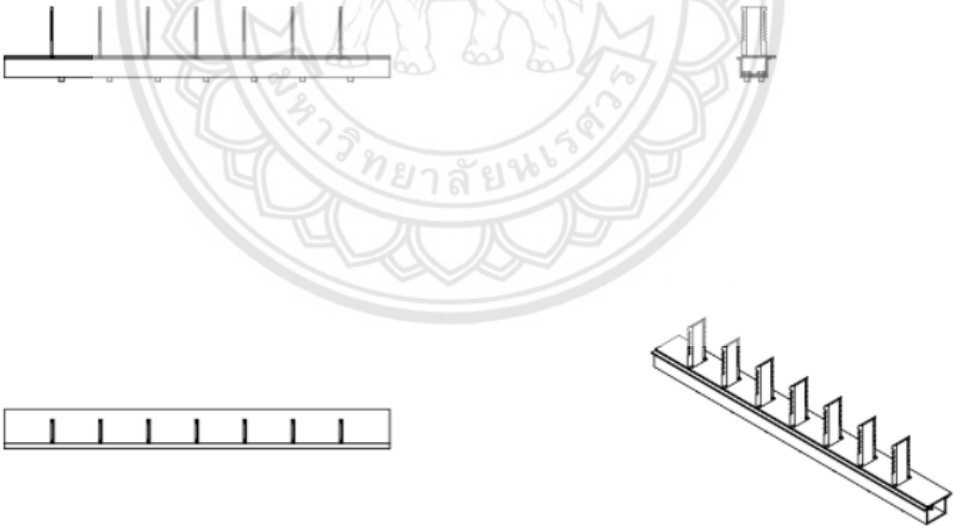
รูปที่ ข.1 ชุดใบมีดสับฟางระยะห่าง 5 เซนติเมตร



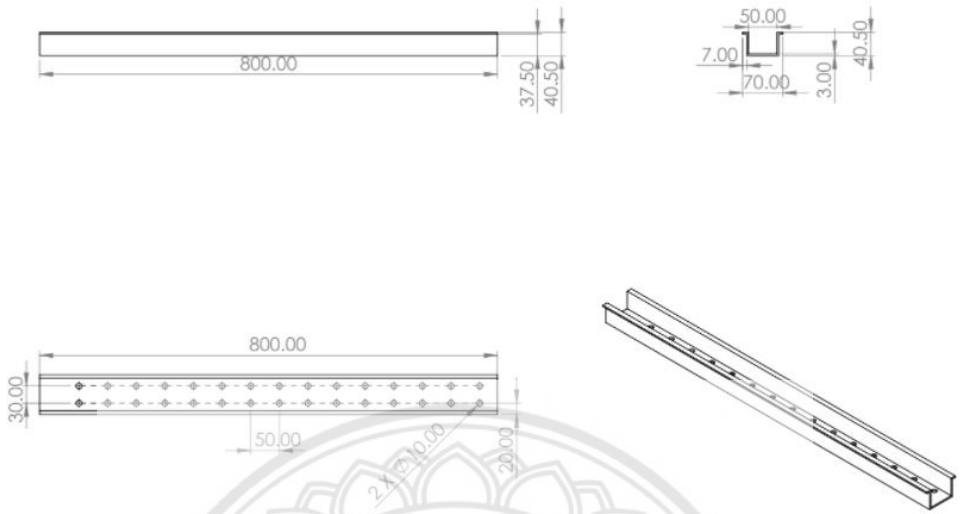
รูปที่ ข.2 ชุดใบมีดสับฟางระยะห่าง 10 เซนติเมตร



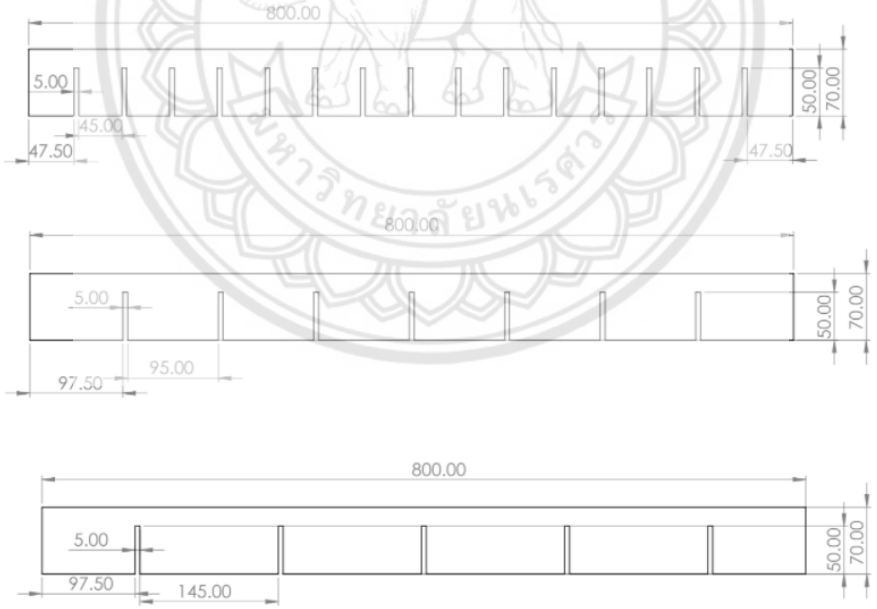
รูปที่ ข.3 ชุดใบมีดสับฟางระยะห่าง 15 เซนติเมตร



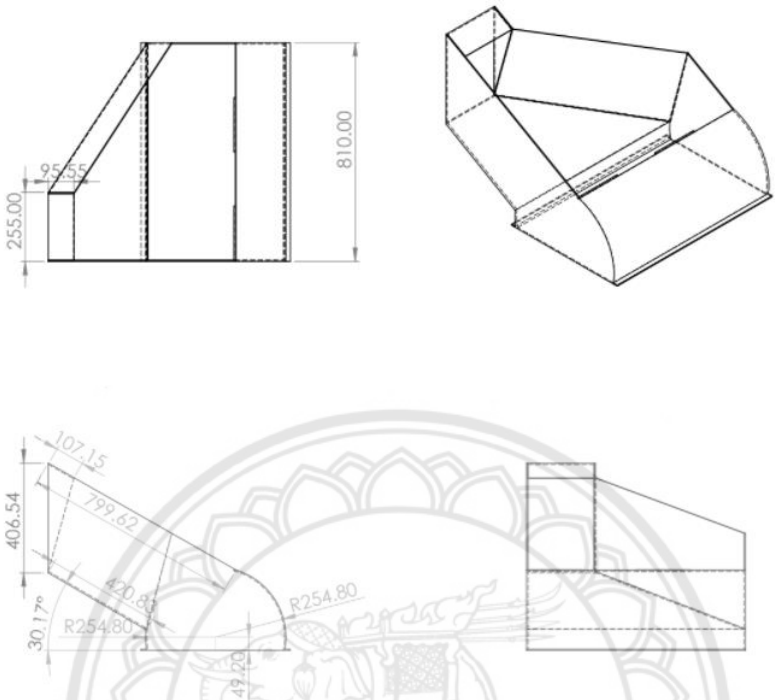
รูปที่ ข.4 ชุดใบมีดสะดุดระยะห่าง 10 เซนติเมตร



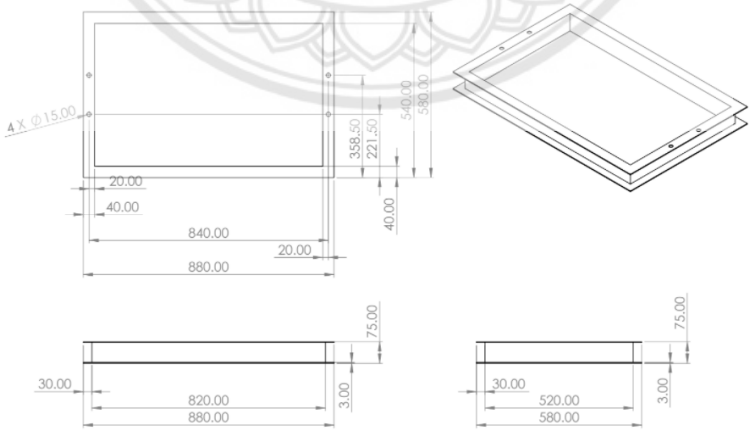
รูปที่ ข.5 ชุดรางใบมีดสะดุด



รูปที่ ข.6 แผ่นเหล็ก cover blade



รูปที่ ข.7 ตัวครอบชุดทดสอบส่วนบน



รูปที่ ข.8 ตัวครอบชุดทดสอบส่วนบน