



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

ปริญญา

วิศวกรรมเกษตร

วิศวกรรมเกษตร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามเพื่อเกษตรกรรายเล็ก

The Study and Development of the Walking Forage Mower for Small Scale Farmer

นามผู้วิจัย นายศรัณย์ ชงสันเทียะ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์วิชา หมั่นทำการ, M.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามเพื่อเกษตรกรรายเล็ก

The Study and Development of the Walking Forage Mower for Small Scale Farmer

โดย

นายศรัณย์ ชงสันเทียะ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2552

ศรัณย์ ชงสันเทียะ 2552: การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม เพื่อเกษตรกรรายเล็ก ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) สาขาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์, Ph.D. 135 หน้า

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ออกแบบ สร้างและประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหาร สัตว์แบบเดินตามมีแนวทางในการศึกษาประกอบไปด้วย การออกแบบและสร้างต้นแบบ และการ ประเมินผล โดยใช้อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ อัตราการสิ้นเปลือง น้ำมันเชื้อเพลิง และความต้องการกำลังขับของเครื่องยนต์ โดยใช้หญ้าแพงโกล่าทดสอบการตัด ผลการศึกษาคุณสมบัติของหญ้าแพงโกล่า อายุตัดประมาณ 40-45 วัน ความสูงเฉลี่ย 36 เซ็นติเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 507 ต้นต่อตารางเมตร ความชื้นเฉลี่ย 75% wb ความสูงตอหญ้าหลังการตัด เฉลี่ย 8 เซ็นติเมตร

เครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม ใบมีดโรตารีแบบหมุนเข้าหากัน ติดตั้งด้านหน้า ตัวรถขับเคลื่อนด้วยเกียร์เดินหน้ามีแนวโน้มเหมาะสมในการตัดหญ้าแพงโกล่า การทดสอบและ ประเมินผลมีปัจจัยศึกษา 2 ปัจจัย เกียร์เดินหน้า 3 ระดับ คือ เกียร์ 1st, 2nd และ 3rd ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ 4 ระดับ คือ 1,972 2,335 2,787 และ 3,339 rpm โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ พบว่า ความเร็วการเคลื่อนที่สูงสุดคือ 1.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อัตราการทำงานเชิงพื้นที่สูงสุดคือ 0.6 ไร่ ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากที่สุด คือ 2.7 ลิตรต่อชั่วโมง โดยใช้เกียร์เดินหน้า 3rd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3,339 rpm แต่อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุดคือ 0.37 ลิตรต่อชั่วโมง ใช้เกียร์ 1st ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ กำลังที่ใช้ตัดหญ้ามากที่สุดคือ 1.6 กิโลวัตต์ กำลังที่ใช้ตัดหญ้าน้อยที่สุดคือ 0.6 กิโลวัตต์ โดยหญ้าที่ตัดแล้วมีการรวบรวมเป็นแถว หน้ากว้าง 40 ซม. ขนาดกองหญ้า 80 % ของปริมาณหญ้า

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เหมาะสมในการตัดหญ้าแพงโกล่า คือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3,339 rpm ใช้เกียร์เดินหน้าคือ เกียร์ 3rd

Saran Thongsantia 2009: The Study and Development of the Walking Forage Mower for Small Scale Farmer. Master of Engineering (Agricultural Engineering),
Major Field: Agricultural Engineering, Department of Agricultural Engineering.
Thesis Advisor: Assistant Professor Seewalak Pataveerat, Ph.D. 135 pages.

The research attempted to design and evaluate a forage walking mower. The study consisted of a evaluation of the rotary cutter, design and construction of a prototype and evaluation of the prototype. The following indicators were used in the study : field capacity, travelling speeds, fuel consumption and power requirment of the prototype. The result properties of pangolar grasses as follows : aged of cut were 40-45 days, the everage high of pangolar were 36 centimetre, the everage density of stems were 507 stems per square metre, the everage moisture content were 75 %wb and the everage high of pangolar grass after cut were 8.08 centimetre.

The forage walking mower equipped with the rotary cutter in front of the prototype. The cutter units were 2 rotary cutter and the direction of cut rotated opposite. The prototype was found to be appropriate for cutting pangolar grass. The evaluation of the forage walking mower was baseed on the following 2 factor : forward gear, with 3 levels : 1st, 2nd and 3rd revolution velocity , with 4 levels : 1,972 2,335 2,787 and 3,339 rpm. Tested with 3 replication. The test results of the machine indicated the following optimum values : travelling speed 1.7 km/hr, field capacity 0.6 rai/hr, fuel consumption 2.7 liter/hr by 3rd gear at highest revolution velocity. By the way, The minimum values of fuel consumption 0.37 liter/hr by 1st gear at loe revolution velocity. Power requirment at optimum value was 1.6 kilowatt and minimum value was 0.6 kilowatt. The cut forage was gathered to 40 cm strip with 80 % of total cut forage.

The result of the revolution velocity was the highest revolution velocity. The sutable foward gear was the 3rd gear.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์นี้ ประสบความสำเร็จลงได้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ ที่ให้คำปรึกษา หาทุนสนับสนุนงบประมาณในการสร้างเครื่องและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รองศาสตราจารย์ วิชา หมั่นทำการ กรรมการวิชาเอก ที่ให้คำปรึกษาที่ดี อันเป็นประโยชน์จนวิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการสร้างเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามและทดสอบเครื่องเป็นอย่างดี ตลอดจนเพื่อนๆนิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรที่ช่วยเหลือในการทดสอบ

สุดท้ายนี้ประโยชน์ที่วิทยานิพนธ์เล่มนี้พึงมี ผู้เขียนขอบอบแต่ คุณพ่อ คุณแม่ คณาจารย์ทุกท่านและผู้ที่ทำให้การช่วยเหลือและสนับสนุนจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้

ศรัณย์ ชงสันเทียะ

เมษายน 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(10)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	36
อุปกรณ์	36
วิธีการ	36
ผลและวิจารณ์	50
ผล	50
สรุปและข้อเสนอแนะ	92
สรุปและข้อเสนอแนะ	92
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	94
ภาคผนวก	96
ภาคผนวก ก การออกแบบและการคำนวณ	97
ภาคผนวก ข การปรับตั้งอุปกรณ์วัดและการคำนวณ	103
ภาคผนวก ค คุณสมบัติของหญ้าอาหารสัตว์ พันธุ์แพง โกล่าที่ใช้ใน	107
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	116
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้า อาหารสัตว์เดินตามใช้เกียร์ 1 st ใบมีดแบบที่ 1	117
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้า อาหารสัตว์เดินตามใช้เกียร์ 2 nd ใบมีดแบบที่ 1	120

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้า อาหารสัตว์เดินตามใช้เกียร์ 1 st ใบมีดแบบที่ 2	123
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้า อาหารสัตว์เดินตามใช้เกียร์ 2 nd ใบมีดแบบที่ 2	126
ผลการวิเคราะห์ความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) การตัดหญ้าด้วยเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตามทางสถิติ	129
ผลการวิเคราะห์การทำงานเชิงไร (ไรต่อชั่วโมง) การตัดหญ้า ด้วยเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตามทางสถิติ	130
ผลการวิเคราะห์อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) การตัดหญ้าด้วยเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตามทางสถิติ	131
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	135

สารบัญญัตินำ

ตารางที่		หน้า
1	รายละเอียดชุดตัดหญ้าแบบโรตารี (หมุนเข้าหากัน)	41
2	รายละเอียดตัวรถที่นำมาทดสอบเบื้องต้นในการตัดหญ้าอาหารสัตว์ โดยใช้ใบมีดแบบโรตารี	42
3	จากการทดสอบเบื้องต้น ระหว่างเกียร์ 1 st , 2 nd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ได้ความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีดชนิดที่ 1	53
4	ผลจากการทดสอบเบื้องต้น ระหว่างเกียร์ 1 st , 2 nd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ได้การทำงานเชิงไร่ (ไร่ต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีดชนิดที่ 1	53
5	จากการทดสอบเบื้องต้น ระหว่างเกียร์ 1 st , 2 nd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ได้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีดชนิดที่ 1	54
6	จากการทดสอบเบื้องต้น ระหว่างเกียร์ 1 st , 2 nd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ได้ความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีดชนิดที่ 2	54
7	จากการทดสอบเบื้องต้น ระหว่างเกียร์ 1 st , 2 nd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ได้การทำงานเชิงไร่ (ไร่ต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีดชนิดที่ 2	55
8	จากการทดสอบเบื้องต้น ระหว่างเกียร์ 1 st , 2 nd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ได้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีดชนิดที่ 2	55
9	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 1 st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ใน การทดสอบเบื้องต้น	56
10	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทำงานเชิงไร่ (ไร่ต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 1 st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ใน การทดสอบเบื้องต้น	57
11	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 1 st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ใน การทดสอบเบื้องต้น	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 2 nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น	60
13	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทำงานเชิงไร (ไรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 2 nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น	61
14	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 2 nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น	62
15	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 1 st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น	64
16	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทำงานเชิงไร (ไรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 1 st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น	65
17	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 1 st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น	66
18	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 2 nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น	68
19	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทำงานเชิงไร (ไรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 2 nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น	69
20	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 2 nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น	70
21	ผลการทดสอบ ระหว่างเกียร์ 1 st , 2 nd และ 3 rd กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ได้ความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	73
22	ผลการทดสอบ ระหว่างเกียร์ 1 st , 2 nd และ 3 rd กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ได้การทำงานเชิงไร (ไรต่อชั่วโมง)	74

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
23	ผลการทดสอบ ระหว่างเกียร์ 1 st , 2 nd และ 3 rd กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ใ้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง)	75
24	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการวางเรียงกอง	76
25	ค่าเฉลี่ยความเร็วการเคลื่อนที่ภายใต้อิทธิพลของเกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ ของการตัดหญ้าอาหารสัตว์ด้วยเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม	77
26	ค่าเฉลี่ยการทำงานเชิงไร่ภายใต้อิทธิพลของเกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ ของการตัดหญ้าอาหารสัตว์ด้วยเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม	78
27	ค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงภายใต้อิทธิพลของเกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ ของการตัดหญ้าอาหารสัตว์ด้วยเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม	80
28	ผลการทดสอบทอร์กหากำลังที่ใช้ในการเดินรถขณะไม่มีภาระ (ปิดการทำงานชุดตัดหญ้า)	83
29	ผลการทดสอบทอร์กหากำลังที่ใช้ในการตัดหญ้าแพง โกล่าขณะมีภาระ (เปิดการทำงานชุดตัดหญ้า)	84
30	ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม	87

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค1	ข้อมูลความสูงหญ้าแพงโกล่า อายุประมาณ 45 วัน แปลงของเกษตรกร จ.กาญจนบุรี	108
ค2	ข้อมูลความหนาแน่นของหญ้าแพงโกล่า อายุประมาณ 45 วัน แปลงของเกษตรกร จ.กาญจนบุรี	108
ค3	ข้อมูลความสูงต่อหญ้าแพงโกล่าหลังตัด	109
ค4	ข้อมูลความชื้นหญ้าอาหารสัตว์	110
ค5	ข้อมูลความสูงหญ้าแพงโกล่า อายุประมาณ 45-50 วัน หลังการตัดครั้งที่ 2 แปลงของเกษตรกร จ.กาญจนบุรี	111
ค6	ข้อมูลความหนาแน่นของหญ้าแพงโกล่า อายุประมาณ 45-50 วัน หลังการตัดครั้งที่ 2 แปลงของเกษตรกร จ.กาญจนบุรี	112
ค7	ข้อมูลความสูงต่อหญ้าแพงโกล่าหลังตัด	113
ค8	ข้อมูลความชื้นหญ้าอาหารสัตว์	114
ค9	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการวางเรียงกอง	114
ง1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่เกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	117
ง2	การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ของความเร็วการเคลื่อนที่ ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	117
ง3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทำงานเชิงไร่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	118
ง4	การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ของการทำงานเชิงไร่ ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	118

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	119
ง6	การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	119
ง7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	120
ง8	การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ของความเร็วการเคลื่อนที่ ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	120
ง9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทำงานเชิงไร่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	121
ง10	การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆของการทำงานเชิงไร่ ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	121
ง11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่เกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	122
ง12	การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	122
ง13	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	123

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง14	การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ของความเร็วการเคลื่อนที่ ในการทดสอบเบี่ยงต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	123
ง15	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทำงานเชิงไร้ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบี่ยงต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	124
ง16	การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆของการทำงานเชิงไร้ ในการทดสอบเบี่ยงต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	124
ง17	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทำงานการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบี่ยงต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	125
ง18	การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ในการทดสอบเบี่ยงต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	125
ง19	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบี่ยงต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	126
ง20	การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ของความเร็วการเคลื่อนที่ ในการทดสอบเบี่ยงต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	126
ง21	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทำงานเชิงไร้ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบี่ยงต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	127
ง22	การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆของการทำงานเชิงไร้ ในการทดสอบเบี่ยงต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	127

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง23	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	128
ง24	การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	128
ง25	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่เกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	129
ง26	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทำงานเชิงไร่ ที่เกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	130
ง27	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่เกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม	131

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงลำต้นและดอก	4
2	หญ้าแพง โกล่า (Pangola grass)	4
3	เครื่องตัดหญ้าชนิดใบมีดหมุนในแนวราบ	8
4	เครื่องตัดหญ้าชนิดใบมีดหมุนในแนวตั้ง	9
5	แสดงรูปร่างของเกี้ยว	9
6	เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายหลังชนิดเพลาช้อแข็ง	10
7	เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายหลังชนิดเพลาช้ออ่อน	11
8	เครื่องตัดหญ้าแบบเข็นชนิดล้อสูงชนิดเข็น (Push big wheel mower)	11
9	รถตัดหญ้าแบบขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Self-propelled mower)	12
10	(1) และ (2) (Front Mounted Mower), (3) (Mid-Mounted Mower), (4) Rear Mounted Mower	13
11	เครื่องตัดแบบมาตรฐาน (Standard Cut Cutter Bar หรือ High Cut Cutter Bar)	14
12	เครื่องตัดหญ้าแบบหญ้าสูงปานกลาง (Middle Cut Cutter Bar)	14
13	เครื่องตัดหญ้าแบบตัดได้ต่ำมาก (Low Cut Cutter Bar)	15
14	เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดเลื่อนสองชั้น (Double Knife Mower)	15
15	เครื่องตัดหญ้าแบบเพลที่ตั้งส่งกำลังจากด้านบน (Drum Mower)	16
16	เครื่องตัดหญ้าแบบจานหมุนส่งกำลังขับเคลื่อนจากด้านล่าง (Disc Mower)	17
17	เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดหมุนเหวี่ยงเพลานอน (Rotary Flail Mower)	17
18	เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดหมุนเหวี่ยง (Slasher)	18
19	ชนิดของเล็บและใบมีดของ cutter bar (a) finger bar with lip (b) finger bar without lip (c) double knife (1 คือ เล็บ, 2 คือ ใบมีด)	19
20	Cutter Bar Mower ชนิดใบมีดคู่	20
21	แสดง (a), (b), (c) และ (d) ของ Cutter แบบต่าง ๆ	21
22	แสดง Unsupported cutters (a) rotating disk (b) rotating cylinder (1 แสดงรูปร่างของ disk 2 and 3 แสดงรูปร่างของใบมีด และ 4 แสดงรูปร่างของ drum)	23

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	เครื่องตัดหญ้าแบบ Rotary (a) cutting action (b) disk Type mower (c) drum Type mower	23
24	การวิเคราะห์การตัดของการตัดแบบโรตารี	24
25	การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบโรตารี	26
26	เครื่องตัดหญ้าแบบ Flail (a) แสดงรูปด้านข้าง (b) รายละเอียดของใบมีด Flail	28
27	การวิเคราะห์การตัดหญ้าแบบตัดแนวตั้ง	29
28	รถตัดหญ้าชนิดนั่งขับขนาดเล็ก	32
29	เครื่องตัดหญ้าติดรถไถเดินตาม	33
30	ชุดหัวเกี่ยววางรายที่ติดตั้งด้านหน้ารถเกษตรกร	34
31	เครื่องตัดหญ้าแบบเข็นชนิด cutter bar (ขนาดในรูปเป็นขนาดมิลลิเมตร)	35
32	ชุดใบมีดโรตารี 2 ชุด ติดด้านหน้ารถตัดหญ้าแบบเดินตามต้นแบบ	37
33	ชุดบังคับเกี่ยวซ้าย-ขวา 1 คือชุดเกี่ยวซ้าย 2 คือชุดเกี่ยวขวา	38
34	ชุดขับเคลื่อนล้อ	38
35	หมายเลข 1 คือ ชุดตัดหญ้า 2 คือ ชุดเกียร์ขับเคลื่อน 3 คือ ชุดคันบังคับ 4 คือ ชุดบังคับเกี่ยวซ้าย-ขวา 5 คือ เครื่องยนต์ 6.5 แรงม้า 6 คือ ชุดเกียร์ทด 7 คือ ล้อด้านซ้าย-ขวา 8 คือ ชุดปรับความสูงการตัดหญ้า 9 คือ ใบมีดตัดหญ้า	40
36	ลักษณะของใบมีดแบบมีรอยหยัก (ใบมีดแบบที่ 2)	41
37	ชุดตัดหญ้าแบบโรตารี	41
38	รูปแบบการปฏิบัติงานของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามต้นแบบ	43
39	การตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามต้นแบบ	44
40	การวางเรียงกองของเศษหญ้าแพงโกล่าที่ถูกตัดแล้ว	51
41	การวางเรียงกองของเศษหญ้าแพงโกล่าที่ถูกตัดแล้ว	52
42	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับความเร็วการเคลื่อนที่ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที ใช้ใบมีดแบบที่ 1	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
43	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับการทำงานเชิงไร้อากาศ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที ใช้ใบมีดแบบที่ 1	58
44	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับอัตราการสิ้นเปลือง น้ำมันเชื้อเพลิง ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที ใช้ใบมีดแบบที่ 1	59
45	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับความเร็วการ เคลื่อนที่ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที ใช้ใบมีดแบบที่ 1	61
46	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับการทำงานเชิงไร้อากาศ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที ใช้ใบมีดแบบที่ 1	62
47	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับอัตราการสิ้นเปลือง น้ำมันเชื้อเพลิง ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที ใช้ใบมีดแบบที่ 1	63
48	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับความเร็วการ เคลื่อนที่ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที ใช้ใบมีดแบบที่ 2	65
49	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับการทำงานเชิงไร้อากาศ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที ใช้ใบมีดแบบที่ 2	66
50	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับอัตราการสิ้นเปลือง น้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง) ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที ใช้ใบมีดแบบที่ 2	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
51	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที ใช้ใบมีดแบบที่ 2	69
52	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับการทำงานเชิงไร (ไรต่อชั่วโมง) ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที ใช้ใบมีดแบบที่ 2	70
53	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที ใช้ใบมีดแบบที่ 2	71
54	กราฟค่าเฉลี่ยความเร็วการเคลื่อนที่ใช้เกียร์ 1 st , 2 nd และ 3 rd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที	78
55	กราฟค่าเฉลี่ยการทำงานเชิงไรใช้เกียร์ 1 st , 2 nd และ 3 rd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที	79
56	กราฟค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงใช้เกียร์ 1 st , 2 nd และ 3 rd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที	81
57	กราฟแสดงความสามารถในการตัดหญ้าแพงโกล่า กิโลกรัมต่อวินาที ที่ความเร็วรอบเพลลาใบมีด 1282, 1462, 1528 และ 1648 รอบต่อนาที ใช้ความเร็วการเคลื่อนที่ เกียร์ 1 st , 2 nd และ 3 rd ตามลำดับ	82
58	กำลังที่ใช้ในการตัดหญ้าแพงโกล่าขณะไม่มีภาระ โดยใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ คือ 1972, 2335 และ 2787 รอบต่อนาที ใช้เกียร์เดินหน้า 1 st , 2 nd และ 3 rd	84
59	กำลังที่ใช้ในการตัดหญ้าแพงโกล่าขณะมีภาระ โดยใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์คือ 1972, 2335 และ 2787 รอบต่อนาที ใช้เกียร์เดินหน้า 1 st , 2 nd และ 3 rd	85

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า	
ข1	การ Calibration ชุด Torque transducer	104
ข2	ความสัมพันธ์ระหว่าง load (KN) กับ voltage (V) ของ Torque	105
ข3	แผนภูมิการรับส่งสัญญาณข้อมูลจากชุด Transducers	105
ค1	ลักษณะของหญ้าแพง โกล่าที่ถูกตัดโดยใช้ใบมีดแบบที่ 1	115
ค2	ลักษณะของหญ้าแพง โกล่าที่ถูกตัดโดยใช้ใบมีดแบบที่ 2	115
จ1	แบบเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม	133
จ2	แบบเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม	133
จ3	แผนภูมิแสดงการถ่ายทอดกำลังของเครื่องยนต์ไปชุดตัดหญ้า	134
จ4	แผนภูมิแสดงการถ่ายทอดกำลังของเครื่องยนต์ไปชุดขับเคลื่อนล้อ	134

การศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามเพื่อเกษตรกรรายเล็ก

The Study and Development of the Walking Forage Mower for Small Scale Farmer

คำนำ

การผลิตหญ้าอาหารสัตว์ในประเทศไทยได้มีการดำเนินการให้อยู่ในเชิงธุรกิจมากขึ้น มีหญ้าหลายสายพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก ซึ่งกองอาหารสัตว์ (สายพันธ์, 2547) ส่งเสริมเกษตรกรทำนาหญ้าโดยใช้หญ้าแพงโกล่าเป็นหลักในปี 2546-2547 ดำเนินการส่งเสริมการปลูก 32 จังหวัด เป็นพื้นที่ 23,770 ไร่ ซึ่งมีเกษตรกรรายย่อยเข้าร่วม 7,320 ราย และได้ผลิตอาหารหยาบ (น้ำหนักแห้ง) จำนวน 49,555 ตัน คิดเป็นมูลค่า 111.38 ล้านบาท ในโครงการนาหญ้ารวมทั้งเกษตรกรที่ปลูกแล้วขายเป็นหญ้าตัดสด และทำหญ้าแห้งจำหน่าย (เกียรติศักดิ์, 2546)

การใช้ประโยชน์จากหญ้าแพงโกล่าคือวิธีการตัดสด และนำไปให้สัตว์กินในคอกเป็นวิธีที่ใช้กันมาเป็นระยะเวลานานในประเทศไทย ในฟาร์มขนาดใหญ่มักใช้รถตัดหญ้าขนาดใหญ่เข้ามาช่วยในการตัด ส่วนฟาร์มขนาดเล็กใช้แรงงานคนหรือใช้เครื่องตัดหญ้าขนาดเล็กแบบสะพายหลังเข้าไปตัด ซึ่งข้อดีของการตัดหญ้าสดมีดังนี้ 1. ได้ปริมาณอาหารสูงกว่าวิธีปล่อยสัตว์ให้แทะเล็ม เพราะไม่สูญเสียผลผลิตไปกับการเหยียบย่ำและทับถมของมูลสัตว์ หญ้ามีอายุเพิ่มขึ้นได้ ดังนั้นผลผลิตสัตว์ต่อหน่วยจึงน่าจะเพิ่มขึ้นเพราะใช้เลี้ยงสัตว์มากขึ้น 2. การกินได้ของสัตว์สม่ำเสมอ เครื่องตัดหญ้าที่เกษตรกรรายเล็กเลือกใช้ เครื่องตัดหญ้าแบบ cutter bar ปกติจะใช้ในการตัดหญ้าช่วงเก็บเกี่ยวครั้งแรก แต่ในการตัดครั้งที่ 2 จนถึงครั้งต่อไป จะทำให้เกิดการติดขัดของใบมีดช่วงที่เคลื่อนตัวเข้าหากันเพราะมีเศษดินเข้ามาติดขัด เนื่องจากโคนต้นหญ้าแพงโกล่าในช่วงหลังจากการตัดครั้งแรกจะมีดินมาพอก ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยตัวเอง ใช้ใบมีดตัดแบบใบมีดเดี่ยว (มงคล, 2536) เคลื่อนเข้าหาหญ้าที่ถูกตัด ลักษณะการทำงานคล้ายกับเครื่องตัดหญ้าชนิด drum ซึ่งหญ้าที่ถูกตัดต้องมีความแข็งแรงพอที่จะต้านทานการเคลื่อนที่และใช้แรงเฉือนในการตัดหญ้าแพงโกล่าให้ขาดเป็นท่อน ซึ่งจะแก้ปัญหาในส่วนนี้ได้

การพัฒนาเครื่องตัดหญ้านี้ช่วยลดเวลาในการตัดหญ้าให้น้อยลง และลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมช่วยเกษตรกรที่มีแปลงปลูกหญ้าขนาดเล็กให้ได้ใช้เครื่องตัดหญ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมกับ

ขนาดพื้นที่ปลูก และศึกษาอัตราการใช้งาน ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ลิตรต่อไร่ เพื่อพัฒนาให้เหมาะสมกับการใช้งานในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาเครื่องตัดหญ้าขนาดเล็กให้ตัดหญ้าแพงโกล่าให้การตัดต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากที่สุด
2. เพื่อประเมินสมรรถนะของเครื่องตัดหญ้า โดยพิจารณาจากอัตราการทำงานเป็น ไร่/ชั่วโมง กิโลกรัม/วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ลิตร/ชั่วโมง ความเร็วการทำงานของเครื่องตัดหญ้า กิโลเมตร/ชั่วโมง
3. เพื่อศึกษาความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่เหมาะสมในการทำงาน

การตรวจเอกสาร

1. พฤกษศาสตร์ของหญ้า

หญ้าแพงโกล่ามีชื่อเดิมว่า (*Digitaria eriantha*) *D. decumben*. รูปพรรณสัณฐาน จัดเป็นหญ้าประเภท stoloniferous มีลำต้นทอดนอนไปตามพื้นดิน มีรากเจริญออกมาข้อและส่วนของหน่อเจริญไปด้านบน ซึ่งอาจจะตั้งตรงหรือกึ่งตั้ง มีใบมากและเมื่อมีช่อดอกอาจจะสูงถึง 60-120 เซนติเมตร ลำต้นไม่มีขน มีข้อจำนวนมาก ช่อดอกแบบ *Digitate panicle* ซึ่งมีการออกดอกมาเฉพาะบางสายพันธุ์เท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 ลำต้นและดอกหญ้าแพงโกล่า

ที่มา : (สายัณย์ และคณะ, 2539)



ภาพที่ 2 หญ้าแพงโกล่า (Pangola grass)

ที่มา : (สายัณย์ และคณะ, 2539)

แหล่งที่ปลูก

มีเฉพาะในสถานีวิจัยของรัฐ ยกเว้นสายพันธุ์บางสายพันธุ์ที่บริษัท ซี. พี. นำมาจากไต้หวัน และปลูกเพื่อทำหญาแห้ง โดยมีพื้นที่ปลูกประมาณ 2,000 ไร่ ปัจจุบันกรมปศุสัตว์ส่งเสริมการทำนาหญาผลิตหญาแห้งใน 32 จังหวัดทั่วประเทศ การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม เหมาะกับบริเวณที่มีฝนตกเฉลี่ย 1,000 มิลลิเมตร ขึ้นได้ดีในดินหลายชนิด ตั้งแต่ดินทรายจนถึงดินเหนียวในบริเวณที่ขึ้น และและน้ำท่วมเป็นครั้งคราวก็สามารถเจริญเติบโตได้ และขึ้นได้ดีในดินเลวหรือมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่ก็ตอบสนองกับปุ๋ยไนโตรเจนได้ดี อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 19-24 องศาเซลเซียส แต่ในประเทศไทยอุณหภูมิระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียสก็ยังสามารถขึ้นได้ดีมาก ทนแล้งได้ดีมาก และเจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูร้อน ถ้ามีการให้น้ำเต็มที่ จัดเป็นวัชพืชวันยาวออกดอกเมื่อได้รับแสง 14 ชั่วโมง

ผลผลิตและคุณค่าทางอาหาร

รายงานจากจังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งเป็นฟาร์มของบริษัท ซี.พี. ให้ผลผลิตระหว่าง 600-800 กิโลกรัม จากการตัดสดทุก ๆ 45-55 วัน (สายพันธ์ และคณะ, 2539) จากการศึกษาในบริเวณฟาร์มทดลองของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย 45 กิโลกรัมต่อไร่ต่อการตัดหนึ่งครั้ง พบว่าให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งได้ 3,236 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ในสภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 70 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 4,060 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี เนื่องจากหญ้าแพงโกล่ามีลักษณะการเจริญเติบโตแบบเลื้อย ดังนั้นการปล่อยให้หญ้ามียูเรียมากกว่า 60 วันจะทำให้เกิดใบตายมากขึ้น ยังผลทำให้คุณภาพของหญ้าลดต่ำลงได้

การใช้ประโยชน์จากการตัดสด

การใช้ประโยชน์จากแปลงหญ้าโดยการตัดสด และนำไปให้สัตว์กินในคอก เป็นวิธีใช้กันมานานในประเทศไทย ปัจจุบันฟาร์มขนาดใหญ่มักใช้รถตัดหญ้าขนาดใหญ่เข้ามาช่วย ขณะที่ฟาร์มขนาดเล็กใช้แรงงานเกี่ยวหรือใช้เครื่องตัดหญ้าขนาดเล็กแบบสะพายเข้าตัด ข้อพิจารณาในการตัดหญ้าสดคือ ความสูงของการตัด หญ้าแต่ละชนิดมีความทนทานต่อความสูง-ต่ำของการตัดแตกต่างกัน สายพันธ์ และนิพนธ์ (2541) รายงานว่า หญ้าแพงโกล่าที่ตัดในระดับความสูง 5 เซ็นติเมตร จะให้ผลผลิตสูงสุดขณะที่การตัดในระดับ 0 10 และ 20 เซ็นติเมตร ให้ผลผลิต 3,215, 2,971 และ 2,667 กิโลกรัม ตามลำดับ

การทำหญ้าแห้งในฟาร์มขนาดเล็ก

ปัจจุบันกองอาหารสัตว์ส่งเสริมเกษตรกรทำนาหญ้า โดยใช้หญ้าซีพีแพงโกล่าเป็นหลัก ในปี 2545-2546 ดำเนินการปลูกครอบคลุมพื้นที่ 32 จังหวัด พื้นที่ปลูกหญ้า 23,770 ไร่ เกษตรกรรายย่อยเข้าร่วมทั้งหมด 7,320 ราย ผลผลิตอาหารหยาบ (น้ำหนักแห้ง) 49,555 ตัน คิดเป็นมูลค่า 111.38 ล้านบาท ในโครงการนาหญ้ารวมทั้งเกษตรกรที่ปลูกแล้วขายสด และเกษตรกรปลูกแล้วทำหญ้าแห้งจำหน่าย (เกียรติศักดิ์ 2546) การตัด อาจใช้เกี่ยวหรือเครื่องตัดหญ้าขนาดเล็กก็ได้ การตัดโดยเครื่องตัดหญ้าแบบหมุนที่ตัดในสนามหญ้าไม่ควรใช้เพราะทำให้พืชบอบช้ำมากและหญ้าที่ได้มักถูกสับมากเกินไป

การทำนาหญ้าในฟาร์มขนาดใหญ่

การตัด (Cutting) ควรตัดหญ้าในวันที่อากาศแห้ง เริ่มตัดหญ้าในตอนเช้า หลังตัดตากหญ้าให้กระจายอยู่ชั่วระยะเวลาหนึ่งในบริเวณแปลงที่ตัด (swath) เพื่อให้หญ้าโดนแสงแดดเพียงพอ แต่ใบพืชยังไม่ทันเปราะ ความสูงของการตัดควรอยู่ระหว่าง 10-15 เซนติเมตร เพื่อให้พืชที่ตัดได้แห้งเร็วขึ้นเพราะไม่ได้สัมผัสกับพื้นดิน ยังมีพวกเชื้อราสูง และมีคุณค่าทางอาหารต่ำกว่าส่วนบนซึ่งมีปริมาณของใบมาก แม้ว่าจะสูญเสียผลผลิตในส่วนของตอซังไปบ้าง แต่ก็คุ้มค่าประมาณกันว่า 75 % ของน้ำที่อยู่ในพืชจะสูญเสียไป ในวันที่ตัดถ้าสภาพอากาศและการจัดการเหมาะสม นอกจากนี้การไว้ตอสูงยังมีข้อดีในการฟื้นตัวของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าการตัดเพื่อทำหญ้าแห้ง ทำในระยะเข้าสู่ฤดูแล้ง เครื่องมือที่นิยมใช้กัน ได้แก่ เครื่องตัดหญ้าแบบจานหมุน (Disk mower) และแบบ sickle bar mower ในขณะที่พวกเครื่องอาจจะมีการบีบคั้นให้ความชื้นในพืชลดลงบ้าง ซึ่งเครื่องแบบนี้มี 2 ชนิด คือ แบบ crimper และ crusher ซึ่งจะช่วยให้พืชที่มีต้นหนาหรือใบหนาได้ลดความชื้นลง พืชจะแห้งเร็วขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหญ้าชุดานและหญ้าขนซึ่งมีลำต้นอวบ ความชื้นระเหยไปได้ยาก ในประเทศไทยยังไม่มีรายงานการใช้เครื่องประเภทนี้

ในเรื่องขนาดของกองหญ้าต่อการแห้งของหญ้ายังไม่มีผู้ใดศึกษาในประเทศไทย แต่ในต่างประเทศพบว่า การกองหญ้าที่หนาเกินไปหญ้าจะแห้งช้ากว่าที่ตัดและกระจายไว้ในแถวนั้น และหญ้าที่แห้งเร็วเหมาะสมต่อการอัดฟ่อน จะได้จากการใช้กรรมวิธีหลายอย่างร่วมกัน เช่นการเกลี่ยกลับกองหญ้า และไม่ทำให้กองหญ้ามืดขนาดหนาเกินไป สังเกตว่าหญ้าที่แห้งเร็วและลดความชื้นได้มากที่สุดในช่วงเช้า

รูปทรงของกองหญ้าต่อการแห้งของหญ้าพบว่า กองหญ้าที่มีพื้นที่ปกคลุมผิวดินมาก (กองบางๆ) จะแห้งได้เร็วกว่ากองหญ้าที่กองสูงโดยพื้นที่ปกคลุมน้อย การตัดหญ้าด้วยเครื่องตัดหญ้าแบบจานหมุน (disk mower) และกระจายไว้ในแถวโดยตรง หรือมีการปรับแต่งให้ความชื้นในหญ้าลดลง จะได้กองหญ้าที่ทรงเตี้ย กว้าง และมีความหนาแน่นน้อย (8-11 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ในขณะที่หญ้าที่ตัดด้วยเครื่องตัดหญ้าแบบ Drum mower และมีการกลับกองจะได้กองหญ้าที่สูงแคบ และมีความหนาแน่นสูง (13-14 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออัตราการแห้งของหญ้าด้วย หญ้าที่ตัดโดยใช้เครื่องตัดแบบจาน แล้วปล่อยให้แห้งในแถวโดยไม่มีกรกลับกอง จะแห้งได้เร็วที่สุด เพราะหญ้าไม่หนาแน่นเกินไป รูปทรงของกองหญ้าเพียงอย่างเดียวจึงระบายอากาศได้ดี

หลักการตัดหญ้า

(Persson, 1978) หลักในการตัดหญ้าโดยทั่วไปมีสองชนิด เครื่องตัดหญ้าแต่ละอย่างที่กล่าวมาข้างต้นจะต้องใช้หลักการอย่างใดอย่างหนึ่ง หลักการตัดชนิดแรกเป็นหลักการตัดแบบใช้แรงเฉือน (shearing force) หลักการตัดชนิดที่สองเป็นแบบกระทบตัด (impact cutting) รายละเอียดของการตัดแต่ละชนิดดังนี้ การตัดชนิดใช้แรงเฉือน หลักการตัดแบบนี้เป็นไปได้ 2 กรณี คือ

1. การตัดแบบมีใบมีดสองใบเลื่อนเข้ามาตัดโดยที่จะไม่มีระยะห่างระหว่างแผ่นใบมีดทั้งสองนี้ลักษณะคล้ายการตัดแบบกรรไกร ซึ่งขากรรไกรต้องแนบชิดกัน ใบมีดทั้งคู่อาจเคลื่อนที่เข้าหากันหรือว่าใบหนึ่งอยู่กับที่ อีกใบหนึ่งเลื่อนไปมา วัตถุที่ถูกตัดอยู่ตรงกลางจะถูกตัดขาดเป็นสองส่วนด้วยคมมีด อันเป็นลักษณะของแรงเฉือนใช้สำหรับวัตถุที่มีแรงต้านต่อการเคลื่อนที่เช่น ต้นหญ้า เป็นต้น เครื่องตัดหญ้าชนิดนี้ได้แก่ เครื่องตัดหญ้าแบบ cutter bar หรือที่เรียกว่าแบบกรรไกร

2. การตัดแบบมีใบมีดใบเดียว เคลื่อนที่เข้าหางานที่ถูกตัดซึ่งงานที่ถูกตัดต้องแข็งแรงพอที่จะต้านทานการเคลื่อนที่ เช่น ต้นอ้อยที่ตั้งตรง ใบมีดที่เคลื่อนที่มาตัดต้นอ้อยให้ขาดเป็นสองส่วนด้วยแรงเฉือน ต้นอ้อยมีรากยึดกับดินและมีลำต้นที่แข็งแรงและไม่ลู่ไปตามใบมีดที่ถูกตัด

การตัดแบบกระทบ (Impact cutting)

การตัดแบบกระทบนี้ อาศัยหลักการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงของใบมีดมากระทบงานที่จะตัด คือต้นหญ้าที่มีมวลในตัวเอง จึงทำให้มันไม่ลู่ไปตามแรงเหวี่ยงของใบมีด และถูกตัดขาดเป็น

สองส่วน ตัวอย่างของการตัดแบบนี้ ได้แก่ การใช้มีดคมๆ หวดหญ้าการตัดแบบตกกระทบมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. ชนิดใบมีดหมุนในแนวราบ เครื่องตัดหญ้าชนิดนี้มักเรียกรวมๆ ว่า rotary cutter ใช้ฟางติดท้ายรถแทรกเตอร์ เครื่องตัดหญ้าชนิดนี้มักมีความกว้างในการตัดแต่ละเที่ยว (cutting width) ประมาณ 1.2-2.1 เมตร และใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดประมาณ 70-90 แรงม้า มีใบมีด 2 ใบ (บางชนิดมี 4 ใบ) อยู่ตรงกันข้ามและหมุนไปพร้อมกันใบมีดแต่ละใบมักยึดกับแกนหมุนด้วยสลักข้อต่อสามารถเหวี่ยงตัวเองไป-มาได้ ในขณะที่ทำงานใบมีดจะเหยียดตรงด้วยแรงหนีศูนย์กลางความเร็วตามเส้นรอบวงที่ปลายด้านนอกของใบมีดประมาณ 50-75 เมตร/วินาที หญ้าที่ถูกตัดแล้วจะถูกทิ้งไว้บนแปลง



ภาพที่ 3 เครื่องตัดหญ้าชนิดใบมีดหมุนในแนวราบ

ที่มา : (Donald E. Borgman, 1974)

2. ชนิดใบมีดหมุนในแนวตั้ง เครื่องตัดหญ้าชนิดนี้เรียกว่า Flail mower ใบมีดของเครื่องตัดหญ้าชนิดนี้จะแกว่งได้ฟรี และถูกยึดเข้ากับหูยึดของแกนหมุนด้วยสลัก ในขณะที่ทำงานใบมีดจะเหยียดตรงด้วยแรงหนีศูนย์กลาง ความกว้างของใบมีดแต่ละใบประมาณตั้งแต่ 50 มิลลิเมตร ถึง 150 มิลลิเมตร แกนหมุนนี้เรียกว่า โรเตอร์ใบมีดแต่ละใบมีดแต่ละใบจะถูกยึดเรียงวนกันไปรอบแกนหมุน ตลอดความยาวของแกนหมุนและจะสมดุลกันความยาวเส้นรอบวงที่ปลายใบมีด ประมาณ 50 เมตร/วินาที ขณะทำงานหากใบมีดกระทบก้อนหินหรือสิ่งกีดขวางเล็กๆ น้อยๆ ก็จะเหวี่ยงตัวถอยหลังได้เล็กน้อย (มงคล, 2536)

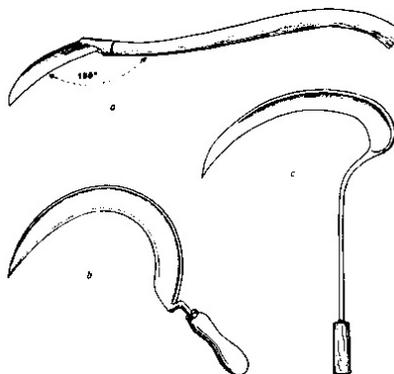


ภาพที่ 4 เครื่องตัดหญ้าชนิดไบนิดหมุนในแนวตั้ง

ที่มา : <http://www.krm-ltd.co.th>

เครื่องมือที่ใช้ในการตัดหญ้าอาหารสัตว์

1. เคียวเกี่ยวหญ้า ลักษณะปลายไบนิดเป็นส่วนโค้งมีสันคมด้านใน การใช้งานจากแรงเหวี่ยงด้านคมเข้าหาต้นพืช หญ้าจะกระจายออกไปตามแรงเหวี่ยง จำเป็นต้องอาศัยแรงงานจากคนเป็นหลัก ดังภาพที่ 5



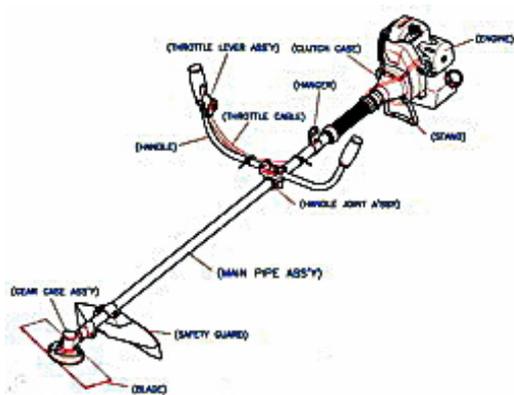
ภาพที่ 5 รูปร่างของเคียว

ที่มา : <http://www.boxingscene.com>

2. เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายหลัง แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 ชนิดเพลาช้อแข็ง ใช้เครื่องยนต์เบนซิน 2 จังหวะ มีลูกสูบ 1 ลูก เป็นต้นกำลังส่งกำลังผ่านชุดเฟืองไปขับไบนิดที่อยู่ด้านปลายโดยมีคันเร่งเครื่อง เพื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ให้ได้

รอบการทำงานที่เหมาะสมตามต้องการ ใช้สะพานจากข้างหลัง ขณะทำงานเครื่องจะเหวี่ยงใบมีด เป็นมุม 90-100 องศา หน้ากว้างการทำงานประมาณ 0.59 เมตร ถึง 0.65 เมตร ส่วนข้อแข็งคือแกน ยาวเป็นชนิดแกนแข็งตรง ไม่สามารถปรับให้งอหรือโค้งได้ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เครื่องตัดหญ้าแบบสะพานหลังชนิดเพลาคือข้อแข็ง

ที่มา : <http://www.baanlaesuan.com>

2.2 ชนิดเพลาคืออ่อน ใช้เครื่องยนต์เบนซิน 2 จังหวะ มีลูกสูบ 1 ลูก เป็นต้นกำลังส่งกำลัง ผ่านชุดเฟืองไปขับใบมีดอยู่ด้านปลายโดยมีคันเร่งเครื่อง เพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ให้ได้รอบการทำงานที่เหมาะสมตามต้องการ ใช้สะพานจากข้างหลัง ขณะทำงานเครื่องจะเหวี่ยงใบมีดได้กว้างกว่า ชนิดเพลาคือแข็ง และตัดหญ้าเฉพาะที่ได้ดีกว่า ข้ออ่อนคือแกนยาวที่สามารถปรับงอได้ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 เครื่องตัดหญ้าแบบสะพานหลังชนิดเพลาคืออ่อน

ที่มา : <http://www.alibaba.com>

3. เครื่องตัดหญ้าแบบเข็น (Push big wheel mower) เหมาะสำหรับการตัดหญ้าในพื้นที่ ๆ ขรุขระ ไม่เรียบและสามารถตัดต้นพืชที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 8.5 แรงม้าเป็นต้นกำลังส่งกำลังผ่านเพลากลางตั้งติดกับจานใบมีด จานใบมีดขนาดประมาณ 22-36 นิ้ว ใบมีดเป็นแบบติดอยู่กับจานใบมีด มีลักษณะเป็นสปริงทำให้เมื่อตัดโคนหินจะไม่เป็นอันตราย ยังสามารถปรับระดับการตัดหญ้าได้อีก ง่ายต่อการเข็น สะดวกต่อการใช้งาน ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 เครื่องตัดหญ้าแบบเข็นชนิดล้อสูงชนิดเข็น (Push big wheel mower)

ที่มา : <http://www.standardsupplylawnandgarden.com>

4. รถตัดหญ้าแบบขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Self-propelled mower) การใช้งานคือเครื่องตัดหญ้าสามารถเดินหน้า เพื่อตัดหญ้าเองได้ โดยมีคนคอยเดินตามเพื่อบังคับทิศทางในการตัดหญ้า ซึ่งทำให้ไม่ต้องใช้กำลังในการเข็นมากนักช่วยลดการใช้แรงงาน และสะดวกในการใช้งานเหมาะสำหรับตัดหญ้าในพื้นที่ไม่เรียบ และในพื้นที่ ๆ ดินอ่อนได้เนื่องจากมีแรงฉุดลากจากล้อของตัวรถตัดหญ้าเอง ใช้เครื่องยนต์ต้นกำลัง 5.2 แรงม้า ความเร็วในการขับเคลื่อน 3 - 3.5 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความกว้างแนวตัดหญ้า 52 เซนติเมตร สามารถตัดหญ้าได้วันละ 5 - 7 ไร่ ปรับระดับสูงต่ำ ใบมีดตัดหญ้ามี 2 แบบ คือ (1) แบบยี่ดี่ด 2 ตัว ซึ่งใช้กันอยู่ทั่วไป (2) แบบยี่ดี่ด 1 ตัว ใบมีดสามารถพับกลับได้เมื่อใบมีดปะทะกิ่งไม้หรือก้อนหินจะหักกลับไม่ทำให้ใบมีดหัก และความสามารถในการตัดหญ้าไม่แตกต่างกับแบบที่ (1) ข้อดีคือน้ำหนักเบา เลี้ยวมุมแคบไม่ลื่น แข็งแรงทนทาน เหมาะสำหรับตัดหญ้าในสวนผลไม้ พื้นที่สูงๆต่ำๆ สามารถขับไปทำงานในพื้นที่ได้โดยไม่ต้องยกขึ้นรถบรรทุกขนไป ผ่อนแรงไม่ต้องใช้กำลังเข็นแค่เดินตามเท่านั้น สามารถเพิ่มที่นั่งขับได้ ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 รถตัดหญ้าแบบขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Self-propelled mower)

ที่มา : <http://www.standardsupplylawnandgarden.com>

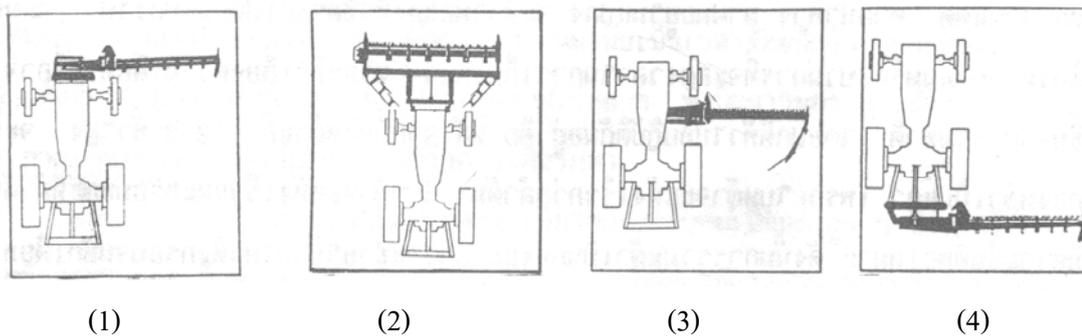
เครื่องตัดหญ้าแบบพ่วงรถแทรกเตอร์ แบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

1. แบ่งตามลักษณะการติดพ่วงเข้ากับรถแทรกเตอร์

แบบติดตั้งชุดตัดหญ้านำด้านหน้า (Front Mounted Mower) มีทั้งแบบชุดติดตั้งเต็มความกว้างข้างหน้ารถแทรกเตอร์และชุดติดตั้งเอียงไปด้านข้าง (Front-side Mounted Mower) โดยทั่วไปจะให้เอียงไปทางด้านขวาของตัวรถ ซึ่งเป็นแบบพิเศษที่สร้างขึ้นเฉพาะรถนั้นๆ ข้อดีของเครื่องตัดหญ้าแบบมีชุดตัดข้างหน้า คือ สามารถติดตั้งเครื่องเกี่ยวหญ้าเข้าข้างหลังรถแทรกเตอร์ให้ทำงานพร้อมกันไปได้ในเที่ยวเดียว และสามารถสังเกตการทำงานของชุดตัดได้สะดวก

แบบชุดติดตั้งตรงกลางระหว่างล้อหน้าและล้อหลังของรถแทรกเตอร์ (Mid-Mounted Mower) ส่วนมากจะติดตั้งเครื่องตัดหญ้าทางด้านขวาของรถ ทำให้คนขับสามารถสังเกตการทำงานของชุดตัดหญ้าได้ชัดเจน เป็นแบบที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษเฉพาะรถแทรกเตอร์นั้นๆ สามารถติดตั้งเครื่องเกี่ยวกระจายกองหญ้าข้างหลังรถแทรกเตอร์ให้ทำงานพร้อมกันไปในเที่ยวเดียวได้

แบบติดตั้งชุดตัดหญ้าข้างหลังรถแทรกเตอร์ (Rear Mounted Mower) ใช้กับแทรกเตอร์มาตรฐานทั่วไป สังเกตการทำงานของชุดตัดหญ้าได้ไม่สะดวกเท่าแบบติดตั้งชุดตัดหญ้าตรงกลาง และใช้เครื่องเกี่ยวหญ้าพร้อมกันด้วยไม่ได้ ดังภาพที่ 10



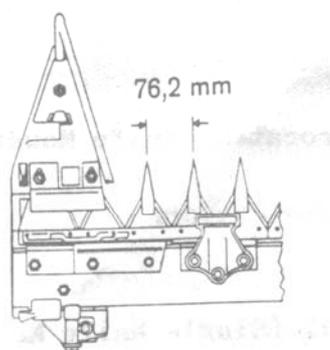
ภาพที่ 10 (1) และ (2) (Front Mounted Mower), (3) (Mid-Mounted Mower), (4) Rear Mounted Mower

ที่มา : (มกคล, 2536)

2. เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดเคลื่อนไป-มา (Reciprocating Knife Mower) แยกออกได้เป็นแบบใบมีดเลื่อนชั้นเดียวและใบมีดเลื่อนสองชั้น

2.1 เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดเลื่อนชั้นเดียว (Single Knife Mower) แยกออกได้อีก ตามความห่างของตัวกันใบมีดและลักษณะของการใช้งาน คือ

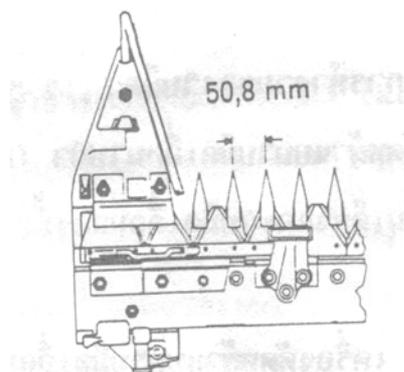
2.1.1 เครื่องตัดแบบมาตรฐาน (Standard Cut Cutter Bar หรือ High Cut Cutter Bar) ใช้ตัดหญ้าในทุ่งหญ้าต้นสูง มีใบมีดหนึ่งใบต่อตัวกันใบมีด (Guard) 1 อัน และมีตัวกันใบมีด 4 อัน ต่อความยาว 1 ฟุต ตัวกันใบมีดแต่ละอันห่างกัน 3 นิ้ว (76.2 มิลลิเมตร) ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 เครื่องตัดแบบมาตรฐาน (Standard Cut Cutter Bar หรือ High Cut Cutter Bar)

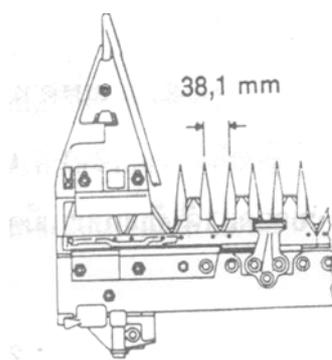
ที่มา : (วิชา, 2547)

2.1.2 เครื่องตัดหญ้าแบบหญ้าสูงปานกลาง (Middle Cut Cutter Bar) ใช้กับหญ้า ต้นเล็กๆ และสั้น เช่น พุ่มหญ้าที่ตัดปีละหลายๆ ครั้ง ตัดได้ละเอียดสม่ำเสมอและต่ำกว่าแบบแรก แต่จะตัดง่ายกว่าถ้ามีหญ้าเข้าไปอัดระหว่างใบมีดกับตัวกันใบมีดมีใบมีด 3 ใบต่อตัวกันใบมีด 4 อัน และมีตัวกันใบมีด 6 อันต่อความยาว 1 ฟุต ระยะห่างของตัวกันแต่ละอันห่างกัน 2 นิ้ว (50.8 มิลลิเมตร) ดังภาพที่ 12



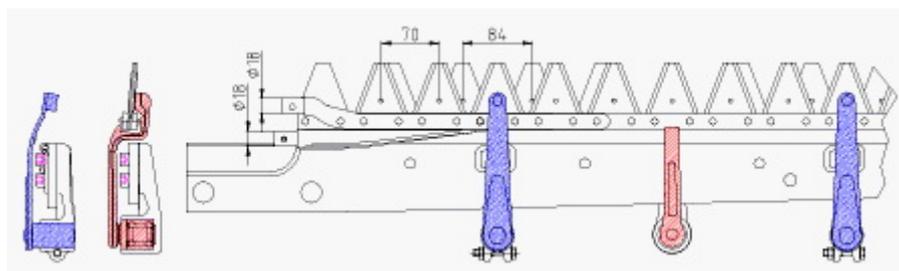
ภาพที่ 12 เครื่องตัดหญ้าแบบหญ้าสูงปานกลาง (Middle Cut Cutter Bar)
ที่มา : (วิชา, 2547)

2.1.3 เครื่องตัดหญ้าแบบตัดได้ต่ำมาก (Low Cut Cutter Bar) ใช้ตัดหญ้าที่มีลำต้น เตี้ย เช่น ตัดสนามหญ้า ปัจจุบันไม่นิยมใช้ เนื่องจากตัดหญ้าสูงๆ ไม่ได้ผลมีใบมีด 2 ใบ ต่อตัวกันใบมีด 3 อัน และมีใบมีด 8 อันต่อความยาว 1 ฟุต ระยะห่างของตัวกันใบมีดแต่ละอันห่างกัน 1.5 นิ้ว (38.1 มิลลิเมตร) ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 เครื่องตัดหญ้าแบบตัดได้ต่ำมาก (Low Cut Cutter Bar)
ที่มา : (วิชา, 2547)

2.2 เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดเลื่อนสองชั้น (Double Knife Mower) มีใบมีด 2 ชุด คือ ชุดบนและชุดล่างเคลื่อนตัวสวนกันไป-มา ทำให้ตัดหญ้าได้โดยไม่ต้องมีแผ่นช่วยตัด ความเร็วของใบมีดสูงกว่า จึงสามารถทำงานได้รวดเร็วกว่า และใช้ตัดในที่ๆ มีหินได้โดยไม่ต้องขีดหรือขีดน้อย ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดเลื่อนสองชั้น (Double Knife Mower)

ที่มา : <http://www.sunshineagriculture.com>

3. เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดหมุน (Rotary Mower) เริ่มนิยมใช้กันมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะการปรับ การบำรุงรักษาต่ำกว่า สามารถทำงานได้รวดเร็วกว่าและขีดน้อยกว่า ความเร็วของใบมีด 60-90 เมตร/วินาที ความเร็วการทำงาน 10-14 กิโลเมตร/ชั่วโมง ใบมีดเป็นแบบคมสองด้านติดอยู่กับจานตัด 2-4 ใบต่อหนึ่งจาน ใบมีดหมุนเหวี่ยงตัวอิสระเพื่อให้หลบหินหรือสิ่งกีดขวางได้ในการตัดหญ้าจะจัดให้จานสองชุด ซึ่งอาจเป็นจานกลมหรือจานรีหมุนสวนทางกัน ทำให้ได้หญ้ารวมกันเป็นกองอยู่ระหว่างจานทั้งสอง เพื่อให้รถแล่นคล่อมหญ้าในแต่ละเที่ยวต่อไป แบ่งตามลักษณะการส่งกำลังและตามแนวแกนเพลาดังนี้

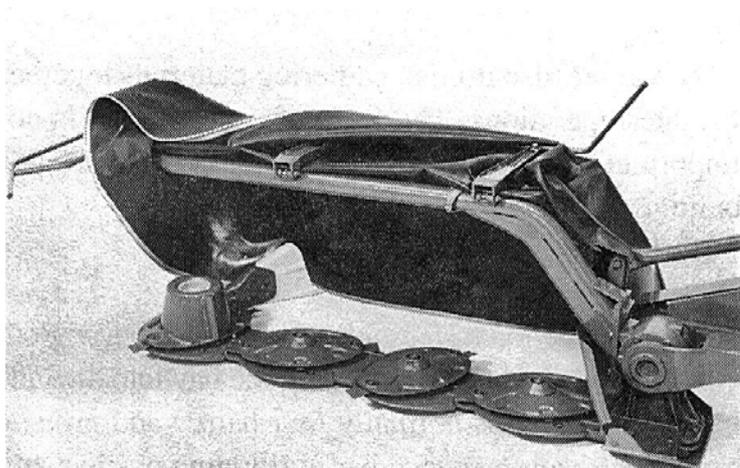
3.1 เครื่องตัดหญ้าแบบเพลาดึงส่งกำลังจากด้านบน (Drum Mower) การส่งกำลังขับเคลื่อนจะส่งโดยเฟืองเดี่ยวๆ ใต้รับกำลังจากสายพานวี ซึ่งรับกำลังมาจากเพลารับกำลัง แล้วส่งกำลังผ่านเพลาดึงลงไปหาจานตัด การจัดใบมีดของจานตัดจะต้องคิดให้เหมือนกัน เพื่อป้องกันการที่ใบมีดจะหมุนเหวี่ยงมากระทบกัน และเพื่อตัดหญ้าได้ขาดหมด ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 เครื่องตัดหญ้าแบบเพลาดั้งส่งกำลังจากด้านบน (Drum Mower)

ที่มา : (Donell Hunt, 2001)

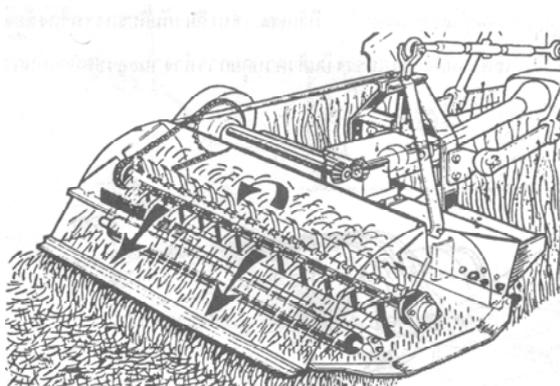
3.2 เครื่องตัดหญ้าแบบจานหมุนส่งกำลังขับเคลื่อนจากด้านล่าง (Disc Mower) ชุดตัดมีลักษณะเตี้ยและน้ำหนักเบา โดยมีชุดเฟืองเกียร์ส่งกำลังวางเรียงกันเป็นแถวอยู่ในห้องเกียร์ ซึ่งมีน้ำมันหล่อลื่นอยู่ ส่วนมากใบมีดจะยึดโดยให้เหียงตัวได้อิสระอยู่กับจานตัดด้วยน็อตแบบมีล๊อคในตัว ใบมีดมี 2 ชนิด ใบมีดแบบคมตรงใช้ในที่มีหินและดินทราย ใบมีดแบบบิดใช้ในพื้นที่ยกดิน ลูกศรที่ติดอยู่ที่ใบมีดเป็นตัวบอกทิศทางการหมุนของใบมีด ใบมีดจะต้องคมโดยเฉพาะเมื่อใช้ตัดหญ้าแห้งความเร็วของจานตัดประมาณ 3,000 รอบ/นาที ความเร็วของใบมีดประมาณ 92 เมตร/วินาที ความเร็วในการทำงาน 14 กิโลเมตร/ชั่วโมง การตัดหญ้าจะได้กองหญ้าแผ่กระจายเท่าความกว้างของชุดตัด ที่ปลายชุดตัดมีกลอง เรียวรูปทรงกระบอกและที่ติดแผ่นกวาดหญ้า ซึ่งจะช่วยกวาดหญ้าที่ตัดแล้วออกห่างจากแนวหญ้าที่ยังไม่ได้ตัด เพื่อให้ล้อรถในเที่ยวต่อไปเล่นผ่านได้โดยไม่เหยียบหญ้าที่ตัดแล้ว การจัดใบมีดจัดเช่นเดียวกับเครื่องตัดหญ้าแบบ Drum Mower ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 เครื่องตัดหญ้าแบบจานหมุนส่งกำลังขับเคลื่อนจากด้านล่าง (Disc Mower)

ที่มา : (Donell Hunt, 2001)

3.3 เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดหมุนเหวี่ยงเฟลานอน (Rotary Flail Mower) คานหน้าจะดันให้หญ้าเรียบไปก่อนตามทิศทางการเคลื่อนที่ของรถ แล้วใบมีดจะเหวี่ยงและหักฉีกหญ้าออกจากต้น และเหวี่ยงให้ไปกระจายอยู่ด้านหลัง การตั้งความสูงในการตัดปรับที่จุดต่อกับรถแทรกเตอร์ หรือปรับได้ที่ล้อปรับระดับ ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดหมุนเหวี่ยงเฟลานอน (Rotary Flail Mower)

ที่มา : (สาขัณย์ และคณะ, 2539)

3.4 เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดหมุนเหวี่ยง (Slasher) เป็นเครื่องตัดหญ้าเพื่อกำจัดวัชพืชในแปลง บางพื้นที่ไม่อาจนำเครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดเลื่อนหรือใบมีดหมุนแบบตัดหญ้าอาหารสัตว์

มาใช้ได้ จึงจำเป็นต้องมีเครื่องตัดหญ้าที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหานี้ โดยสามารถใช้ตัดหญ้าป่าละเมาะ หญ้าจำพวก กก เข่ง ฯลฯ หรือตัดหญ้ากำจัดวัชพืชในทุ่งหญ้าที่ปล่อยสัตว์ลงเล็มหญ้าในแปลง ตลอดจนตัดกำจัดวัชพืชระหว่างแถวพืช เช่น สวนผลไม้ สวนยาง สวนมะพร้าว ไร่กาแฟ และสวนปาล์ม เป็นต้น และใช้ตัดต่อช่วงข้าวโพด ตอสับประดและพืชอื่นๆ ที่มีขนาดลำต้นโตไม่เกิน 3 นิ้ว เพื่อให้แปลงเรียบก่อนทำการไถ ความสามารถในการทำงาน ทำงานได้ประมาณ 1-7 ไร่/ชั่วโมง ความเร็วในการเคลื่อนที่ 5 กิโลเมตร/ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความหนาที่บ ความเหนียว ชนิดของหญ้า และความเรียบสม่ำเสมอของพื้นแปลง ความกว้างในการตัด 1.2-1.8 เมตร ความเร็วของใบมีด ประมาณ 3,500 รอบ/นาที ที่ความเร็วอำนาจกำลัง 540 รอบ/นาที ต้องการกำลังขับ 45-70 แรงม้า ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดหมุนเหวี่ยง (Slasher)

ที่มา : (Donald E. Borgman, 1974)

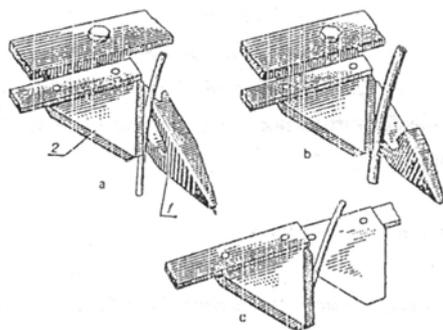
2. ทฤษฎีการตัดหญ้า

Cutter Bar Mower

ลักษณะการเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Reciprocating (กลับไป-กลับมา) การใช้งานของ Cutter Bar Mower สามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องเกี่ยววัชพืชต่าง ๆ เช่น ข้าว หรืออาจนำไปใช้เป็นการตัดหญ้า สำหรับนำหญ้าไปเป็นอาหารสัตว์ หญ้าหรือฟางที่ถูกตัดโดย Cutter Bar Mower รอยตัดจะเรียบไม่ขรุขระ ซึ่งสามารถนำหญ้านั้นไปเป็นอาหารสัตว์ได้ดี หน้ากว้างการทำงาน ของ Cutter Bar Mower มีได้ตั้งแต่สั้น ๆ จนถึงกว้างมาก ๆ ได้ แต่ก็ยังมีข้อเสียคือมีส่วนประกอบที่สึกหรอมากเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องตัดหญ้าชนิดอื่น ๆ ในขณะที่ต้นพืชถูกตัดโดย

Cutter bar ดันพีชจะถูกจับยึดโดยส่วนของ Finger ทำให้ดันพีชไม่สามารถเอนหนีใบมีดได้ และดันพีชทั้งหมดจะถูกตัดโดยแรงเฉือน (Shearing) เท่านั้นซึ่งผิดกับการตัดหญ้าแบบ Rotary mower ดันพีชจะถูกตัดโดยแรงเฉือน (Shear) และแรงตีฟาดของใบมีด (Impact)

ถ้าเป็น Cutter bar ชนิดที่ Finger มี Lip ดันพีชจะถูกจับยึดไว้ 2 จุด แต่ถ้าเป็น Cutter แบบไม่มี Lip ดันพีชจะถูกจับยึดไว้เพียงจุดเดียว Cutter bar ชนิด Finger มี Lip นั้น จะดีกว่าเพราะสามารถจับยึดดันพีชได้ดีกว่า ซึ่งจะช่วยให้การเอนตัวของดันพีชหนีใบมีดยากขึ้น ใช้ได้ดีกับดันพีชที่มีลำต้นอ่อน ๆ เช่น หญ้าอ่อน ๆ แต่ถ้าใช้ตัดดันพีชที่มีลำต้นแข็งแล้วเช่น ข้าวโพด ทานตะวัน หรือหญ้าต้นแข็ง ๆ การที่ Finger มี Lip นั้นจะทำให้เศษของดันพีชเข้าไปติดในช่องว่างระหว่าง Lip ได้ การอุดตันจึงเกิดขึ้นได้ง่าย เมื่อมีการอุดตันแล้วจะทำให้ตัวใบ Cutter ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ดังนั้นเมื่อจะใช้ Cutter bar ตัดดันพีชที่มีลำต้นแข็งก็ควรจะใช้ Finger แบบไม่มี Lip ดังภาพที่ 19

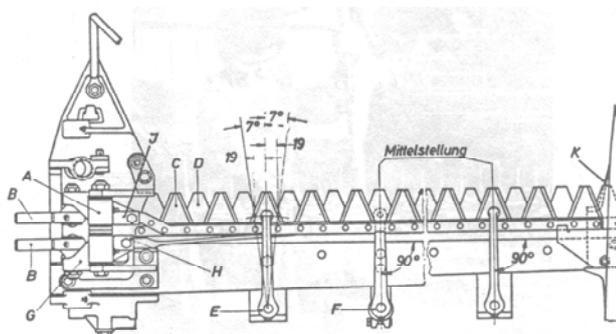


ภาพที่ 19 ชนิดของเล็บและใบมีดของ cutter bar (a) finger bar with lip (b) finger bar without lip (c) double knife (1 คือ เล็บ, 2 คือ ใบมีด)

ที่มา : (วิชา, 2547)

เครื่องตัดหญ้าชนิด Cutter bar ส่วนใหญ่จะทำงานด้วยความเร็วค่อนข้างต่ำ 1.5-3 เมตร/วินาที (m/s) ขณะทำการตัดดันพีชด้วยการเฉือนอย่างเดียวไม่มีการตีฟาดดันพีช (Impact) จะใช้กำลังน้อยกว่า Cutter แบบ Rotary mower เนื่องจากการทำงานเป็นแบบ Reciprocating จึงทำให้มีแรง Inertia มาก ดังนั้น Mower ที่ใช้ Cutter ชนิดนี้จึงไม่สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงได้ เพราะถ้าเคลื่อนที่เร็วมากจะก่อให้เกิดการอุดตันที่ใบมีด

Double knife cutter mower ดังแสดงในภาพที่ 19 ใบมีดทั้งสองจะเคลื่อนที่เข้าหากัน ต้นพืชจะถูกจับยึดโดยมีดเองเพียงจุดเดียว ลักษณะการทำงานของใบมีดคือจะทำหน้าที่ตัดต้นพืชและในขณะที่เดียวกันก็จะทำหน้าที่ตัดต้นพืชและในขณะที่เดียวกันก็จะทำหน้าที่จับยึดต้นพืชด้วย การเคลื่อนที่ต่อ Stroke ของแต่ละใบมีดแบบ Double knife cutter จะเคลื่อนที่น้อยกว่าแบบ Cutter bar แบบมี Finger เมื่อการเคลื่อนที่ของแต่ละใบมีดเคลื่อนที่น้อย ก็จะทำให้แรง Inertia ของใบมีดน้อยลงด้วย และผลของการเคลื่อนที่สวนทางกันของชุดใบมีดนั้นจะก่อให้เกิดความสมดุลของเครื่อง Mower การสั่นสะเทือนของเครื่องก็จะน้อยลง ซึ่งมีผลทำให้อายุการใช้งานของชิ้นส่วนต่างๆ ของ Cutter ยาวนานขึ้น แต่ในการออกแบบระบบขับเคลื่อน Double knife cutter จะมีความยุ่งยาก สลับซับซ้อนกว่า



ภาพที่ 20 Cutter Bar Mower ชนิดใบมีดคู่

ที่มา : (วิชา, 2547)

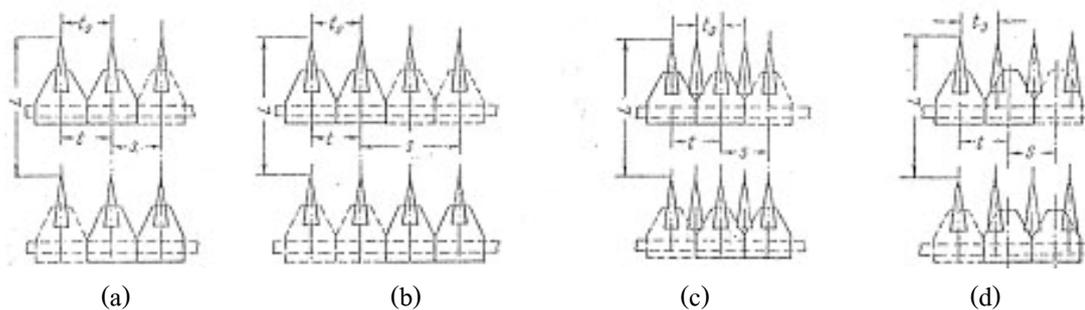
ชนิดของ Cutter bar

ชนิดของ Cutter bar ขึ้นกับค่าพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้

t (ค่าระยะ pitch ของใบมีด) คือระยะระหว่างแนว Center line ของใบมีด

t_0 (ค่าระยะ pitch ของ Finger bar) คือระยะระหว่างแนว Center line ของ Finger bar

S (ค่า stroke ของใบมีด) คือระยะที่ใบมีดเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปจนสุดอีกตำแหน่งหนึ่ง



ภาพที่ 21 (a) Standard single stroke cutters , (b) Standard double stroke cutters, (c) Low cutting mower และ (d) Medium cutting mower ของ Cutter แบบต่าง ๆ

ที่มา : (วิชา, 2547)

1. Standard single stroke cutters ดังแสดงในภาพที่ 21 (a) มีค่าพารามิเตอร์ดังนี้

$$t = t_0 = S = 76.2 \text{ มม. หรือ } 90 \text{ มม.}$$

Cutters ที่มีระยะ Pitch หรือ stroke = 76.2 มม. จะถูกใช้ในเครื่องตัดหญ้าต่าง ๆ เครื่องเก็บเกี่ยวพืชต่าง ๆ เช่น ข้าว, ถั่ว, ข้าวสาลี, ข้าวบาเลย์ ส่วน Cutter ที่มีระยะ pitch หรือ stroke = 90 มม. จะถูกใช้ในเครื่องเก็บเกี่ยวที่มีลำต้นขนาดใหญ่ เช่น ข้าวโพด ทานตะวัน

2. Standard double stroke cutters ดังแสดงในภาพที่ 21(b) มีค่าพารามิเตอร์ดังนี้

$$2t = 2t_0 = S = 152.4 \text{ มม. หรือ } 180 \text{ มม.}$$

Standard double stroke cutters จะใช้ในเครื่องเก็บเกี่ยวที่สามารถใช้ความเร็วในการเก็บเกี่ยวสูงได้ คือสูงถึง 15 km/hr or 4 m/s ได้โดยไม่มีการอุดตันที่ใบมีด Cutter ที่มีระยะ Stroke = 152.4 มม. จะใช้ในเครื่องตัดหญ้าหรือเครื่องเก็บเกี่ยวพืชต่าง ๆ ส่วน Cutter ที่มีระยะ Stroke = 101.6 มม. จะใช้ในเครื่องเก็บเกี่ยวพืชที่มีลำต้นค่อนข้างใหญ่

3. Low cutting mower ดังแสดงในภาพที่ 21 (c)

$$t = 2t_0 = S = 76.2 \text{ มม. หรือ } 90 \text{ มม.}$$

Low cutting mowers จะใช้ในเครื่องตัดหญ้าที่ต้นหญ้ามีย่านขนาดลำต้นเล็กและอ่อน

4. Medium cutting mower ดังแสดงในภาพที่ 21 (d)

$$t = kt_0 = S = 76.2 \text{ มม. หรือ } 90 \text{ มม.}$$

$$\text{เมื่อ } 1 < k < 2$$

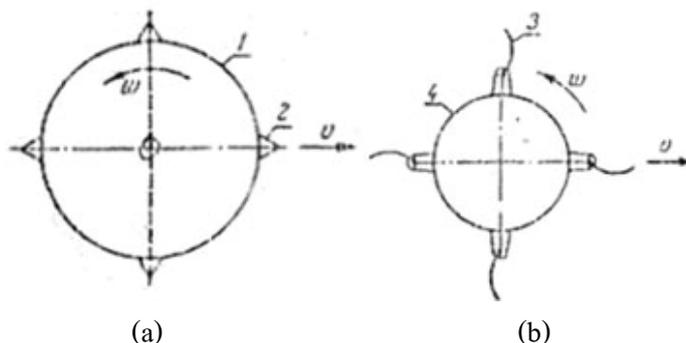
Medium cutting mower จะเหมาะสมกับเครื่องตัดหญ้าหรือเครื่องเก็บเกี่ยวมีลำต้นมีขนาดใหญ่และแข็งแรงกว่าที่จะใช้ใน Low cutting mower

Rotary Mower (แกนใบมีดตั้งฉากกับพื้นดิน)

สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. เครื่องตัดหญ้าแบบโรตารี ชนิด Drum
2. เครื่องตัดหญ้าแบบโรตารี ชนิด Disk
3. เครื่องตัดหญ้าแบบโรตารี ชนิด Disk ประกอบด้วย oval disk

ต้นพืชจะถูกตัดโดยส่วนของใบมีดที่ติดอยู่บน Rotating Disk Cutter หรือ Rotating Cylinder Cutter หลักการตัดต้นพืชโดย Cutter เลย แต่ก็มีต้นบางส่วนถูกพุงไว้โดยต้นพืชที่อยู่ติดกันต้นพืชอาจมีการเอนหนีใบมีด (bending) ในขณะที่ใบมีดหมุนเคลื่อนที่เข้าไปหาต้นพืชซึ่งทั้งนี้ก็จะขึ้นกับความแข็งแรงของลำต้นพืชนั้นด้วย ความเร็วใบมีด 18 – 50 m/s แต่อาจมีความเร็วเชิงเส้นของใบมีดเพิ่มขึ้นขึ้นไปถึง 70 m/s ก็ได้ ดังภาพที่ 22

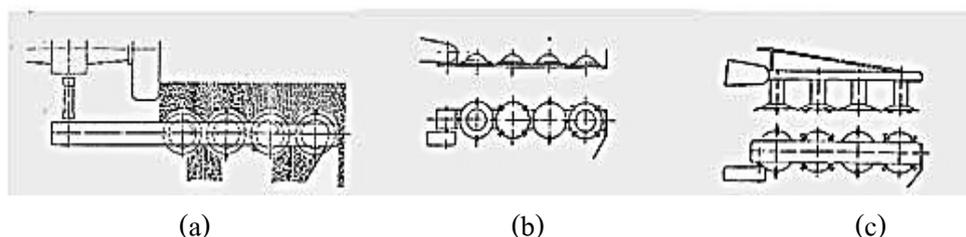


ภาพที่ 22 แสดง Unsupported cutters (a) rotating disk (b) rotating cylinder (1 แสดงรูปร่างของ disk 2 and 3 แสดงรูปร่างของใบมีด และ 4 แสดงรูปร่างของ drum)

ที่มา : (วิชา, 2547)

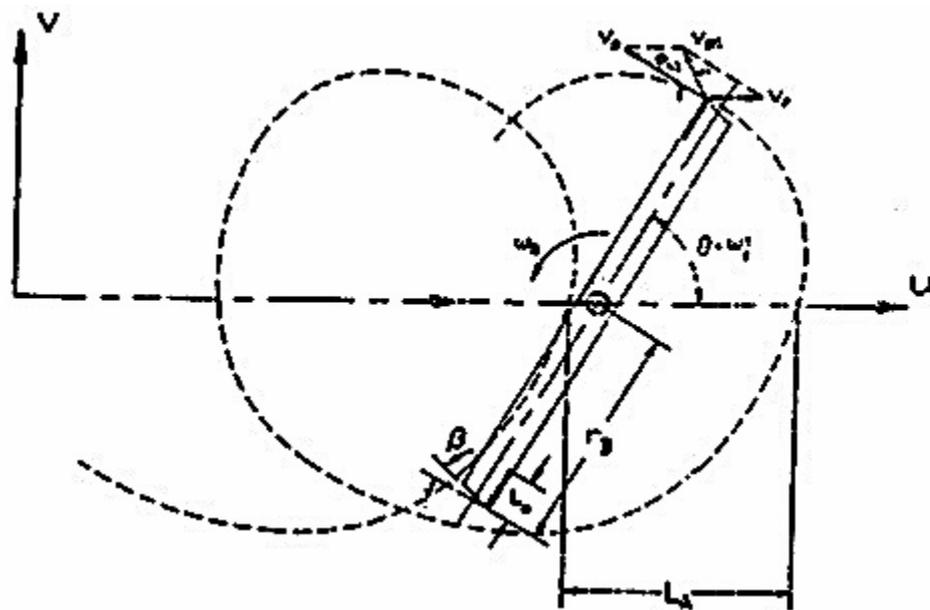
1. ต้นพืชถูกตัดโดย Cutter โดยตรง
2. ต้นพืชถูกตัดโดย Cutter หรือส่วนของ Cutter ซึ่งจะเกิดขึ้นมากในขณะที่ Cutter ไม่คม

ความเร็วเชิงเส้นของ Cutters ทั้ง 2 แบบที่จะตัดต้นพืชให้ขาดได้นั้น Cutter จำเป็นต้องมีความเร็วเชิงเส้น ระหว่าง 18-50 เมตร/วินาที (m/s) Cutter ทั้ง 2 แบบนี้จะมีการเคลื่อนที่หมุนรอบแกนของใบมีดอย่างเดียว ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มความเร็วของใบมีดมาก ๆ ได้ ซึ่งจะทำให้การตัดต้นพืชของใบมีดแบบนี้รวดเร็ว แต่ข้อเสียของใบมีดทั้ง 2 ชนิดนี้คือจะใช้กำลังต่อพื้นที่ในการตัดมาก ต้นพืชถูกตีให้ซ้ำ (รอยตัดซ้ำมากกว่าแบบ Cutter bar) Rotating disk cutter ใช้ตัดทำ hay หญ้าแห้ง Lawn mower ใช้ตัดต้นพืชที่มีลำต้นใหญ่ ๆ ได้ Rotating drum cutter ใช้ตัดหญ้าสำหรับทำ silage (แกนใบมีดขนานกับพื้นดิน)



ภาพที่ 23 เครื่องตัดหญ้าแบบ Rotary (a) cutting action (b) disk type mower (c) drum type mower
ที่มา : (วิชา, 2547)

Disk type mower ตามภาพที่ 23 (b) drive mechanism จะอยู่ส่วนใต้ของใบมีดตัด (Cutting blades) ส่วน Rotary drum mower ตามภาพที่ 23 (c) ชุด drive mechanism จะติดอยู่ส่วนบนของใบมีดตัด Rotary Drum Type Mower ตามรูปคู่ของ Drum ที่อยู่ติดกันจะหมุนตรงกันข้ามกันเพื่อให้หญ้าที่ถูกกองรวมเป็นแถบๆ ซึ่งถ้าคู่ของ Drum ไม่หมุนตรงกันข้ามกันแล้วหญ้าที่ถูกตัดจะล้มกระจายไปทั่ว ซึ่งจะไม่สามารถต่อเครื่องเก็บหญ้าที่จะนำเข้ามาเก็บต่อไป Disk Type Mower อาจจะออกแบบให้คู่ของจานหมุน หมุนสวนทางกันก็ได้หรือหมุนตามกันไปทั้งหมดก็ได้แต่การที่จะออกแบบให้หมุนตามกันไปทั้งหมดจะออกแบบได้ง่ายกว่า Rotary Mower แบบนี้ ทั้ง Disk Type Mower และ Drum Type Mower จะติดตั้งใบมีดที่แต่ละจานจะติดตั้งแบบ Overlap กัน ทั้งนี้ก็เพื่อให้การตัดหญ้าได้สมบูรณ์



ภาพที่ 24 การวิเคราะห์การตัดของการตัดแบบโรตารี
ที่มา : (วิชา, 2547)

ตามภาพที่ 24 การวิเคราะห์การตัดใบมีด Rotary mower ให้แกนใบมีดหมุนด้วยความเร็วเชิงมุม ω_b เรเดียนต่อวินาที หรือ $\pi n/30$ เมื่อ n คือจำนวนรอบต่อนาที ในขณะที่เครื่องตัดหญ้าเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็ว (v_p) เมตร/วินาที ด้วยจะได้การเคลื่อนที่ของปลายใบมีดเป็นแบบ Cycloid Path เมื่อเทียบกับพื้นดิน ความเร็วของปลายใบมีดเมื่อเทียบกับพื้นดินจะเป็น vector ของ

ความเร็วลัพธ์ของ Vector ความเร็วที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าของตัว Mower กับความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบมีด (V_p)

$$V_{bg} = V_f + V_p \quad \dots 1$$

เมื่อ V_{bg} = ความเร็วลัพธ์ที่ปลายใบมีดเมื่อเทียบกับพื้นดิน หน่วย m/s

V_f = ความเร็วในการเคลื่อนที่ของ Mower หน่วย m/s

V_p = ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบมีด หน่วย m/s ($V_p = R_b \omega_b$)

$$V_p = \frac{\pi L n}{60} \quad \dots 2$$

V_p = ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบมีด หน่วย m/s

L = ระยะห่างจากใบมีดถึงใบมีด หน่วย m

ω_b = ความเร็วเชิงมุมของปลายใบมีด หน่วย radian/s

ตามรูป mower เคลื่อนที่ไปในทิศทาง U-direction ความเร็วของปลายมีดในทิศทาง U และทิศทาง V มีค่าเท่ากับ

$$V_u = V_f - I_b \omega_b \sin(\omega_b \cdot t) \quad \dots 3$$

$$V_v = I_b \omega_b \cos(\omega_b \cdot t) \quad \dots 4$$

เมื่อ I_b = รัศมีจากแกนใบมีดถึงปลายใบมีด หน่วย m

V_u = ความเร็วที่ปลายใบมีดในทิศทาง U-direction หน่วย m/s

V_v = ความเร็วที่ปลายใบมีดในทิศทาง V-direction หน่วย m/s

ω_b = ความเร็วเชิงมุมของปลายใบมีด หน่วย radian/s

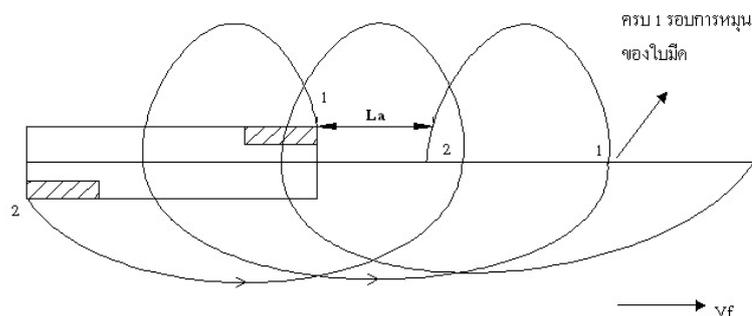
t = เวลา หน่วย s โดยวัดจุดที่ $\theta = 0$

θ = มุมที่ใบมีดหมุนไป โดยค่าต้องมากกว่า $\theta = \omega_b \cdot t$

มุมของความเร็วลัพธ์ที่ปลายใบมีดคือ θ_{ob} สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\tan(\theta_{ob}) = 1/(C_v \cdot \sec \theta - \tan \theta) \quad \dots 5$$

เมื่อ $C_v = V_p/V_f$ = ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายมีด/ความเร็วในการเคลื่อนที่ของ Mower ถ้า $V_f = 0$ คือ Mower ยังไม่เคลื่อนที่มีแต่ใบมีดหมุนอยู่กับที่ C_v จะเท่ากับ 0 ในการออกแบบเครื่องตัดหญ้าแบบ Rotary จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ C_v มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ให้มากที่สุดเพื่อหลีกเลี่ยงในการที่ต้นหญ้าจะไถลหนี (Sliding) ออกจากใบมีดในขณะตัด



ภาพที่ 25 การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบโรตารี

ที่มา : (วิชา, 2547)

จากภาพที่ 25 ส่วนที่เป็นคมปลายแหลมของใบมีดที่หมุนเคลื่อนที่ไปจะทำหน้าที่ตัดหญ้า ดังนั้นพื้นที่ที่เกิดจากคมปลายแหลมใบมีดเคลื่อนที่ไปจะพื้นที่ที่หญ้าถูกตัดจากรูปเป็นใบมีด 2 ใบ หมุนด้วยความเร็ว ω_b และ Mower เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว V_f ในแต่ละการหมุนครั้งของใบมีดจะได้พื้นที่หญ้าถูกตัด 2 พื้นที่ ซึ่งระยะห่างระหว่าง 2 พื้นที่นี้ให้เท่ากับ L_a ซึ่งจะเรียกว่า advance per blade, L_a กำหนดได้จาก

$$L_a = \frac{2\pi V_f}{\lambda_b \omega_b} \quad \dots 6$$

เมื่อ L_a = advance per blade passage หน่วย m

V_f = ความเร็วในการเคลื่อนที่ของ Mower หน่วย m/s

λ_b = จำนวนใบมีดของ disc หรือ drum

ω_b = ความเร็วเชิงมุมของปลายใบมีด หน่วย radian/s

ให้ความยาวของใบมีดเท่ากับ L_s ซึ่งค่าความยาวของใบมีด L_s ต่างมีค่าดังนี้ $L_s \geq L_a$ ถ้าความยาวของใบมีด L_s สั้นกว่า L_a แล้วจะทำให้ตัดหญ้าไม่หมด ค่า L_a นี้ขึ้นกับความเร็วการเคลื่อนที่ของ Mower แต่จะเป็นส่วนกลับกับจำนวนใบมีด และความเร็วรอบของใบมีด ดังนั้นถ้าใช้ความเร็วของ Mower เร็วเกินไปก็จะทำให้ตัดหญ้าไม่หมดได้ ในการตัดหญ้าแต่ละครั้ง เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้ปลายใบมีดคั่นให้แถวของต้นหญ้าที่อยู่ติดกันล้มที่ปลายใบมีดจำเป็นต้องตัดเฉียงไว้เป็นมุม Taper เท่ากับ β ซึ่งค่า β น้อยที่สุดคำนวณได้จากสมการที่ 7

$$\beta = \arctan(V_f / \lambda_b \omega_b) \quad \dots 7$$

ในการออกแบบ Rotary mower แบบแกนหมุนของใบมีดตั้งฉากกับพื้นดิน ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลักสำคัญเพราะชุดของใบมีดจะหมุนในแนวขนานกับพื้นดิน ซึ่งการหมุนลักษณะนี้จะทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลางขึ้น ในขณะที่ใบมีดทำงานตัดหญ้าใบมีดอาจจะเหวี่ยงก่อน หิน เศษดิน เศษหญ้าออกมาจากใบมีดได้ตามทิศทางของความเร็วลัพท์ที่เกิดขึ้นที่ปลายใบมีด ดังนั้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยจึงจำเป็นต้องทำที่ครอบ (Guard) ครอบใบมีดไว้และทำป่องกำหนดทางออกของหญ้าหรือเศษวัสดุที่ใบมีดจะเหวี่ยงออกมา ในกรณีที่ Rotary Mower ใช้ตัดในพื้นที่ที่มีเศษหิน ต่อไม้ จุดยึดใบมีดจะทำในลักษณะที่หมุน Swing ได้ ซึ่งใบมีดจะกางออกเมื่อชุดใบมีดหมุนทำงานและจะ Swing back (ตีกลับ) เมื่อใบมีดหมุนไปตีเศษหิน, ต่อไม้ เพื่อป้องกันอันตรายไม่ให้ใบมีดหักหรือจุดยึดใบมีดแตกหัก

การคำนวณกำลังที่ใช้ในการขับใบมีดชนิด Rotary Mower แบบแกนหมุนใบมีดตั้งฉากกับพื้นดิน

Rotary Mower จะใช้กำลังขับมากกว่าใบมีดชนิด Cutter bar mower มาก ทั้งนี้เนื่องจากใช้ความเร็วรอบหมุนสูง, แรงที่ใช้ในการตัดมีทั้งชนิดการเฉือนและการตีฟาด (Impact) สถาบัน NIAE (Nation Institute of Agricultural Machinery) ประเทศอังกฤษ ได้คิดสูตรในการคำนวณกำลังขับเคลื่อน Rotary Mower ชนิดนี้ดังสมการที่ 8

$$P_{mt} = (P_{LS} + E_{SC} V_p) W_c \quad \dots 8$$

เมื่อ P_{mt} = กำลังทั้งหมดของพีทีโอส่งไปยังเครื่องตัดหญ้า หน่วย kW

P_{LS} = กำลังที่สูญเสียจากอากาศ, ตอที่เหลือและแรงเสียดทานของชุดเกียร์ (kW/m ของความกว้างการตัด)

E_{SC} = พลังงานการตัดเฉพาะ หน่วย kJ/m^2

W_c = ความกว้างของเครื่องตัดหญ้า หน่วย m

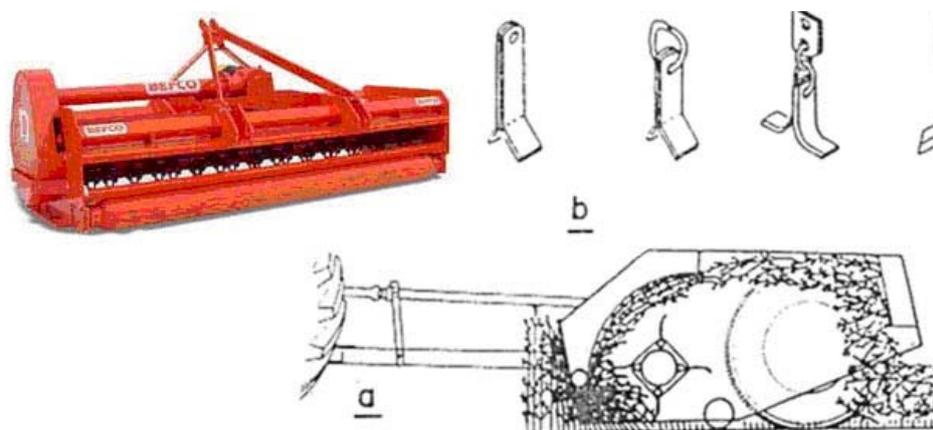
ค่า P_{LS} กำหนดไว้ดังนี้

$$1.5 < P_{LS} < 4 \text{ kw/m}$$

ค่า $E_{SC} = 1.5 \text{ kJ/m}^2$ สำหรับใบมีดที่มีความคม

$E_{SC} = 2.1 \text{ kJ/m}^2$ สำหรับใบมีดที่หักบ้าง

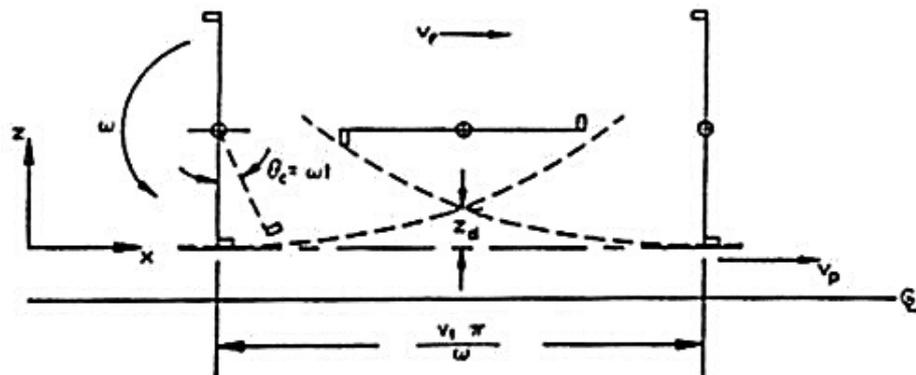
Horizontal Drum mower (Flail mower) (แกนหมุนของใบมีดขนานกับพื้นดิน)



ภาพที่ 26 เครื่องตัดหญ้าแบบ Flail (a) แสดงรูปด้านข้าง (b) รายละเอียดของใบมีด Flail ที่มา : (วิชา, 2547)

เครื่องตัดหญ้าแบบ Flail ประกอบด้วยแกนเหล็กทรงกระบอกติดตั้งอยู่ในแนวขนานกับพื้นดินบนแกนเหล็กทรงกระบอกจะมีใบมีดติดอยู่เป็นแถว แถวของใบมีดอาจมีตั้งแต่ 2, 3, 4 แถวก็ได้ ถ้ามีจำนวนแถวของใบมีดมากจะทำให้ตัดหญ้าได้ความเรียบสม่ำเสมอ ใบมีดแต่ละใบที่ติดบนแกนเหล็กทรงกระบอกนี้จะไม่ยึดติดตายตัว แต่จะหมุนให้ตัวได้เวลาแกนเหล็กทรงกระบอก

หมุนใบมีดใบมีดจึงจะกางออกเพื่อตัดต้นหญ้า ต้นหญ้าที่ถูกตัดโดยใบมีดนี้มีทั้งต้นหญ้าที่ถูกตัดโดยใบมีดโดยตรงและต้นหญ้าที่ถูกตีฟาดให้ต้นหญ้าขาด ความเร็วเชิงเสียดที่เหมาะสมสำหรับใบมีดของ Flail Mower จะมีค่าอยู่ประมาณ 43 m/s ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 27 การวิเคราะห์การตัดหญ้าแบบตัดแนวโค้ง
ที่มา : (วิชา, 2547)

- เมื่อ x = การเคลื่อนที่ที่เปลี่ยนแปลงของ x หน่วย m
 z = การเคลื่อนที่ที่ร่วมที่เปลี่ยนแปลงของ z หน่วย m
 r_f = รัศมีของใบมีดแบบกระแทก หน่วย m
 v_f = ความเร็วการเคลื่อนที่ของเครื่องตัดหญ้า หน่วย m/s
 θ_r = มุมที่เปลี่ยนแปลงของโรเตอร์ หน่วย radian
 t = เวลา หน่วย s

ปลายใบมีดของ Flail mower จะมีการเคลื่อนที่แบบ cycloidal path ในขณะที่ Flail mower เคลื่อนที่ตัดหญ้าไปข้างหน้า กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน Flail mower จะมากกว่า Cutter bar mower เมื่อเปรียบเทียบกับที่หน้ากว้างการตัดที่เท่ากัน เนื่องจาก Flail mower ตัดหญ้าแบบ Impact และการตีอากาศของใบมีด Flail mower ตามข้อมูลของ ASAE Data D497 ได้ให้สมการของการขับเคลื่อน Flail mower ในการตัดต้น Alfalfa ดังนี้

$$p = 8.2 + 2.13m_f \quad \dots 9$$

โดยที่ p = กำลังที่ต้องการจาก PTO ของรถแทรกเตอร์ หน่วย kw
 \dot{m}_f = อัตราการป้อนเข้า หน่วย kg/s

กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน Flail mower ขึ้นกับสิ่งต่อไปนี้

1. ความเร็วรอบใบมีด หน่วย round/minute
2. หน้ากว้างของการตัด หน่วย m
3. Crop yield หน่วย kg/m^2 (หญ้าหนาหรือหญ้าบาง)

การหาอัตราในการตัด (Feed rate) ของเครื่องตัดหญ้าทุกชนิด

$$q = YWV \quad \dots 10$$

โดยที่ q = อัตราในการตัด หน่วย kg/s
 Y = Yield หน่วย kg/m^2
 W = ความกว้างในการตัด หน่วย m
 V = ความเร็วในการเคลื่อนที่ หน่วย m/s

การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Reciprocating (กลับไป-กลับมา) Cutter Bar Mower (วิชา, 2540)

มีข้อดีคือ ใช้กำลังน้อย เนื่องจากทำการตัดต้นพืชด้วยการเฉือนอย่างเดียวไม่มีการตีฟาดต้นพืช รอยตัดจะเรียบไม่ขรุขระ มีข้อเสียคือ มีส่วนประกอบที่สึกหรอมาก ไม่สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงได้ เนื่องจากการทำงานเป็นแบบ Reciprocating จึงทำให้มีแรง Inertia มาก เพราะถ้าเคลื่อนที่เร็วมากจะก่อให้เกิดการอุดตันที่ใบมีด

แบบ Rotating cylinder cutter และแบบ Rotating disk cutter

มีข้อดีคือ สามารถเพิ่มความเร็วของใบมีดมาก ๆ ได้ เนื่องจากมีการเคลื่อนที่หมุนรอบแกนของใบมีดอย่างเดียว ซึ่งจะทำให้การตัดต้นพืชของใบมีดอย่างรวดเร็ว รอยตัดจะเรียบไม่ขรุขระ มีข้อเสีย

คือ ใช้กำลังในการตัดมาก ต้นพีชถูกตีให้ซ้ำ (รอยตัดซ้ำมากกว่าแบบ Cutter bar) ใช้กำลังมาก เนื่องจากทำการตัดต้นพีชด้วยการเฉือนและมีการตีฟาดต้นพีช

จุดคุ้มทุน (Break Even Point)

จุดคุ้มทุน คือ จุดซึ่งรายได้จากการลงทุนคุ้มกับค่าลงทุน หรืออีกนัยหนึ่งหมายถึง จุดที่แสดงค่าใช้จ่ายกับรายรับเท่ากัน ซึ่งมีความหมายว่าเป็นจุดซึ่งมีกำไรเป็นศูนย์นั่นเอง เราสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 11

$$\text{BEP} = \text{FC} / (\text{P} - \text{VC}) \quad \dots 11$$

โดยที่ BEP คือ จุดคุ้มทุน (หน่วย)

FC คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)

VC คือ ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

P คือ กำไร (บาท/หน่วย)

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน คือ เวลาที่ต้องการเพื่อให้การลงทุนเริ่มต้นได้รับการคืนทุน โดยไม่คำนึงถึงค่าของเงินที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา คำนวณได้ตามสมการที่ 12

$$\text{PBP} = \text{CF}_0 / \text{YCF} \quad \dots 12$$

โดยที่ PBP คือ ระยะเวลาคืนทุน หน่วย ปี

CF_0 คือ เงินลงทุนเริ่มต้นหรือค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง หน่วย บาท

YCF คือ กำไรเฉลี่ยแต่ละปี หน่วย บาท

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มงคล กวางวโรภาส (2536) ได้ออกแบบ สร้างและทดสอบรถตัดหญ้าชนิดนั่งขับขนาดเล็กเพื่อใช้ในสวนผลไม้และในพื้นที่ราบ รถนั่งขับชนิดนี้เป็นชนิดนั่งขับสี่ล้อใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดประมาณ 8-10 แรงม้าเป็นต้นกำลัง การถ่ายเทกำลังของตัวรถใช้ห้องเกียร์เดินหน้าสองจังหวะและถอยหลังหนึ่งจังหวะ ในการเลี้ยวใช้วิธีเหยียบครัช-เบรค ล้อที่ต้องการเลี้ยวร่วมกับการหักพวงมาลัย ทำให้เลี้ยวได้วงแคบโดยมีรัศมีวงเลี้ยวเพียง 2.7 เมตร ชุดกลไกการตัดประกอบด้วยใบมีดสองชุดหมุนสวนทางกันเพื่อให้หญ้าที่ถูกตัดถูกเหวี่ยงไปด้านหลัง ทั้งตัวรถและชุดกลไกตัดหญ้ารับกำลังจากเครื่องยนต์ผ่านมูเล่และสายพานมายังห้องเกียร์ วัดความสามารถในการตัดหญ้าบนพื้นที่ราบประมาณ ชั่วโมงละ 1.4 ไร่ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ ชั่วโมงละ 1.2-1.4 ลิตร ใบมีดเป็นชนิดหมุนตามแนวราบใช้หลักการตัดแบบกระทบตัดด้วยความเร็วตามเส้นรอบวงของใบมีดเท่ากับ 40 เมตร/วินาที ความกว้างในการตัด 0.8 เมตร ความเร็วเดินหน้าขณะทำการตัดประมาณ 1.1 เมตร/วินาที

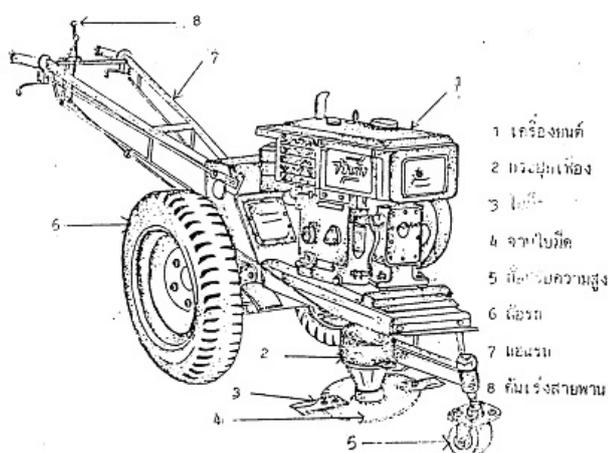


ภาพที่ 28 รถตัดหญ้าชนิดนั่งขับขนาดเล็ก

ที่มา : (มงคล, 2536)

บรรจบ ชาทอง (2539) ได้ทำการศึกษาแนวทางการปรับปรุงเครื่องตัดหญ้ากับรถไถเดินตาม เป็นการปรับปรุงเอากระดูกเฟืองขับล้อของรถยนต์ มาเป็นชุดขับใบมีด ซึ่งเป็นใบมีดยึดกับจานหมุน และส่งกำลังมาจากมูเล่เครื่องยนต์ จากการทดสอบโดยเปรียบเทียบระหว่างรถตัดหญ้าแบบเข็นในแปลงหญ้ารัฐ พบว่า ความสามารถในการตัดและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

เท่ากัน แต่เมื่อสอบถามผู้ปฏิบัติงานพบว่า การตัดหญ้าด้วยรถเข็นจะเหนือกว่าเครื่องตัดหญ้าติดรถไถเดินตาม



ภาพที่ 29 เครื่องตัดหญ้าติดรถไถเดินตาม

ที่มา : (บรรจบ, 2539)

ธวัช ปั้นแห่งเพชร (2544) ได้ออกแบบเครื่องตัดหญ้าแบบจานคู่ให้ใช้รถแทรกเตอร์เป็นต้นกำลังโดยส่งผ่านกำลังมาที่เครื่องตัดของเพลลา พี ที โอ เครื่องตัดหญ้าแบบจานคู่มีความกว้างการทำงาน 100 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของจานใบมีด 40 เซนติเมตร ความยาวของคมใบมีด 6.5 เซนติเมตร ระยะระหว่างเพลลาของใบมีด 50 เซนติเมตร มีจำนวนใบมีด 2 ใบต่อ 1 จาน และจานใบมีดมีจำนวน 2 จาน ความสูงของการตัด 4 เซนติเมตร ผลจากการทดสอบดังนี้ ความเร็วที่ปลายใบมีดและความเร็วในการเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงเมื่อความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบมีดเพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบมีดและอัตราการตัดมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงเช่นเดียวกัน เมื่อความความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบมีดเพิ่มขึ้นอัตราการตัดจะเพิ่มขึ้นด้วย และคุณภาพการตัดที่ดีที่สุดคือที่ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบมีด 36.35 เมตร/วินาที และความเร็วในการเคลื่อนที่ 2.9 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยหญ้าจะไม่ล้มมากนัก รอยตัดเรียบ ความสูงของการตัดค่อนข้างสม่ำเสมอ

นพดล ตรีรัตน์ (2544) ได้ศึกษาและประเมินผลเบื้องต้นการเกี่ยวหญ้าอาหารสัตว์ โดยเครื่องเกี่ยวแบบใบมีดเลื่อน การออกแบบและสร้างต้นแบบ และการประเมินผลเครื่องเกี่ยวเกี่ยวหญ้าอาหารสัตว์ ผลจากการศึกษาพบว่า การติดตั้งด้านหน้ารถเกษตรกรรมแนวโน้มน่าจะเหมาะสมในการตัด

หญ้าอาหารสัตว์ หญ้าที่ได้มีรอยตัดที่เรียบ การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ รถเกษตรกร ชุดหัวเกี่ยวแบบใบมีดเลื่อน ชุดลำเลียงแบบโซ่ลำเลียง และกระบะรองรับหญ้า ซึ่งสามารถทำงานอย่างต่อเนื่อง คือ ตัด ลำเลียง เก็บรวบรวมหญ้าในขั้นตอนเดียวกัน จากการทดสอบหาความสามารถในการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยวหญ้าอาหารสัตว์ พบว่า มีความเหมาะสมในการทำงาน เมื่อใช้ความเร็วการเคลื่อนที่ 1.7 เมตรต่อวินาที ความเร็วเชิงเส้นใบมีด ที่ระดับ 2.5 เมตรต่อวินาที และความเร็วการลำ เลียง ที่ระดับ 1.0 เมตรต่อวินาที ซึ่งให้ผลของสมรรถนะการทำงานมีดังต่อไปนี้ อัตราการทำงานเชิงพื้นที่ 3.71 ไร่/ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การตัด 98.79 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียจากการร่วงหล่นที่หัวเกี่ยว 1.04 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียจากการลำเลียง 3.14 เปอร์เซ็นต์

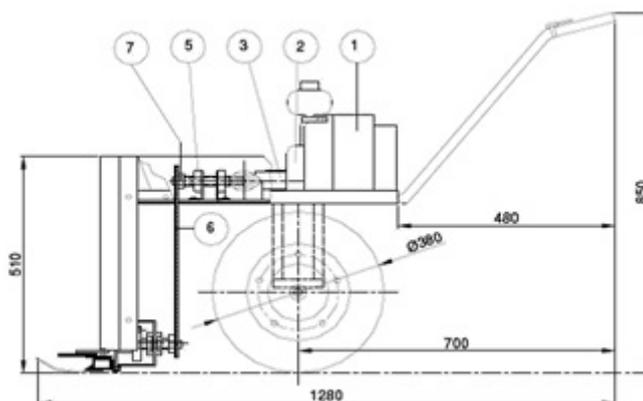


ภาพที่ 30 ชุดหัวเกี่ยววางรายที่ติดตั้งด้านหน้ารถเกษตรกร
ที่มา : (นพดล, 2544)

ขวัญชัย ไชยเทียมผล (2546) ได้พัฒนาเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามเพื่อใช้งานกับรถไถเดินตาม มีความกว้างการทำงาน 100 เซนติเมตร มีจานใบมีดจำนวน 2 จาน และมีจำนวนใบมีด 2 ใบต่อ 1 จานเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดแต่ละอัน 40 เซนติเมตร ความสูงของการตัดเฉลี่ย 4.2 เซนติเมตร จากการทดสอบพบว่า เมื่อความเร็วของเครื่องยนต์ต้นกำลังเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่และสมรรถนะการทำงานเชิงพื้นที่เพิ่มขึ้นด้วย และมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง เมื่อใช้ความเร็วรอบของต้นกำลังตั้งแต่ 1200 รอบ/นาที ขึ้นไป รอยตัดที่ได้ราบเรียบและสม่ำเสมอ แต่ความเร็วรอบที่เหมาะสมอยู่ที่ 1500 รอบ/นาที เมื่อใช้เกียร์ 1 จะได้ความเร็วการเคลื่อนที่ 2.7 กิโลเมตร/ชั่วโมง สมรรถนะการทำงานเชิงพื้นที่ 1.7 ไร่/ชั่วโมง และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน

เชื้อเพลิง ประมาณ 0.6 ลิตร/ไร่ การหมุนของใบมีดมีทั้งหมุนเข้าและออกจากกัน ให้คุณภาพในการตัดและสมรรถนะการทำงานเชิงพื้นที่เหมือนกัน แต่การกระจายของวัสดุที่ถูกตัดต่างกัน

Celik (2006) ได้ออกแบบและปรับปรุงลักษณะบางประการของเครื่องตัดหญ้าแบบเข็นชนิด cutter bar ซึ่งในฟาร์มขนาดเล็กของตุรกี เครื่องเก็บเกี่ยวหญ้าเป็นเคียวเกี่ยวแบบกรรไกรโดยเป็นประเพณีปฏิบัติกันมานาน วิธีนี้ใช้แรงงานมากจึงศึกษาการออกแบบเครื่องตัดหญ้านี้ขึ้น และทดสอบเครื่องตัดหญ้าแบบเข็นชนิด cutter bar สำหรับพื้นที่เก็บเกี่ยวหญ้าเล็กๆ รวมทั้งราคา และที่ดินเป็นเงื่อนไขด้วย ในเครื่องตัดหญ้าแบบเข็นชนิด cutter bar ประกอบด้วย 6 ส่วนหลัก คือ ชุดส่งกำลังการตัด ต้นกำลัง ชุดมือจับ ตัวโครงรถ และตัวขับเคลื่อน เครื่องยนต์ต้นกำลังให้กำลังขนาด 1.47 กิโลวัตต์ ที่ความเร็วรอบเครื่อง 7000 รอบต่อนาที ซึ่งใช้สำหรับชุดที่ตัดหญ้า ตัววางเลื่อน 2 ตัว จะติดอยู่กับชุด cutter bar โดยแต่ละตัวจะอยู่ด้านละข้าง เพื่อควบคุมความสูงของการตัด น้ำหนักรวมของเครื่องเท่ากับ 41 กิโลกรัม สมรรถนะการทดสอบของเครื่องตัดหญ้าเป็นดังนี้ ประสิทธิภาพการทำงานต่อไร่เฉลี่ย 0.79 ไร่ต่อชั่วโมง การใช้น้ำมัน 10 ลิตรต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพเชิงไร่ 0.875 ไร่ต่อชั่วโมง ความสามารถการเก็บเกี่ยวหญ้าสด 2.24 ตันต่อชั่วโมง การใช้น้ำมันต่อการเก็บเกี่ยวหญ้าสด 4.43 ลิตรต่อตัน ความสูงที่ใช้ในการตัด 64 มิลลิเมตร



ภาพที่ 31 เครื่องตัดหญ้าแบบเข็นชนิด cutter bar (ขนาดในรูปเป็นขนาดมิลลิเมตร)

ที่มา : (Celik, 2006)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตามต้นแบบ
2. นาฬิกาจับเวลา
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. หลักรูปวัดระยะ
5. ตลับเมตร
6. เครื่องชั่ง (OHAUS รุ่น ARC120, USA)
7. กระจกตวงน้ำมัน (100 ml, United Kingdom)
8. ตู้อบลมร้อน
9. PTO torque transducer (KYOWA Type TP-50 KM AB, Japan)
10. Strain amplifier (KYOWA รุ่น DMP – 713B, Japan)
11. Analyzing recorder (YOKOGAWA รุ่น Model 6355E, Japan)
12. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Honda Power supply 220 AC, Japan)
13. อุปกรณ์แปลงสัญญาณต่อเนื่องเป็นดิจิทัล (ATEN USB NI-6210, China)
14. Notebook (ASUS รุ่น A6, China)

วิธีการ

วิธีการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. การออกแบบเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามต้นแบบ
2. การทดสอบสมรรถนะเครื่องตัดหญ้าเดินตามต้นแบบ

แนวคิดในการออกแบบ พิจารณาหลักการการทำงานของชุดใบมีดตัดแบบโรตารี (Rotary) ซึ่งเป็นใบมีดใช้การตัดแบบกระทบอาศัยหลักการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงของใบมีดมากระทบงานที่จะตัด คือต้นหญ้าที่มีมวลในตัวเอง จึงทำให้มันไม่ลู่ไปตามแรงเหวี่ยงของใบมีดและถูกตัดขาดเป็นสองส่วน (มงคล, 2536) สูตรที่ใช้ในการหาความเร็วรอบใบมีด อัตราทด และความเร็วเชิงเส้นที่ปลายใบมีด มีดังสมการที่ 2 และ 13

$$m_{\omega} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

...13

เมื่อ m_{ω} = อัตราทด

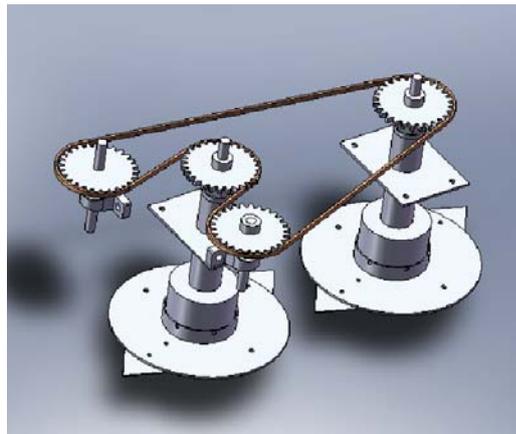
D_1 = เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของตัวขับ

D_2 = เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของตัวตาม

n_1 = ความเร็วรอบของตัวขับ

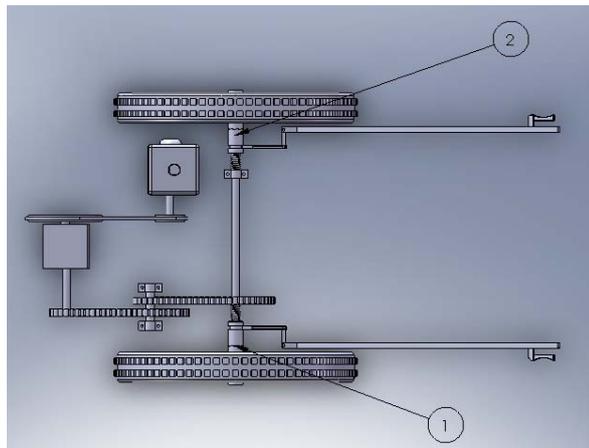
n_2 = ความเร็วรอบของตัวตาม

1.1 ชุดตัดหญ้าแบบโรตารีติดตั้งไว้ด้านหน้า ดังในภาพที่ 32 และใช้กำลังขับเคลื่อนจากเครื่องยนต์เบนซิน 6.5 แรงม้า โดยส่งกำลังด้วยสายพาน มูเลย์ และเฟืองโซ่ไปที่เพลาลับชุดใบมีดตัดแบบโรตารี



ภาพที่ 32 ชุดใบมีดโรตารี 2 ชุด ติดด้านหน้ารถตัดหญ้าแบบเดินตามคันแบบ

1.2 ชุดเกียร์ขับเคลื่อนล้อ สามารถปรับเกียร์ได้ 4 ระดับ ใช้กำลังขับเคลื่อนจากเครื่องยนต์เบนซิน 6.5 แรงม้า โดยส่งกำลังด้วยสายพาน มูเลย์ และเฟืองโซ่ไปที่ชุดขับเคลื่อนล้อและออกแบบชุดบังคับเลี้ยวซ้าย-ขวา ใช้เฟืองขบกันแบบฟันปลาขบกัน ใช้แรงจากสปริงเป็นชุดบังคับให้ฟันเฟืองแยกตัวออกจากกัน โดยใช้แรงบีบจากชุดบีบเลี้ยว ดังภาพที่ 33 และ 34



ภาพที่ 33 ชุดบังคับเลียวซ้าย-ขวา 1 คือชุดเลียวซ้าย 2 คือชุดเลียวขวา



ภาพที่ 34 ชุดขับเคลื่อนล้อ

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

โดยกำหนดเป็น 2 ส่วนคือ การกำหนดเกณฑ์ในการออกแบบ และการกำหนดรายละเอียดในการออกแบบ ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

การกำหนดเกณฑ์การออกแบบ

เครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์ที่มีชุดตัดหญ้าที่มีลักษณะการทำงานของชุดใบมีดคือ การตัดแบบกระทบอาศัยหลักการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงของใบมีดมากระทบหญ้าที่จะตัด เป็นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์ที่มีลักษณะการทำงานของชุดตัดหญ้า คือตัดหญ้าและฟ่นหญ้าออกไปด้านหลัง โดยหญ้าจะวางเรียงเป็นแถว ใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 6.5 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการทำงาน กลไกบังคับควบคุมการทำงานของเครื่องง่ายต่อการควบคุมและผู้ควบคุมสามารถทำงานได้สะดวก

การกำหนดรายละเอียดในการออกแบบ

การกำหนดรายละเอียดในการออกแบบเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามต้นแบบ ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญคือ ตัวรถ เกียร์ขับเคลื่อน ชุดตัดหญ้าแบบโรตารี ระบบถ่ายทอดกำลัง รายละเอียดของการออกแบบมีดังต่อไปนี้

ตัวรถ ทำโครงสร้าง ใช้เหล็กฉากขนาด 1 ½ นิ้ว ปะกบกันเพื่อเพิ่มความแข็งแรง โดยทำเป็นโครงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 120 x 210 เซนติเมตร ล้อหลังขนาด 26 นิ้ว จำนวน 2 ล้อ ล้อหน้าขนาด 6 นิ้ว จำนวน 2 ล้อ ชุดการบังคับการทำงานเลียวย้าย-ขวา ใช้ระบบเฟืองฟันปลาขบกัน และมีระบบบีบลิ้วคอยบังคับลิ้ว ดังแสดงในภาพผนวก ฉ2

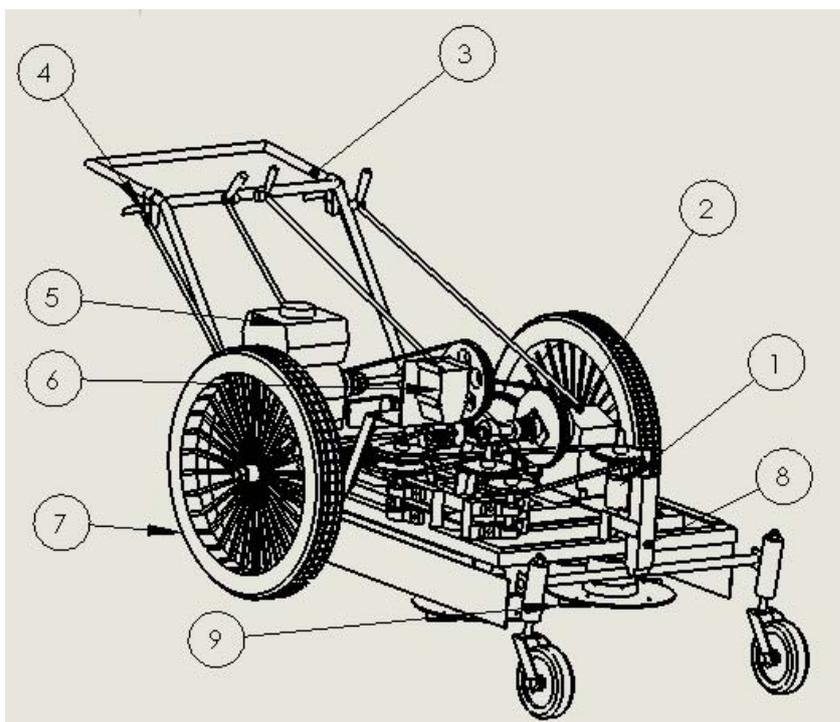
ชุดตัดหญ้า การออกแบบเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม ใช้หัวเกี่ยวหญ้าแบบโรตารีหน้ากว้างการทำงานของแต่ละหัวคือ 0.55 เมตร โดยออกแบบให้มี 2 หัว เพื่อเพิ่มหน้ากว้างการทำงานและให้ทิศทางการหมุนของใบมีดหมุนเข้าหากัน เพื่อให้เศษหญ้าที่ตัดแล้วกองรวมกันไปด้านหลังของชุดใบมีด โดยหญ้าที่ตัดจะมีรอยตัดที่ไม่เรียบ แต่มีชิ้นส่วนของการสึกหรอน้อย มีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนคือ

(1) อุปกรณ์กลับทิศการหมุนของเพลาชับชุดตัดหญ้า เพื่อให้ชุดใบมีดหมุนทิศทางสวนกันและรวบรวมหญ้าให้เป็นกองไปทางด้านหลังของชุดใบมีด

(2) อุปกรณ์ตัดต้นหญ้า เป็นใบมีด 2 ชนิด คือ ใบมีดแบบเรียบมีคม 2 ด้าน ลักษณะใบมีดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า และใบมีดแบบไม่เรียบมีคม 2 ด้าน ลักษณะใบมีดปลายใบมีดเป็นสามเหลี่ยม การตัดเป็นแบบตัดกระทบ

(3) อุปกรณ์ลำเลียงออกด้านหลัง ลักษณะเป็นการค้ำป้องกันหญ้ากระเด็นออกด้านข้าง หลังจากที่ถูกตัดแล้วเศษหญ้าจะถูกส่งโดยผ่านช่องคอคอดออกไปด้านหลังของตัวรถตัดหญ้า เป็นกองตามยาว สามารถปรับขนาดกองได้ที่ตัวปรับความกว้างของช่องทางออก

ระบบถ่ายทอดกำลัง ประกอบด้วย ระบบสายพาน เกียร์ทด เฟืองโซ่และโซ่ เพื่อขับเคลื่อนตัวรถและขับเคลื่อนตัดหญ้า โดยชุดตัดหญารับกำลังมาจากเครื่องยนต์เบนซินขนาด 5.5 แรงม้า ผ่าน มูเลย์ 3 นิ้ว ส่งกำลังผ่านสายพาน ผ่าน มูเลย์ 8 นิ้ว ไปยังชุดเกียร์ทด 1:3 ผ่าน มูเลย์ 3 นิ้ว ผ่านชุดกลับทิศทางการหมุน (Reverse drive) ก่อนที่จะส่งกำลังขับเคลื่อนชุดตัดหญ้า 2 หัว ดังแสดงในภาพที่ 31 ชุดขับเคลื่อนล้อในการเคลื่อนที่ โดยรับกำลังมาจากเครื่องยนต์เบนซินขนาด 5.5 แรงม้า ผ่าน มูเลย์ 2 นิ้ว ส่งกำลังผ่านสายพาน ผ่าน มูเลย์ 8 นิ้ว ไปยังชุดเกียร์เดินหน้า ผ่านเฟืองโซ่ไปยังล้อหลังทั้ง 2 ล้อ ดังแสดงในภาพที่ ๓3 และ ๓4 (ภาคผนวก ๓) จากรายละเอียดดังกล่าวสามารถแบ่งรายละเอียดดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 หมายเลข 1 คือ ชุดตัดหญ้า 2 คือ ชุดเกียร์ขับเคลื่อน 3 คือ ชุดกันบั้งค้ำ 4 คือ ชุดบั้งค้ำเลี้ยวซ้าย-ขวา 5 คือ เครื่องยนต์ 6.5 แรงม้า 6 คือ ชุดเกียร์ทด 7 คือ ล้อด้านซ้าย-ขวา 8 คือ ชุดปรับความสูงการตัดหญ้า 9 คือ ใบมีดตัดหญ้า

ตารางที่ 1 รายละเอียดชุดตัดหญ้าแบบโรตารี (หมุนเข้าหากัน)

รายการ	รายละเอียด
ขนาดความกว้างการทำงาน	90 เซ็นติเมตร
ชนิดใบมีด	สามเหลี่ยมใบหยัก (7.5 x 8.4 เซ็นติเมตร) ดังภาพที่ 36
ความกว้างทั้งหมด	34 เซ็นติเมตร
ความยาวทั้งหมด	47 เซ็นติเมตร
น้ำหนักเฉพาะชุดตัดต่อ 1 ชุด	10.6 กิโลกรัม ดังภาพที่ 37



ภาพที่ 36 ลักษณะของใบมีดแบบมีรอยหยัก (ใบมีดแบบที่ 2)



ภาพที่ 37 ชุดตัดหญ้าแบบโรตารี

ตารางที่ 2 รายละเอียดตัวรถที่นำมาทดสอบเบื้องต้นในการตัดหญ้าอาหารสัตว์โดยใช้ใบมีดแบบโรตารี

รายการ	รายละเอียด
ต้นกำลัง	เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ ขนาด 6.5 แรงม้าที่ 3,600 รอบต่อวินาที
ระบบเคลื่อนล้อ	4 เกียร์เดินหน้า
ขนาดล้อหลัง	ความสูง 0.7 เมตร ความกว้าง 0.06 เมตร
ขนาดล้อหน้า	ความสูง 0.19 เมตร ความกว้าง 0.05 เมตร
ขนาดตัวรถ	กว้าง 1.17 เมตร ยาว 2.10 เมตร สูง 1.16 เมตร

ภายหลังจากการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบทำการทดลองใช้เครื่องเบื้องต้นแล้ว เครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามต้นแบบ มีรายละเอียด ลักษณะการใช้งานและวิธีการทำงาน อธิบายพอสังเขปได้ดังนี้

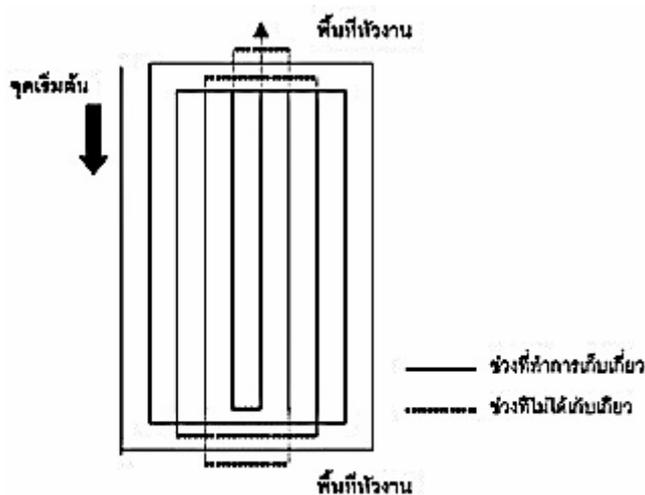
(1) การปรับความเร็วการเคลื่อนที่ จากการทดสอบการตัดหญ้าแพงโกล่าเบื้องต้น พบว่า สามารถทำงานได้ที่ระดับเกียร์ 1 เท่านั้น ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3 ระดับ คือ 2,600, 2,800 และ 3,000 รอบต่อนาที อยู่ในช่วงความเร็วระหว่าง 0.148-0.174 เมตรต่อวินาที (0.535-0.628 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) โดยขณะทำงาน ที่ระดับความเร็วที่ต่ำกว่า 0.148 เมตรต่อนาที ต้นหญ้าจะไม่สามารถถูกตัดขาดได้ และทำให้เครื่องดับเพราะความเร็วรอบเครื่องต่ำเกินไปทำให้หญ้าไปพันกับใบมีดตัดหญ้าทำให้เพล่าใบมีดหยุดทำงาน จนส่งผลกระทบไปที่เครื่องยนต์ด้วย

(2) การปรับความเร็วชุดใบมีดตัดแบบโรตารี จากการทดสอบการทำงานเบื้องต้น พบว่า เครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามต้นแบบ สามารถทำงานได้ที่ความเร็วในช่วง 80-92 เมตรต่อวินาที (1387-1600 รอบต่อนาที) ถ้าใช้ความเร็วต่ำกว่า 80 เมตรต่อนาที จะทำให้เกิดการติดขัดระหว่างการตัดหญ้า ตัดหญ้าไม่ต่อเนื่องเพราะความเร็วการตัดไม่เพียงพอในการตัดหญ้าแพง

โกล่า ที่มีลักษณะต้นหญ้าล้มอยู่กับพื้นดินได้ ดังนั้นความเร็วในช่วง 80-92 เมตรต่อวินาที จึงเหมาะสมกับการตัดหญ้าชนิดนี้

ในการศึกษาเบื้องต้นนี้ พบว่าความเร็วเชิงเส้นใบมีดของชุดตัดหญ้าแบบโรตารีอยู่ในช่วง 67-78 เมตรต่อวินาที (1164-1358 รอบต่อนาที) แต่จากการศึกษาเบื้องต้นของความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ จึงได้กำหนดความเร็วเชิงเส้นใบมีดออกเป็น 3 ระดับ คือ 67, 73 และ 78 เมตรต่อวินาที (1,164 1,261 และ 1,358 รอบต่อนาที) ในทำนองเดียวกัน ความเร็วการเคลื่อนที่ได้กำหนดให้อยู่ในช่วง 0.590-2.030 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หากใช้ความเร็วสูงกว่านี้ความเร็วของรถจะเดินเร็วกว่าการตัดหญ้าให้ขาดได้เพราะหญ้าจะรูดใบมีดไป ทำให้ตัดหญ้าไม่ขาด

(3) รูปแบบการทำงานในพื้นที่ การทดลองนี้ได้กำหนดรูปแบบพื้นที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพราะจะสะดวกในการตัดและเสียเวลาในการเลี้ยวหัวงานน้อย รูปแบบการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามต้นแบบในการทดสอบนี้จะวนไปทางด้านซ้ายจากขอบแปลงเข้าหากกลางแปลงเรื่อยๆ จนสิ้นสุดการทำงาน (นพดล, 2544) ดังแสดงในภาพที่ 38 และ 39



ภาพที่ 38 รูปแบบการปฏิบัติงานของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามต้นแบบ
ที่มา : (นพดล, 2544)



ภาพที่ 39 การตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามคันแบบ

2. การทดสอบสมรรถนะการตัดหญ้าแพงโกล่า

2.1 การทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาความเร็วการเคลื่อนที่และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เหมาะสมในการตัดหญ้าแพงโกล่า โดยใช้เกียร์ดินหน้า คือ เกียร์ 1st และ เกียร์ 2nd ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ใช้คือ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที โดยทดสอบใบมีด 2 ชนิด คือ ใบมีดแบบที่ 1 เป็นใบมีดสี่เหลี่ยมคม 2 ด้าน และใบมีดแบบที่ 2 เป็นใบมีดแบบสามเหลี่ยมรอยหยักคม 2 ด้าน ในการทดสอบเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามคันแบบครั้งนี้ ศึกษาตัวแปรตัวเดียวคือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ จึงจัดการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design : CBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับค่าชี้ผลในการทดสอบเบื้องต้นครั้งนี้คือ ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ความเร็วการทำงานของเครื่องตัดหญ้า และเลือกใบมีดที่เหมาะสมสำหรับการตัดหญ้าแพงโกล่า มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1.1 วัดแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงใหญ่จำนวน 3 แปลง ในแต่ละแปลงมีแปลงย่อย 3 แปลง

2.1.2 ทำการวัดความหนาแน่นของต้นหญ้าอาหารสัตว์ โดยสุ่มวัดความหนาแน่นแปลงละ 1 ตารางเมตร

2.1.3 วัดขนาดความสูงของต้นหญ้าอาหารสัตว์ จำนวนต้นต้นหญ้าอาหารสัตว์ โดยวัดจากพื้นดินจนถึงปลายสุดของยอด โดยสุ่มวัดความหนาแน่นต้นหญ้าแพงโกล่า แปลงละ 1

ตารางเมตร เก็บตัวอย่างหญ้าอาหารสัตว์เพื่อนำไปวัดหาความชื้น โดยสุ่มเก็บตัวอย่างที่หัวแปลง กลางแปลง และท้ายแปลง

2.1.4 ดำเนินการทดสอบ ทำการตัดหญ้าที่ละแปลง จับเวลาในการทำงานจริง วัด ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ตัดหญ้าในแปลง แล้วนำมาวิเคราะห์ผลการทำงานของเครื่องตัดหญ้า อาหารสัตว์ต้นแบบโดยเปรียบเทียบใบมีดแต่ละชนิด

2.1.5 การอบหญ้านำตัวอย่างมาอบในตู้อบลมร้อนโดยชั่งน้ำหนักก่อนอบ และหลัง อบ ใช้อุณหภูมิในการอบที่ 103 องศาเซลเซียส เวลาอบ 24 ชั่วโมง (ASAE S358.2 DEC93, 1989) และคำนวณจากสมการที่ 14

$$M_{w,b} = \frac{w - d}{w} \times 100 \quad \dots 14$$

เมื่อ $M_{w,b}$ = ความชื้นมาตรฐานเปียก
 w = น้ำหนักก่อนอบ หน่วย กรัม
 d = น้ำหนักหลังอบ หน่วย กรัม

2.2 การทดสอบและประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์ต้นแบบ

การทดสอบและประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์ต้นแบบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ปัจจัยหรืออิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์ ตลอดจน ข้อจำกัดในการทำงานของเครื่องตัดหญ้าต้นแบบ อันเป็นแนวทางในการปรับปรุงเครื่องตัดหญ้า อาหารสัตว์ต้นแบบ ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นมีรายละเอียดดังนี้

แผนการทดสอบ การศึกษาตัวแปร 2 ปัจจัย คือ

- เกียร์ 3 ระดับ คือ เกียร์ 1st เกียร์ 2nd และ เกียร์ 3rd

- ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4 ระดับ คือ 1972, 2335, 2787 และ 3339 รอบต่อนาที

จัดสิ่งทดลองแบบ 3 X 4 แฟคตอเรียล ในแผนการทดลองแบบแฟคตอเรียล (3X4 factorial) ทำการทดสอบ 3 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนทดสอบดังนี้

2.2.1 แบ่งพื้นที่ทดสอบออกเป็น 3 แปลงใหญ่ หนึ่งแปลงใหญ่แบ่งเป็น 12 แปลงย่อย โดยแต่ละแปลงย่อยมีขนาด 2.5 X 10 เมตร รวม 36 แปลง

2.2.2 ทำการสุ่มวัดหญาคุณสมบัติของอาหารสัตว์ ดังนี้คือ ความหนาแน่นต้นหญาอาหารสัตว์ ความสูงต้นหญาอาหารสัตว์ เก็บตัวอย่างเพื่อหาความชื้น

2.2.3 ดำเนินการทดสอบ ตัดหญาที่ละแปลง จับเวลาการทำงานทั้งหมด เวลากลับหัวแปลงและวัดความเร็วการเคลื่อนที่ของรถตัดหญาขณะตัด โดยจับเวลาที่จุดเริ่มและสิ้นสุดในช่วงระยะ 8 เมตร โดยเติมน้ำมันให้เต็มถัง หลังจากตัดหญาเสร็จในหนึ่งแปลง หยุดเครื่องและวัดปริมาณน้ำมันที่ใช้ไปต่อพื้นที่การทำงาน โดยดวงด้วยกระบอกตวง ขนาด 100 ml (RNAM, 1983)

2.2.4 ทำการสุ่มวัดเศษหญาที่ถูกตัดแล้วไม่วางเรียงกอง (โดยกำหนดขนาดความกว้างของกองหญาไว้ประมาณ 40 เซ็นติเมตร) ไปชั่งน้ำหนัก และชั่งน้ำหนักของหญาที่วางเรียงเป็นกองด้วย เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงชุดการ์ดให้ดีขึ้นกว่าเดิมในอนาคต

2.3 การวัดทอร์กและการทดสอบหากำลังในการตัดหญาและขณะรถตัดหญาเคลื่อนที่โดยไม่ตัดหญา

2.3.1 การติดตั้งเครื่องมือในการทดสอบ

การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ โดยติดตั้ง Torque transducer เพื่อใช้วัดแรงบิดที่เพลาชับชุดตัดหญาและใช้เครื่องวัดความเร็วรอบวัดความเร็วรอบหมุนของเพลาชับไบมีดตัดหญา ดังแสดงในภาพ ข4 ค่าสัญญาณ Torque transducer จะส่งมายังเครื่อง Strain amplifier แบบ 6 chanel ทำหน้าที่รับและขยายสัญญาณค่าแรงดันไฟฟ้า (Volage) เหล่านี้ และจะถูกส่งค่ามาบันทึกไว้ที่ตัว Analyzing recorder ชนิด 4 chanel ส่วนค่าที่ได้จากเครื่อง Analyzing recorder จะถูกส่งมายังคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Qbasic ดังแสดงในแผนภูมิการส่งสัญญาณข้อมูลจากชุด Transducer ดังแสดงในภาพ ข3

2.3.2 การเก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง

1) แรงบิดที่เพลาเครื่องยนต์ ทำการวัดโดยติดตั้งเครื่องมือ Torque transducer เพื่อใช้วัดแรงบิดที่เพลาเครื่องยนต์ และนำค่าที่ได้ไปใช้ในการคำนวณค่ากำลังจากการตัดหญ้าแพงโกล่า

2) ความเร็วรอบเครื่องยนต์ เพื่อนำไปคำนวณหาแรงบิดในเพลาเครื่องยนต์ โดยใช้ความเร็วรอบเพลาที่ได้จากเพลาขับเคลื่อน วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ขณะกำลังจะเริ่มตัดหญ้าแพงโกล่าสามารถคำนวณจากสมการที่ 15

$$P = \frac{2\pi nT}{60000} \quad \dots 15$$

เมื่อ Power = กำลังของเพลาเครื่องยนต์ (kW)

N = ความเร็วรอบของเพลาเครื่องยนต์ (rpm)

T = แรงบิดที่เพลาเครื่องยนต์ (N-m)

2.3.3 การวางแผนการทดสอบหาลำดับที่ใช้ตัดหญ้าแพงโกล่าเบื้องต้น

1) แบ่งแปลงออกเป็น 3 แปลงใหญ่ ขนาด 10.8 x 5 เมตร แปลงย่อยแปลงละ 0.9 x 5 เมตร วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เพลาเครื่องยนต์

2) ทดสอบโดยการเดินเครื่องยนต์แบบไม่มีภาระ คือให้รถตัดหญ้าเดินหน้าด้วยความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่กำหนดไว้ แต่ยังไม่เปิดการใช้งานชุดตัดหญ้า และค่าสัญญาณจากเทอร์กทรานควิวเซอร์ที่ได้ไว้เป็นค่าตั้งต้น บันทึกค่าไว้ที่เครื่อง Analyzing recorder

3) ทดสอบตัดหญ้าแพงโกล่าโดยเปิดการทำงานชุดตัดหญ้า โดยใช้ปัจจัยที่ทดสอบ 2 ปัจจัย เกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ บันทึกค่าสัญญาณ (โวลต์) ไว้ที่เครื่อง Analyzing recorder เมื่อเสร็จโหลดข้อมูล ไว้ที่เครื่อง Analyzing recorder เมื่อครบ 16 ค่าก็โหลดเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์

2.4 ค่าชี้ผลการทดสอบ

ค่าชี้ผลการทดสอบเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์ต้นแบบ ได้แก่ ความเร็วการเคลื่อนที่ขณะตัดหญ้าอาหารสัตว์ ความสามารถเชิงไร่ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งมีหลักการพอสังเขปดังนี้

2.4.1 ความเร็วการเคลื่อนที่การตัด คือ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ ต่อหน่วยเวลา ดังสมการ (4)

$$V_f = \frac{3.6D}{T} \quad \dots 16$$

เมื่อ D = ระยะทางที่รถตัดหญ้าเคลื่อนที่ หน่วย m
 T = เวลาการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุด หน่วย s

2.4.2 ความสามารถเชิงไร่ คือ พื้นที่ตัดหญ้าทั้งหมดที่ทำงานได้ หารด้วยเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการตัดหญ้า (Srivastava et al., 1993) โดยกำหนดค่า $f_c = 0.825$ ดังสมการ (1)

$$F_c = \frac{0.1V_f \cdot w \cdot f_c}{8.25} \quad \dots 17$$

เมื่อ F_c = ความสามารถเชิงไร่ หน่วย rai/hr
 w = หน้ากว้างการทำงาน หน่วย m
 V_f = ความเร็วการเคลื่อนที่ขณะตัดหญ้า หน่วย km/hr
 f_c = ประสิทธิภาพการทำงาน หน่วย %

2.4.3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง คือ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในหนึ่งชั่วโมง ดังสมการ (5)

$$FC = \frac{L}{h} \quad \dots 18$$

เมื่อ FC = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง หน่วย Liters/hour
 L = ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง หน่วย l

h = ชั่วโมงในการทำงาน หน่วย h

2.4.4 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการวางเรียงกอง

น้ำหนักที่วางเรียงกองของชุดวางเรียงกองเทียบกับน้ำหนักหญ้าที่ผ่านเข้าไปยังชุดวางเรียงกองเขียนเป็นสมการ

$$PLC = \frac{CL}{TF + CL} \times 100 \quad \dots 19$$

เมื่อ PLC = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการวางเรียงกอง (เปอร์เซ็นต์)

TF = น้ำหนักหญ้าที่ได้จากการวางเรียงกอง (กิโลกรัม)

CL = น้ำหนักที่กระจายออกจากกองหญ้าที่กำหนด 40 เซ็นติเมตร

(กิโลกรัม)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ ใช้หลักการสถิติ โดยทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 5 % ส่วนการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้วิธี Duncan เป็นตัวเปรียบเทียบ

ผลและวิจารณ์

การออกแบบและสร้างเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามคันแบบ การทดสอบและประเมินผล ให้ผลการศึกษาเบื้องต้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผล

1. ผลจากการออกแบบ

1.1 ผลจากการออกแบบเครื่องตัดหญ้าเดินตามคันแบบ

การออกแบบและสร้างเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามคันแบบ ได้ทำการออกแบบก่อนการทดสอบเบื้องต้น การศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาการทำงาน และทดสอบความเร็วการเคลื่อนที่และความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่ระดับต่างๆของชุดเกียร์ขับเคลื่อน พบว่าชุดใบมีดตัดหญ้าแบบโรตารีมีความเป็นไปได้ ที่จะนำมาเป็นชุดใบมีดของรถตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม คัน เนื่องจากไม่การติดขัดของเศษดิน ในส่วนของชุดตัดหญ้าขณะตัดหญ้าซึ่งเป็นสาเหตุให้เครื่องต้องหยุด ในการทดสอบยังพบข้อจำกัดอยู่หลายประการ คือ ความเร็วเชิงเส้นใบมีดไม่สามารถปรับตามที่ต้องการได้ เพราะความเร็วเชิงเส้นใบมีดขึ้นอยู่กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ถ้ารอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นความเร็วเชิงเส้นใบมีดก็จะเพิ่มขึ้นด้วย และยังไม่สามารถปรับให้ความเร็วเชิงเส้นใบมีดให้เพิ่มขึ้น โดยไม่ขึ้นกับความเร็วการเคลื่อนที่ของตัวรถได้ การเรียงกองของหญ้าที่ถูกตัดแล้วมีการเรียงที่สามารถให้เกษตรกรเข้ามาเก็บขึ้นรถได้สะดวกมากขึ้น คือ จากการสอบถามจากตัวเกษตรกรพบว่า เกษตรกรไม่ต้องใช้แรงงานในการที่จะต้องรวบรวมมากขึ้น ทำให้ลดแรงงานในการเก็บหญ้าขึ้นรถน้อยลง

จากข้อจำกัดและข้อสรุปดังกล่าว เพิ่มการทดสอบความเร็วการเคลื่อนที่เพิ่มอีก 1 ระดับ คือ เกียร์ 3rd เพื่อศึกษาถึงการทำงานเชิงพื้นที่ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ เพื่อพิจารณาว่ามีความแตกต่างหรือเหมือนกันระหว่างระดับเกียร์ 3 ระดับคือเกียร์ 1st, 2nd, 3rd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4 ระดับคือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก ใบมีดตัดหญ้าที่เลือกใช้คือใบมีดแบบที่ 2 เพราะไม่มีการติดของเศษหญ้าแพง โกล่าที่ถูกตัด บริเวณใบมีดเมื่อเทียบกับใบมีดชนิดที่ 1 ซึ่งมีเศษหญ้าที่ถูกตัดแล้วมาติดทำให้ความเร็วรอบเครื่องยนต์หยุดและเกิดการเสียเวลาในการตัดหญ้าต้องนำเศษหญ้าออกจากใบมีด โดย

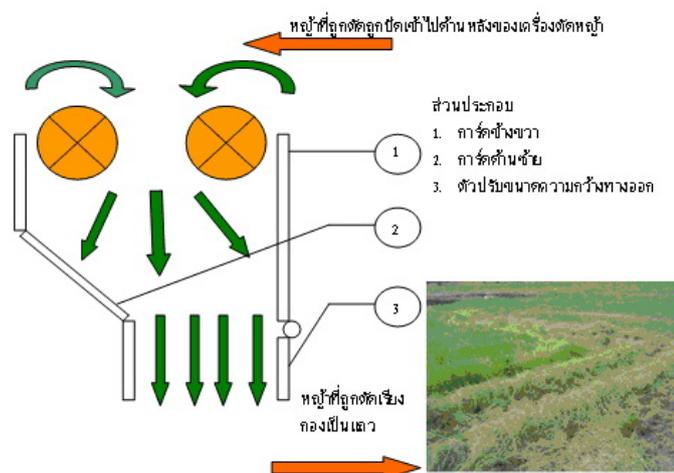
หน้ากว้างการทำงานของใบมีดชุดที่ 2 เท่ากับ 90 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังพิจารณา คือ การบำรุงรักษาน้อย กลไกการบังคับควบคุมไม่สลับซับซ้อน สามารถตัด วางเรียงกองได้อย่างต่อเนื่อง ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้สะดวกโดยไม่ลำบาก

1.2 ผลจากการลำเลียงหญ้าออกด้านหลังของเครื่องตัดหญ้า

การทดสอบเบื้องต้นพบว่า การตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามต้นแบบ พบว่า การเรียงตัวเป็นกองของหญ้าอาหารสัตว์ที่ถูกตัดแล้ว สามารถเรียงตัวเป็นกองตามยาว ด้านหลังของตัวรถตัดหญ้าได้ดีพอสมควร จะมีเศษหญ้าเล็กน้อยที่หลุดมาจากกองบ้างนิดหน่อย การทำให้เกิดเป็นกองหญ้าหลังจากตัดแล้วเกิดจากผนังของการ์ด 2 ด้านที่อยู่ใต้ตัวรถตัดหญ้าจะเป็นตัวกั้นเศษหญ้าไม่ให้กระเด็นออกไปในทิศทางอื่น มีปากทางออกของหญ้าอยู่ด้านหลังรถตัดหญ้า ซึ่งสามารถปรับขนาดของกองหญ้าที่ออกมาได้ว่าจะให้กองใหญ่เท่าใด มีชุดปรับความกว้างของทางออกของเศษหญ้าด้วย ดังภาพที่ 40 และ 41



ภาพที่ 40 การวางเรียงกองของเศษหญ้าแพง โกล่าที่ถูกตัดแล้ว



ภาพที่ 41 การวางเรียงกองของเศษหญ้าแพง โกล่าที่ถูกตัดแล้ว

2. ผลจากการทดสอบเบื้องต้นของการตัดหญ้าแพง โกล่า

2.1 ผลการศึกษาและประเมินผลเบื้องต้นการตัดหญ้าอาหารสัตว์

โดยเน้นศึกษาความเป็นไปได้ ตลอดจนปัญหาและข้อจำกัดต่างๆ ในการตัดหญ้าอาหารสัตว์ ซึ่งผลของการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 จากการทดสอบเบื้องต้น ระหว่างเกียร์ 1st, 2nd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ได้ความเร็ว การเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีดชนิดที่ 1

เกียร์	ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	ความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	เฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	
1 st	1972	0.5	0.4	0.4	0.05
	2335	0.6	0.5	0.5	0.05
	2787	0.6	0.6	0.5	0.05
	3339	0.7	0.7	0.6	0.05
2 nd	1972	0.7	0.7	0.7	0
	2335	0.8	0.9	0.7	0.08
	2787	0.9	1.0	0.9	0.05
	3339	1.1	1.1	1.0	0.05

ตารางที่ 4 ผลจากการทดสอบเบื้องต้น ระหว่างเกียร์ 1st, 2nd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ได้การ ทำงานเชิงไร (ไร่ต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีดชนิดที่ 1

เกียร์	ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	การทำงานเชิงไร (ไร่ต่อชั่วโมง)	เฉลี่ย (ไร่ต่อชั่วโมง)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	
1 st	1972	0.3	0.3	0.3	0.00
	2335	0.4	0.4	0.3	0.05
	2787	0.4	0.4	0.4	0.00
	3339	0.5	0.5	0.4	0.05
2 nd	1972	0.5	0.5	0.5	0.00
	2335	0.6	0.6	0.5	0.05
	2787	0.7	0.7	0.6	0.05
	3339	0.7	0.7	0.7	0.00

ตารางที่ 5 จากการทดสอบเบื้องต้น ระหว่างเกียร์ 1st, 2nd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ได้อัตราการ
สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีดชนิดที่ 1

เกียร์	ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (ลิตรต่อชั่วโมง)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน(S.D.)
1 st	1972	2.0	1.7	1.9	1.9	0.13
	2335	4.4	2.9	2.6	3.3	0.78
	2787	2.6	3.7	2.8	3.0	0.47
	3339	4.5	4.5	2.3	3.8	1.03
2 nd	1972	3.5	6.8	3.6	4.6	1.53
	2335	6.0	3.1	3.0	4.0	1.39
	2787	4.7	4.4	3.2	4.1	0.64
	3339	7.6	6.6	6.0	6.7	0.66

ตารางที่ 6 จากการทดสอบเบื้องต้น ระหว่างเกียร์ 1st, 2nd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ได้ความเร็ว
การเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีดชนิดที่ 2

เกียร์	ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	ความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
1 st	1972	0.4	0.4	0.4	0.4	0.00
	2335	0.5	0.8	0.7	0.7	0.13
	2787	0.5	0.7	0.4	0.5	0.13
	3339	0.5	0.5	0.3	0.4	0.10
2 nd	1972	0.6	0.5	0.5	0.5	0.05
	2335	0.5	0.6	0.4	0.5	0.08
	2787	0.7	0.5	0.5	0.6	0.10
	3339	0.7	0.6	0.7	0.7	0.05

ตารางที่ 7 จากการทดสอบเบื้องต้น ระหว่างเกียร์ 1st, 2nd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ได้การทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีคชนิดที่ 2

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	การทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (ไร้ต่อชั่วโมง)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
1 st	1972	0.3	0.2	0.2	0.2	0.05
	2335	0.3	0.4	0.3	0.3	0.05
	2787	0.3	0.3	0.2	0.3	0.05
	3339	0.3	0.3	0.2	0.3	0.05
2 nd	1972	0.3	0.2	0.3	0.3	0.05
	2335	0.3	0.3	0.2	0.3	0.05
	2787	0.4	0.3	0.3	0.3	0.05
	3339	0.4	0.3	0.4	0.4	0.05

ตารางที่ 8 จากการทดสอบเบื้องต้น ระหว่างเกียร์ 1st, 2nd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ได้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีคชนิดที่ 2

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (ลิตรต่อชั่วโมง)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
1 st	1972	2.3	1.1	0.8	1.4	0.64
	2335	1.4	3.4	2.1	2.3	0.82
	2787	1.6	2.1	1.9	1.9	0.21
	3339	1.8	1.7	1.4	1.6	0.17
2 nd	1972	1.8	1.3	0.6	1.2	0.49
	2335	1.2	1.4	1.4	1.3	0.10
	2787	2.3	1.9	1.2	1.8	0.45
	3339	1.8	1.7	1.9	1.8	0.08

ผลการทดสอบเบื้องต้นระหว่างเกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์

การทดสอบเบื้องต้น โดยทำการทดสอบกับหญ้าอาหารสัตว์ พันธุ์แพงโกล่า อายุ 45 วัน หลังการเก็บเกี่ยวครั้งแรก ดังแสดงในตารางที่ ค1 ค2 ค3 และ ค4 (ภาคผนวก ค) โดยมีค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติดังนี้

- ความสูงหญ้าอาหารสัตว์เฉลี่ย	48	เซ็นติเมตร
- ความสูงต่อหญ้าอาหารสัตว์หลังตัด	6	เซ็นติเมตร
- ความหนาแน่นหญ้าอาหารสัตว์	518	ตันต่อตารางเมตร
- ความชื้นหญ้าอาหารสัตว์	62	% มาตรฐานเปียก

2.1.1 ผลของเกียร์ 1st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่มีผลต่อความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) การทำงานเชิงไร่ (ไร่ต่อชั่วโมง) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง) ของไบมีดแบบที่ 1

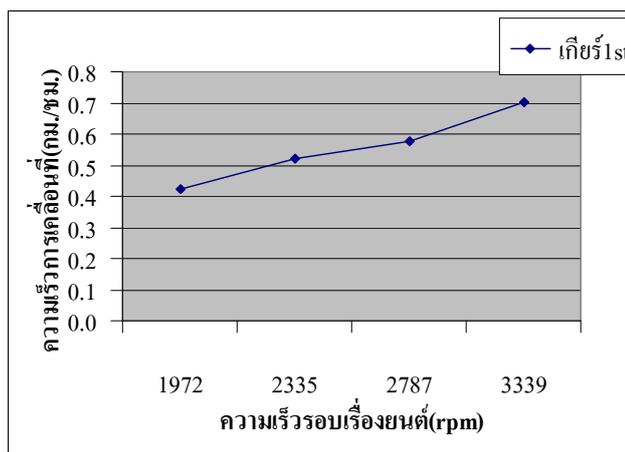
ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 1st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	ความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
1 st	1972	0.500	0.383	0.383	0.422 ^a
	2335	0.563	0.514	0.486	0.521 ^b
	2787	0.600	0.581	0.545	0.575 ^c
	3339	0.750	0.720	0.643	0.704 ^c

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งแต่แถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้เกียร์ 1st พบว่า ภายใต้อิทธิพลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ มีความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) น้อยกว่า ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก คือ 0.422

และ 0.704 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง และความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง มีความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ไม่แตกต่างกัน คือ 0.521 และ 0.575 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



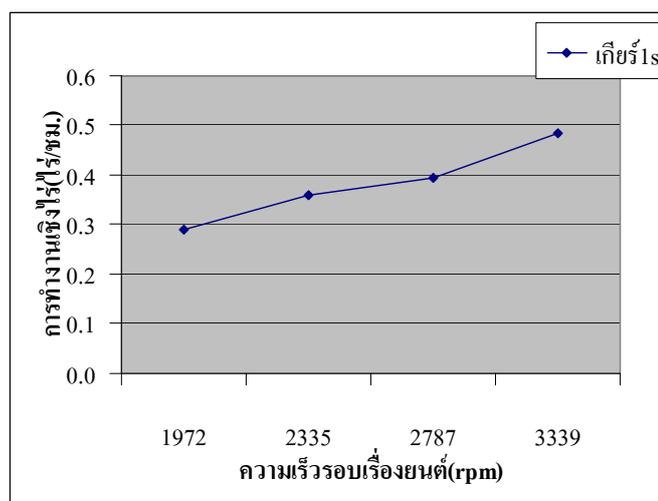
ภาพที่ 42 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ กับความเร็วการเคลื่อนที่ที่ใช้ใบมีดแบบที่ 1

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 1st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	การทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (ไร้ต่อชั่วโมง)
1 st	1972	0.344	0.263	0.263	0.290 ^a
	2335	0.387	0.354	0.334	0.358 ^b
	2787	0.413	0.399	0.375	0.396 ^b
	3339	0.516	0.495	0.442	0.484 ^c

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งแต่แถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกัน ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเกียร์ 1st พบว่า ภายใต้อิทธิพลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ มีการทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง) น้อยกว่า ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก คือ 0.290 และ 0.484 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง และความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง มีความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ไม่แตกต่างกัน คือ 0.358 และ 0.396 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



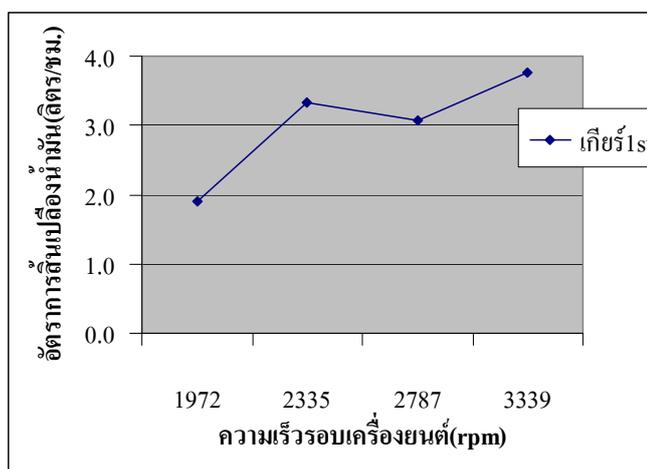
ภาพที่ 43 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับการทำงานเชิงไร้ใช้ใบมีดแบบที่ 1

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 1st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (ลิตรต่อชั่วโมง)
1 st	1972	2.000	1.685	1.991	1.892 ^a
	2335	4.388	2.983	2.627	3.332 ^{ab}
	2787	2.640	3.716	2.836	3.064 ^{ab}
	3339	4.500	4.464	2.314	3.759 ^b

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งแต่แถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกัน ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเกียร์ 1st พบว่า ภายใต้อิทธิพลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) คือ 1.892 ลิตรต่อชั่วโมง มีค่าน้อยกว่าความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก คือ 3.759 ลิตรต่อชั่วโมง โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง ความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง และความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ไม่แตกต่างกัน คือ 3.332 และ 3.064 ลิตรต่อชั่วโมง โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 44 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงใช้ใบมีดแบบที่ 1

จากการทดสอบเบื้องต้นในการใช้ใบมีดตัดแบบที่ 1 ดังตารางที่ 1.1, 1.2 และ 1.3 ของเกียร์ 1st พบว่า

ความเร็วการเคลื่อนที่ตัดหญ้าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น โดยเกียร์ 1st ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก มีความเร็วการเคลื่อนที่ คือ 0.422, 0.521, 0.575 และ 0.704 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความสามารถเชิงไร่ จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น โดยเกียร์ 1st ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก คือ 0.290, 0.358, 0.396 และ 0.484 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเกียร์ 1st

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก คือ 1.892, 3.332, 3.046 และ 3.759 ลิตรต่อ ชั่วโมง

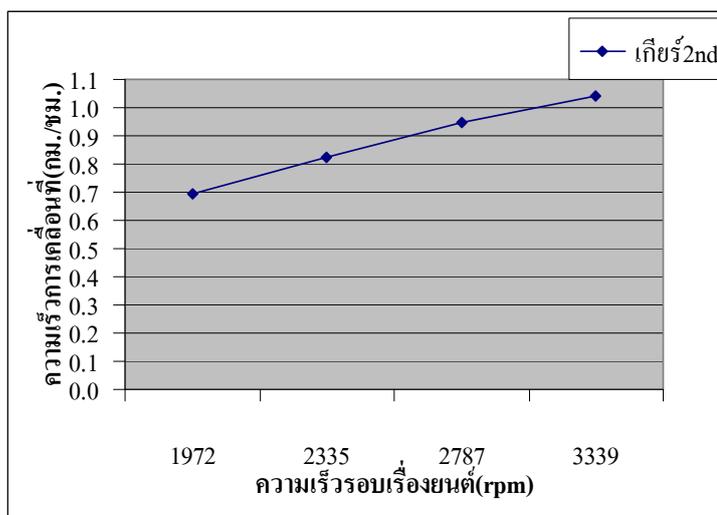
2.1.2 ผลของเกียร์ 2nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่มีผลต่อความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) การทำงานเชิงไร่ (ไร่ต่อชั่วโมง) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง) ของใบมีดแบบที่ 1

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 2nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	ความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
2 nd	1972	0.667	0.692	0.720	0.693 ^a
	2335	0.857	0.900	0.720	0.826 ^b
	2787	0.947	1.000	0.900	0.949 ^c
	3339	1.059	1.059	1.000	1.039 ^c

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งแต่แถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้เกียร์ 2nd พบว่า ภายใต้อิทธิพลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ มีค่าความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) คือ 0.693 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าน้อยกว่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง คือ 0.826 และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง และสูงมาก คือ 0.949 และ 1.039 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงและความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก มีความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ไม่แตกต่างกัน คือ 0.949 และ 1.039 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 45 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ กับความเร็วการเคลื่อนที่ที่ใช้ใบมีดแบบที่ 1

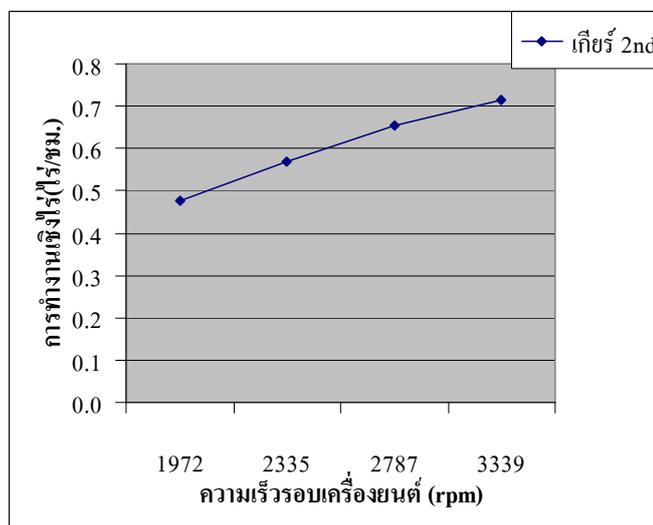
ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 2nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	การทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (ไร้ต่อชั่วโมง)
2 nd	1972	0.458	0.476	0.495	0.476 ^a
	2335	0.589	0.619	0.495	0.568 ^b
	2787	0.651	0.688	0.619	0.653 ^c
	3339	0.728	0.728	0.688	0.714 ^c

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งแต่แต่ละแถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้เกียร์ 2nd พบว่า ภายใต้อิทธิพลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ มีค่าการทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง) คือ 0.476 ไร้ต่อชั่วโมง มีค่าน้อยกว่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง คือ 0.568 ไร้ต่อชั่วโมง และความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง และสูงมาก คือ 0.653 และ 0.714 ไร้ต่อชั่วโมง โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และความเร็วรอบ

เครื่องยนต์สูงและความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก มีการทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง) ไม่แตกต่างกัน คือ 0.653 และ 0.714 ไร้ต่อชั่วโมง โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)



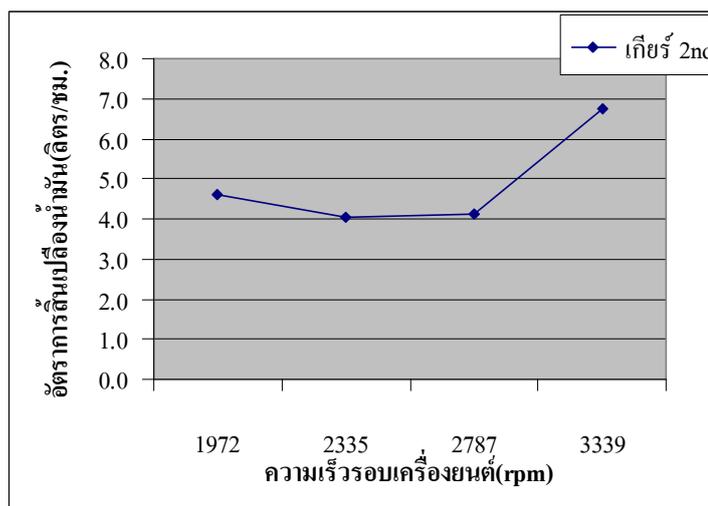
ภาพที่ 46 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับการทำงานเชิงไร้ ใช้ใบมีดแบบที่ 1

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 2nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง)		เฉลี่ย (ลิตรต่อชั่วโมง)	
2 nd	1972	3.467	6.785	3.600	4.617 ^a
	2335	6.000	3.060	3.024	4.028 ^a
	2787	4.737	4.400	3.240	4.126 ^a
	3339	7.624	6.565	6.000	6.729 ^a

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งแต่แถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเกียร์ 2nd พบว่า ภายใต้อิทธิพลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง และความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) ไม่แตกต่างกัน คือ 4.617, 4.028, 4.126 และ 6.729 ลิตรต่อชั่วโมง โดยมีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)



ภาพที่ 47 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ กับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ใช้ใบมีดแบบที่ 1

จากการทดสอบเบื้องต้นในการใช้ใบมีดตัดแบบที่ 1 ดังตารางที่ 1.1, 1.2 และ 1.3 ของเกียร์ 2nd พบว่า

ความเร็วการเคลื่อนที่ตัดหญ้าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น โดยเกียร์ 2nd ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก คือ 0.693, 0.826, 0.949 และ 1.039 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความสามารถเชิงไร่ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่มีบางความเร็วรอบที่ไม่สม่ำเสมอ เพราะปริมาณความหนาแน่นของหญ้าไม่เท่ากัน โดยเกียร์ 2nd ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก คือ 0.476, 0.568, 0.653 และ 0.714 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเกียร์ 2nd ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก คือ 4.617, 4.028, 4.126 และ 6.729 ลิตรต่อชั่วโมง

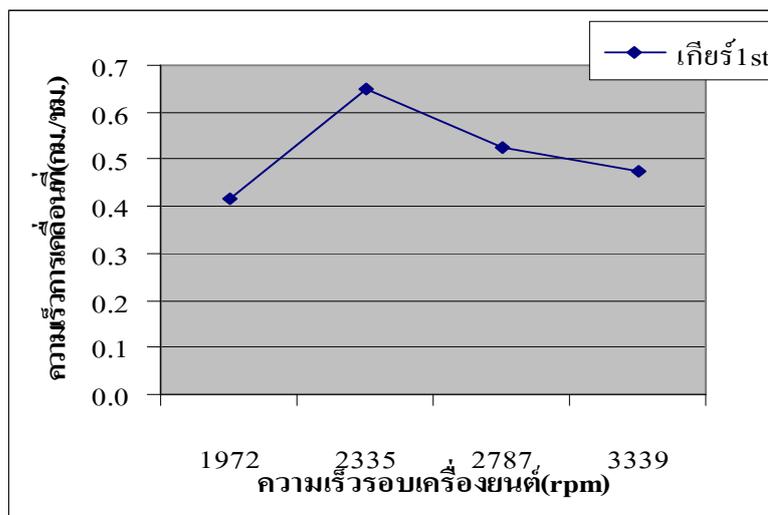
2.1.3 ผลของเกียร์ 1st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่มีผลต่อความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) การทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง) ของใบมีดแบบที่ 2

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 1st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	ความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
1 st	1972	0.432	0.386	0.425	0.414 ^a
	2335	0.474	0.771	0.701	0.649 ^a
	2787	0.509	0.692	0.370	0.524 ^a
	3339	0.551	0.514	0.353	0.473 ^a

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งแต่แถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้เกียร์ 1st พบว่า ภายใต้อิทธิพลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ ต่ำ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง และความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก มีความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ไม่แตกต่างกัน คือ 0.414, 0.649, 0.524 และ 0.473 กิโลเมตรต่อชั่วโมงโดยมีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)



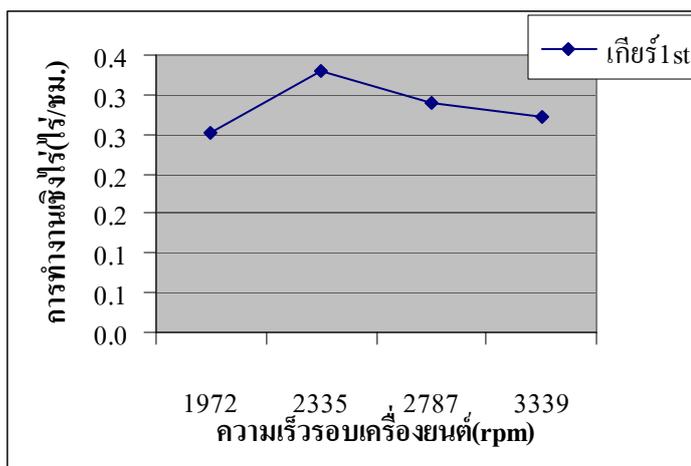
ภาพที่ 48 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับความเร็วการเคลื่อนที่ที่ใช้ใบมีดแบบที่ 2

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 1st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	การทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (ไร้ต่อชั่วโมง)
1 st	1972	0.266	0.238	0.250	0.251 ^a
	2335	0.298	0.382	0.307	0.392 ^a
	2787	0.329	0.339	0.201	0.290 ^a
	3339	0.314	0.307	0.197	0.272 ^a

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งแต่แถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้เกียร์ 1st พบว่า ภายใต้อิทธิพลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง และความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก มีการทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง) ไม่แตกต่างกัน คือ 0.251, 0.392, 0.290 และ 0.272 ไร้ต่อชั่วโมง โดยมีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)



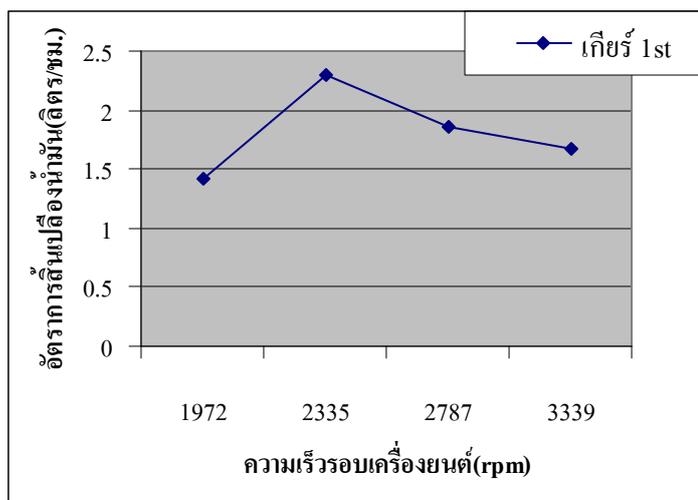
ภาพที่ 49 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับการทำงานเชิงไร่ ใช้ไบมีดแบบที่ 2

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 1st และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (ลิตรต่อชั่วโมง)
1 st	1972	2.324	1.098	0.814	1.412 ^a
	2335	1.430	3.371	2.102	2.301 ^a
	2787	1.575	2.119	1.895	1.863 ^a
	3339	1.827	1.734	1.447	1.669 ^a

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งแต่แถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้เกียร์ 1st พบว่า ภายใต้อิทธิพลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง และความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง) ไม่แตกต่างกัน คือ 1.412, 2.301, 1.863 และ 1.669 ไร่ต่อชั่วโมง โดยมีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)



ภาพที่ 50 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีดแบบที่ 2

จากการทดสอบเบื้องต้นในการใช้ใบมีดตัดแบบที่ 2 ดังตารางที่ 1.4, 1.5 และ 1.6 ของเกียร์ 1st พบว่า

ความเร็วการเคลื่อนที่ตัดหญ้าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น โดยเกียร์ 1st ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก คือ 0.414, 0.649, 0.524 และ 0.473 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความสามารถเชิงไร่ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยเกียร์ 1st ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก คือ 0.251, 0.329, 0.290 และ 0.272 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเกียร์ 1st ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก คือ 1.412, 2.301, 1.863 และ 1.669 ลิตรต่อชั่วโมง

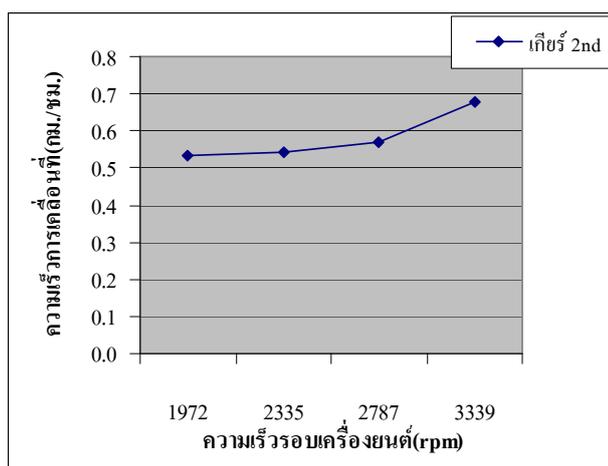
2.1.4 ผลของเกียร์ 2nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่มีผลต่อความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) การทำงานเชิงไร่ (ไร่ต่อชั่วโมง) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง) ใช้ใบมีดแบบที่ 2

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 2nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	ความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
2 nd	1972	0.667	0.692	0.720	0.693 ^a
	2335	0.857	0.900	0.720	0.826 ^a
	2787	0.947	1.000	0.900	0.949 ^a
	3339	1.059	1.059	1.000	1.039 ^a

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งแต่แถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้เกียร์ 2nd พบว่า ภายใต้อิทธิพลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง และความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก มีความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ไม่แตกต่างกัน คือ 0.693, 0.826, 0.949 และ 1.039 กิโลเมตรต่อชั่วโมงโดยมีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)



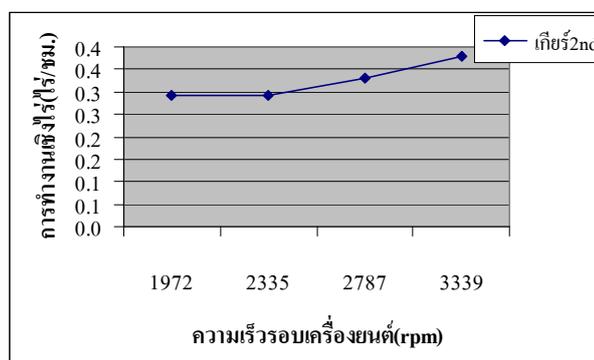
ภาพที่ 51 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ กับความเร็วการเคลื่อนที่ ใช้ใบมีดแบบที่ 2

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 2nd และ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	การทำงานเชิงไร้(ไร้ต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (ไร้ต่อชั่วโมง)
2 nd	1972	0.353	0.246	0.278	0.293 ^a
	2335	0.319	0.314	0.242	0.291 ^a
	2787	0.375	0.290	0.329	0.331 ^{ab}
	3339	0.397	0.353	0.389	0.380 ^b

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งแต่แถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้เกียร์ 2nd พบว่า ภายใต้อิทธิพลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ และความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง มีการทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง) ไม่แตกต่างกัน คือ 0.293 และ 0.291 ไร้ต่อชั่วโมง แต่มีการทำงานเชิงไร้น้อยกว่า ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก คือ 0.380 ไร้ต่อชั่วโมง ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง มีการทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง) ไม่แตกต่างกัน คือ 0.331 ไร้ต่อชั่วโมง กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง และสูงมาก โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



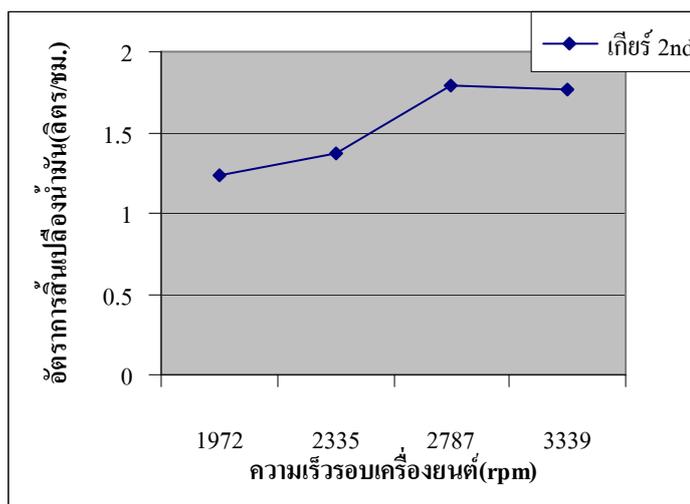
ภาพที่ 52 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆกับการทำงานเชิงไร้ ใช้ใบมีดแบบที่ 2

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) โดยใช้เกียร์ 2nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบเบื้องต้น

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตรต่อชั่วโมง)		เฉลี่ย (ลิตรต่อชั่วโมง)	
2 nd	1972	1.785	1.305	0.620	1.237 ^a
	2335	1.227	1.451	1.448	1.375 ^a
	2787	2.314	1.862	1.209	1.795 ^a
	3339	1.766	1.664	1.867	1.766 ^a

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งแต่แถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้เกียร์ 2nd พบว่า ภายใต้อิทธิพลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง และความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) ไม่แตกต่างกัน คือ 1.237, 1.375, 1.795 และ 1.766 (ลิตรต่อชั่วโมง) โดยมีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)



ภาพที่ 53 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ กับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ใช้ใบมีดแบบที่ 2

จากการทดสอบเบื้องต้นในการใช้ใบมีดตัดแบบที่ 2 ดังตารางที่ 1.4, 1.5 และ 1.6 ของ เกียร์ 2nd พบว่า

ความเร็วการเคลื่อนที่ตัดหญ้าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น โดยเกียร์ 2nd ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก คือ 0.532, 0.542, 0.567 และ 0.677 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ชั่วโมง ความสามารถเชิงไร่ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยเกียร์ 2nd ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก คือ 0.293, 0.291, 0.331 และ 0.380 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเกียร์ 2nd ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก คือ 1.237, 1.375, 1.795 และ 1.766 ลิตรต่อชั่วโมง

การทดสอบเบื้องต้นดังที่ได้ศึกษา ความเร็วการเคลื่อนที่ของเกียร์ 1st และ 2nd มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามความเร็วรอบที่สูงขึ้น แต่ในที่จะใช้ความเร็วการเคลื่อนที่ใดที่เหมาะสมในการตัดหญ้าแพงโกล่านั้น ได้พิจารณาที่การทำงานเชิงพื้นที่และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงด้วย โดยอัตราการทำงานที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ถ้าหญ้าหนาแน่นมากอาจต้องใช้เวลาและปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น อาจทำให้อัตราการทำงานลดลงได้เช่นกัน จากการทดสอบและประเมินเบื้องต้น โดยการตัดหญ้าแพงโกล่า พบว่า ความเร็วเชิงเส้นใบมีดที่เหมาะสมในการตัดหญ้าแพงโกล่าโดยใช้ชุดตัดหญ้าแบบโรตารีอยู่ในช่วง 80-92 เมตรต่อวินาที (1387-1600 รอบต่อนาที) ความเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ในช่วง 2600-3000 รอบต่อนาที และได้เพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์อีก 1 ระดับ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เพิ่มจะทำให้ความเร็วเชิงเส้นใบมีดเพิ่มตามไปด้วย และเกียร์เดินหน้าที่เหมาะสมในการตัดหญ้าแพงโกล่า คือ เกียร์ 1st , 2nd และ 3rd แต่จากการศึกษาเบื้องต้นได้ทำการทดสอบที่ เกียร์ 1st และ 2nd เพราะยังไม่สามารถตัดหญ้าแพงโกล่าโดยใช้เกียร์ 3rd ได้ แต่ได้ปรับปรุงเครื่องตัดหญ้าต้นแบบให้สามารถตัดได้โดยใช้เกียร์เดินหน้าเกียร์ 3rd ผลการทดสอบการตัดหญ้าแพงโกล่าเบื้องต้น โดยใช้เครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม ได้ทำการทดสอบ ที่ใบมีดตัดหญ้า 2 ชนิด ที่เกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ใกล้เคียงกันพบว่า การทำงานเชิงไร่ของใบมีดชนิดที่ 1 มีแนวโน้มมากกว่าใบมีดชนิดที่ 2 แต่อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของใบมีดชนิดที่ 1 มีแนวโน้มน้อยกว่าใบมีดชนิดที่ 2 เพราะว่าจะขณะตัดหญ้าใบมีดชนิดที่ 2 ไม่มีเศษหญ้ามาพันที่บริเวณใบมีดจึงทำให้รอบเครื่องยนต์ไม่มีโหลดมากเท่ากับตอนใช้ใบมีดชนิดที่ 1 ตัด ดังนั้น การทดสอบใช้เกียร์เดินหน้า เกียร์ 1st และ 2nd เครื่องตัดหญ้าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ดีขึ้นถ้าเพิ่มเกียร์เดินหน้าในการตัดอีก 1 เกียร์ ใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4 ระดับ คือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์

ต่ำ กลาง สูงและสูงมาก ในการทดสอบครั้งต่อไป ข้อสังเกตระหว่างการทดสอบเบื้องต้น พบว่าถ้า ความสูงของตอหญ้าน้อยกว่า 10 เซนติเมตร เครื่องตัดหญ้าสามารถตัดหญ้าแพงโกล่าได้ดีมากขึ้น

เกียร์เดินหน้า จากการทดสอบเบื้องต้น พบว่าความเร็วการเคลื่อนที่ในช่วง 0.148-0.174 เมตรต่อวินาที (0.535-0.628 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) ใช้เกียร์ 1st สามารถทำงานได้ดี และยังสามารถ เพิ่มความเร็วที่สูงกว่า 0.174 เมตรต่อวินาที เพราะลองทดสอบเบื้องต้นกับเกียร์ 2nd และ 3rd แล้ว พบว่าสามารถตัดหญ้าแพงโกล่าได้เช่นกัน

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ จากการทดสอบเบื้องต้น พบว่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เหมาะสม กับการทดสอบอยู่ในช่วง 2,600-3,000 รอบต่อนาที ซึ่งสามรถที่จะส่งกำลังไปที่ใบมีดตัดหญ้าทำให้ ความเร็วรอบที่เกินเพลาใบมีดสามารถมีความเร็วที่เหมาะสมในการตัดหญ้าแพงโกล่า ถ้าความเร็ว รอบเครื่องยนต์ต่ำกว่า 2,600 รอบต่อนาที พบว่าไม่สามารถตัดหญ้าให้ขาดแต่จะรูดหญ้าให้ลู่ไปตาม พื้นดินเท่านั้น แต่ถ้าความเร็วรอบเครื่องยนต์มากกว่า 3,000 รอบต่อนาที ก็สามารถตัดหญ้าขาดได้ดี มากขึ้น แต่ถ้ารอบเครื่องยนต์มากกว่า 3,400 รอบต่อนาที เครื่องจะสั่นจนไม่สามารถบังคับได้เพราะ อาจทำให้เกิดอันตรายกับผู้บังคับได้ จึงได้กำหนดความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4 ระดับ คือ รอบเครื่อง ยนต์ต่ำ(ประมาณ 2,600 รอบต่อนาที) รอบเครื่องยนต์ปานกลาง (ประมาณ 2,800 รอบต่อนาที) รอบ เครื่องยนต์สูง (ประมาณ 3,000 รอบต่อนาที) รอบเครื่องยนต์สูงมาก (ประมาณ 3,200 รอบต่อนาที)

ส่วนความเร็วเชิงเส้นใบมีด จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่า ความเร็วเชิงเส้นใบมีดจะ เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ คือ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ประมาณ 2,600-3,200 รอบต่อ นาที ความเร็วเชิงเส้นใบมีด เท่ากับ 80-98 รอบต่อนาที (1387-1707 รอบต่อนาที) ตามลำดับ

2.2 ผลการทดสอบและประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

การทดสอบและประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตามมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ปัจจัยหรืออิทธิพลของเกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่อง ตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม ในการตัดหญ้าอาหารสัตว์พันธุ์แพงโกล่า อายุประมาณ 45-50 วัน หลัง การตัดครั้งที่ 1 ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังแสดงในตาราง ค5 ถึง ค10 โดยมีค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่อไปนี้

- ความสูงตอหญ้าอาหารสัตว์หลังตัด	8	เซ็นติเมตร
- ความหนาแน่นหญ้าอาหารสัตว์	507	ตันต่อตารางเมตร
- เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการวางเรียงกอง	74	%
- ความชื้นหญ้าอาหารสัตว์	75	%มาตรฐานเปียก

2.2.1 ผลการทดสอบการตัดหญ้าอาหารสัตว์ โดยเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามต้นแบบโดยใช้ใบมีดแบบที่ 2

ตารางที่ 21 ผลการทดสอบ ระหว่างเกียร์ 1st, 2nd และ 3rd กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ได้ความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

เกียร์	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	ความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.)
1 st	1972	0.5	0.4	0.5	0.5	0.06
	2335	0.6	0.6	0.6	0.6	0.00
	2787	0.7	0.8	0.6	0.7	0.10
	3339	0.7	0.8	0.8	0.8	0.06
2 nd	1972	0.6	0.6	0.4	0.5	0.12
	2335	0.8	1.0	0.9	0.9	0.10
	2787	0.9	1.2	1.2	1.1	0.17
	3339	1.1	1.4	1.3	1.3	0.15
3 rd	1972	0.8	1.1	0.9	0.9	0.15
	2335	1.0	1.5	1.2	1.2	0.25
	2787	1.2	1.5	1.8	1.5	0.30
	3339	1.4	1.8	2.0	1.7	0.31

ตารางที่ 22 ผลการทดสอบ ระหว่างเกียร์ 1st, 2nd และ 3rd กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ
ได้การทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง)

เกียร์	ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	การทำงานเชิงไร้ (ไร้ต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (ไร้ต่อชั่วโมง)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน(S.D.)
1 st	1972	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0
	2335	0.2	0.3	0.3	0.3	0.0
	2787	0.3	0.3	0.3	0.3	0.0
	3339	0.3	0.4	0.4	0.3	0.1
2 nd	1972	0.3	0.3	0.2	0.3	0.0
	2335	0.3	0.4	0.4	0.4	0.0
	2787	0.4	0.5	0.5	0.4	0.1
	3339	0.5	0.4	0.6	0.5	0.1
3 rd	1972	0.3	0.4	0.3	0.3	0.1
	2335	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0
	2787	0.5	0.5	0.7	0.6	0.1
	3339	0.5	0.7	0.7	0.6	0.1

ตารางที่ 23 ผลการทดสอบ ระหว่างเกียร์ 1st, 2nd และ 3rd กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ
 ใช้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง)

เกียร์	ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน เชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง)			เฉลี่ย (ลิตรต่อชั่วโมง)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน(S.D.)
1 st	1972	0.6	0.8	0.8	0.7	0.1
	2335	1.0	1.3	1.2	1.1	0.2
	2787	0.7	1.2	1.4	1.1	0.4
	3339	2.4	1.7	2.2	2.1	0.4
2 nd	1972	1.5	0.9	1.5	1.3	0.4
	2335	1.3	1.2	1.5	1.3	0.2
	2787	2.5	1.7	2.0	2.1	0.4
	3339	1.4	1.5	1.5	1.5	0.1
3 rd	1972	1.1	2.0	1.2	1.5	0.5
	2335	1.4	0.8	2.2	1.5	0.7
	2787	2.1	0.9	3.0	2.0	1.0
	3339	2.8	3.1	2.4	2.8	0.3

ตารางที่ 24 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการวางเรียงกอง

ตัวอย่างที่	น้ำหนักหญ้าที่ได้จาก การวางเรียงกอง (กิโลกรัม)	น้ำหนักหญ้าที่อยู่นอก กอง (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์การ สูญเสียจากการวาง เรียงกอง(%)
1	0.80	0.26	24.5
2	0.58	0.26	31.0
3	0.42	0.14	25.0
4	0.48	0.32	40.0
5	0.42	0.08	16.0
6	0.32	0.10	23.8
7	0.24	0.06	20.0
8	0.20	0.06	23.1
9	0.36	0.12	25.0
10	0.46	0.09	16.4
11	0.59	0.11	15.7
12	0.53	0.13	19.7
เฉลี่ย	0.42	0.16	23.3

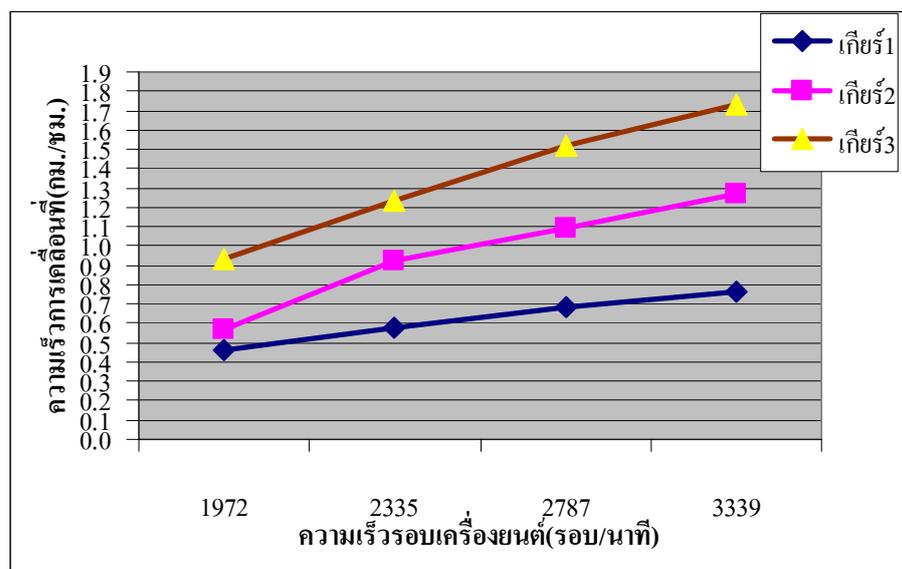
2.2.3 ผลของเกียร์ 1st, 2nd และ 3rd กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ที่มีผลต่อความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

ตารางที่ 25 ค่าเฉลี่ยความเร็วการเคลื่อนที่ภายใต้อิทธิพลของเกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ ของการตัดหญ้าอาหารสัตว์ด้วยเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	เกียร์		
	1 st	2 nd	3 rd
1972	0.464 ^a	0.571 ^a	0.932 ^{bc}
2335	0.581 ^a	0.919 ^{bc}	1.230 ^{de}
2787	0.687 ^{ab}	1.095 ^{cd}	1.514 ^{ef}
3339	0.768 ^{ab}	1.270 ^{de}	1.728 ^f

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งและแนวนอนแต่ละแถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกัน ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ เกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม พบว่า ภายใต้อิทธิพลของเกียร์ 3rd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมากให้ค่าเฉลี่ยความเร็วการเคลื่อนที่สูงกว่าที่เกียร์ 1st ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ และปานกลาง และ 2nd ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง และสูง ที่เกียร์ 3rd มีค่าเฉลี่ยความเร็วการเคลื่อนที่มากกว่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง ที่เกียร์ 2nd และความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงและสูงมาก ที่เกียร์ 1st โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง สูง ที่เกียร์ 1st ให้ค่าเฉลี่ยความเร็วการเคลื่อนที่ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 54 กราฟค่าเฉลี่ยความเร็วการเคลื่อนที่ที่ใช้เกียร์ 1st, 2nd และ 3rd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ

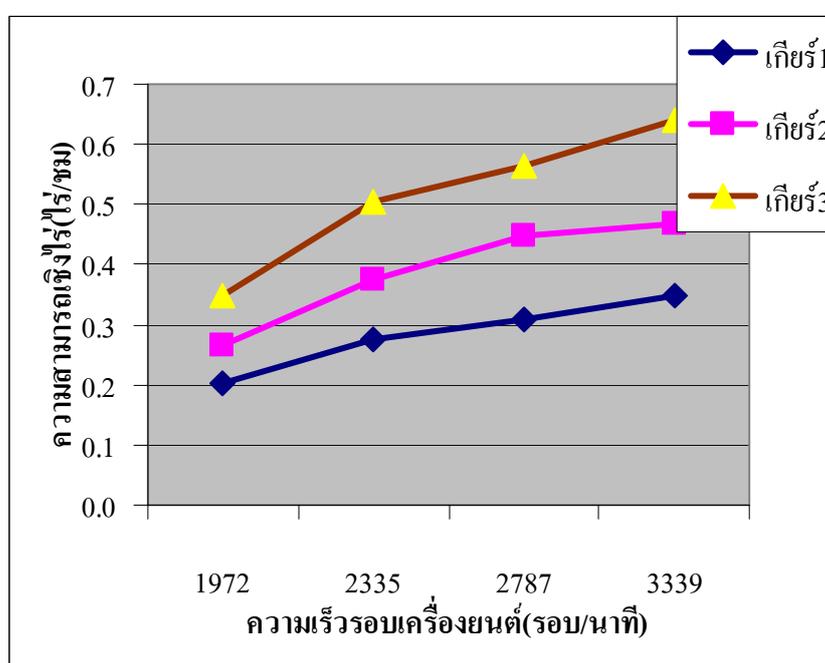
2.2.4 ผลของเกียร์ 1st, 2nd และ 3rd กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ที่มีผลต่อความสามารถเชิงไร่ (ไร่ต่อชั่วโมง)

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยการทำงานเชิงไร่ภายใต้อิทธิพลของเกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ ของการตัดหญ้าอาหารสัตว์ด้วยเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม (ไร่ต่อชั่วโมง)

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	เกียร์		
	1 st	2 nd	3 rd
1972	0.203 ^a	0.266 ^{ab}	0.349 ^{bc}
2335	0.277 ^{ab}	0.375 ^{bc}	0.505 ^d
2787	0.309 ^{ab}	0.448 ^{cd}	0.565 ^{de}
3339	0.348 ^{bc}	0.469 ^{cd}	0.641 ^e

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งและแถวนอนแต่ละแถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ เกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์
 เดินตาม พบว่า ภายใต้อิทธิพลของเกียร์ 3rd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลาง และสูง ให้ค่าเฉลี่ย
 การทำงานเชิงไร่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เกียร์ 3rd ความเร็วรอบ
 เครื่องยนต์ ปานกลาง และสูงมาก ให้การทำงานเชิงไร่สูงกว่าที่เกียร์ 1st ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ
 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่ความเร็ว
 รอบเครื่องยนต์ต่ำ ที่เกียร์ 2nd มีค่าเฉลี่ยการทำงานเชิงไร่น้อยกว่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ สูง และ
 สูงมาก ที่เกียร์ 2nd โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 55 กราฟค่าเฉลี่ยความสามารถเชิงไร่ใช้เกียร์ 1st, 2nd และ 3rd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับ
 ต่างๆ

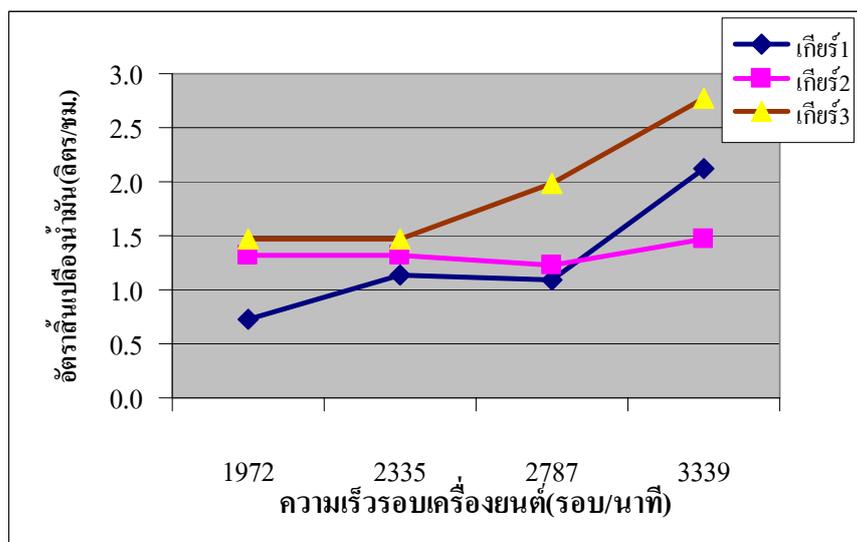
2.2.5 ผลของเกียร์ 1st, 2nd และ 3rd กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ที่มีผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง)

ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงภายใต้อิทธิพลของเกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ ของการตัดหญ้าอาหารสัตว์ด้วยเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม (ลิตรต่อชั่วโมง)

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	เกียร์		
	1 st	2 nd	3 rd
1972	0.735 ^a	1.324 ^{abc}	1.468 ^{abc}
2335	1.135 ^{ab}	1.313 ^{abc}	1.462 ^{abc}
2787	1.091 ^{ab}	2.066 ^{cd}	1.981 ^{bcd}
3339	2.119 ^{cd}	1.463 ^{abc}	2.776 ^d

ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวตั้งและแนวนอนแต่ละแถว ในตารางที่ตามด้วยอักษรตัวเหมือนกัน ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 5% เป็นค่าเปรียบเทียบ

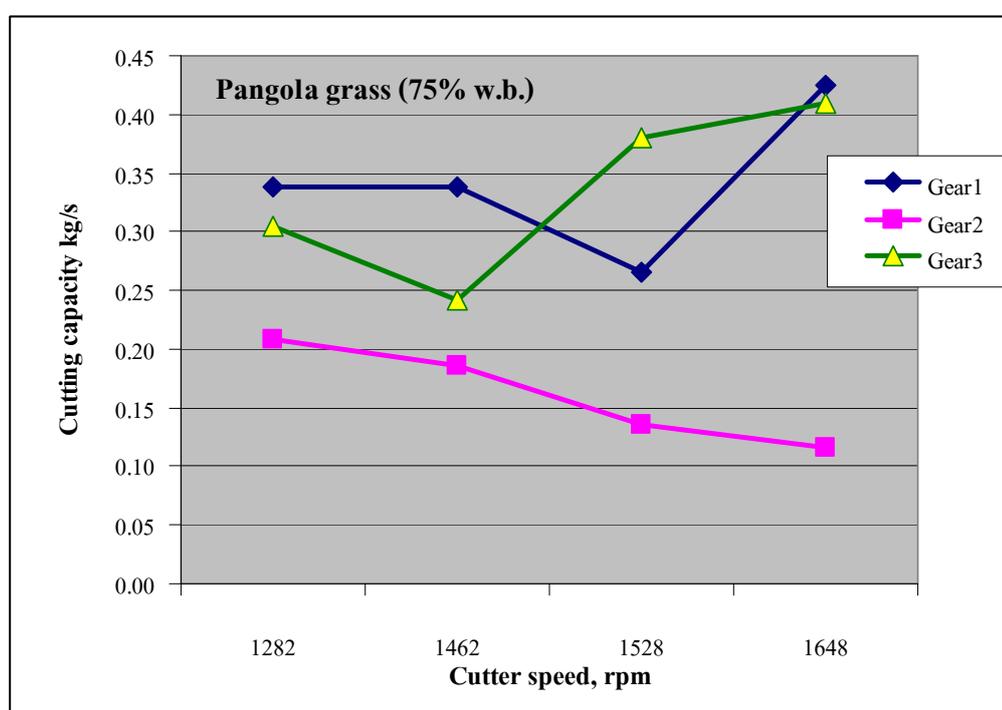
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ เกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม พบว่า ภายใต้อิทธิพลของเกียร์ 1st ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำมีค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่า เกียร์ 3rd ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เกียร์ 2nd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก และ 3rd ที่รอบความเร็วเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง และสูง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และภายใต้อิทธิพลของความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ ปานกลาง และสูงที่เกียร์ 1st มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง น้อยกว่า ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก ที่เกียร์ 1st โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 56 กราฟค่าเฉลี่ยอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงใช้เกียร์ 1st, 2nd และ 3rd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ

ผลการทดสอบการตัดหญ้าแพงโกล่า โดยใช้เครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม ใช้เกียร์เดินหน้า 3 ระดับ คือ เกียร์ 1st, 2nd และ 3rd ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4 ระดับ คือ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ กลาง สูงและสูงมาก ให้ความเร็วการเคลื่อนที่ขณะตัดหญ้าแพงโกล่า โดยความเร็วเพิ่มขึ้นตามเกียร์ที่สูงขึ้น และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น โดยความเร็วการเคลื่อนที่น้อยที่สุดคือ 0.464 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วการเคลื่อนที่มากที่สุดคือ 1.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การทำงานเชิงไร้ ขึ้นอยู่กับเกียร์ที่สูงขึ้น และความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สูงขึ้นด้วยเช่นกัน การทำงานเชิงไร้ที่มากที่สุดอยู่ที่เกียร์ 3rd ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก คือ 0.6 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง น้อยที่สุดใช้เกียร์ 1st ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ คือ 0.735 ลิตรต่อชั่วโมง และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากที่สุด ใช้เกียร์ 3rd ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงมาก คือ 2.7 ลิตรต่อชั่วโมง โดยเหลือตอหญ้าแพงโกล่าที่ตัดแล้วสูง 8 เซ็นติเมตร กองหญ้าวางเรียงแถวที่ได้หลังจากการตัดสามารถวางกองได้ดี อย่างไรก็ตามเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามยังมีจำกัดของการตัดอีกหลายอย่าง เช่น การทำงานเชิงพื้นที่ควรมากกว่านี้ และลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงให้น้อยลง เพื่อลดต้นทุนในการตัดหญ้าที่ขาดแคลนแรงงาน และสามารถทดแทนเครื่องจักรที่ต้องนำเข้าได้อีก

ทดสอบเมื่อใช้ เกียร์ 3rd พบว่าสามารถตัดหญ้าแพงโกล่าได้ดีเช่นกัน แต่ผู้ปฏิบัติงานยังไม่เคยทดสอบการเดินด้วยเกียร์ 3rd จึงทำให้เกิดการผิดพลาดขณะทดสอบ เกิดจากเครื่องตัดหญ้า เมื่อใช้ความเร็วรอบสูงมากทำให้เกิดการสั่นของเครื่องรุนแรง และเศษหญ้าที่ถูกตัดแล้วจะกระเด็นโดนผู้ปฏิบัติงานบ้าง ดังนั้นจึงต้องเพิ่มการป้องกันเศษหญ้าที่ตัดแล้วที่ด้านหลังเครื่องตัดหญ้าด้วย หญ้าแพงโกล่าที่มีอายุการตัดมากกว่า 2 ครั้ง จะตัดได้ยากกว่าอายุตัดครั้งที่ 1 และทำให้กองหญ้าที่วางกองเรียงไม่ดีด้วย คือจะมีการกระจายหญ้ามากกว่า เพราะลำต้นของหญ้าแพงโกล่าแข็งกว่าและเหนียวกว่าด้วย



ภาพที่ 57 กราฟแสดงความสามารถในการตัดหญ้าแพงโกล่า กิโลกรัมต่อวินาที ที่ความเร็วรอบเพลานับมีด 1282, 1462, 1528 และ 1648 รอบต่อนาที ใช้ความเร็วการเคลื่อนที่ เกียร์ 1st, 2nd และ 3rd ตามลำดับ

จากผลการทดสอบความสามารถในการตัดหญ้าเมื่อใช้ความเร็วการเคลื่อนที่ เกียร์ 2nd จะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับเกียร์ 1st และ 3rd ที่ใช้เดินหน้า โดยปริมาณการตัดหญ้าจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ด้วยเช่นกัน เพราะเมื่อความเร็วที่เหมาะสมจะทำให้ตัดหญ้าแพงโกล่าได้จนถึงโคนหญ้าซึ่งทำให้มีปริมาณหญ้ามากกว่า เมื่อมีความเร็วที่ไม่เหมาะสมจะตัดหญ้าแพงโกล่าได้เหนือโคนหญ้าขึ้นไปทำให้ได้ปริมาณหญ้าที่น้อยลงตามไปด้วย

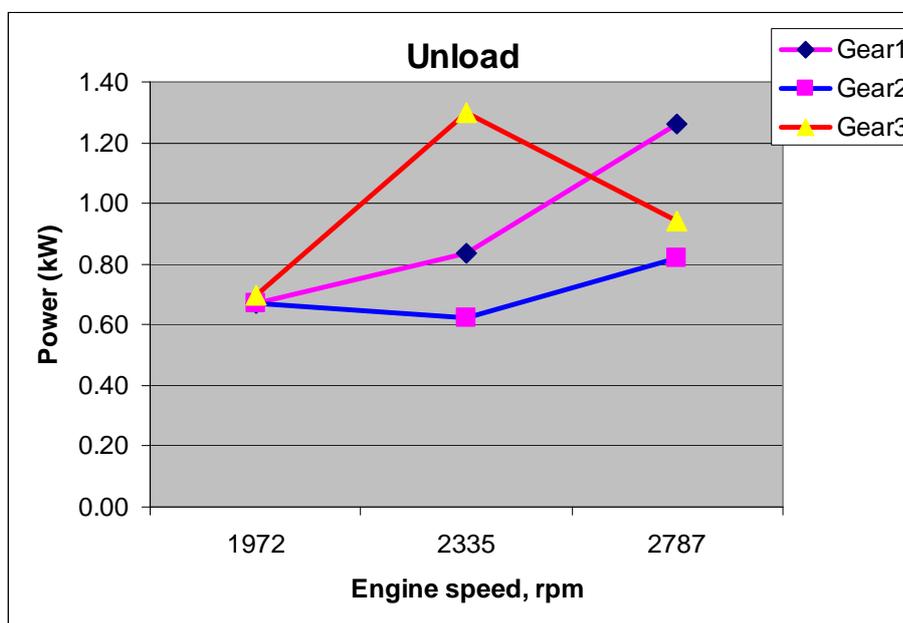
3. ผลการทดสอบหาค่ากำลังการตัดหญ้า โดยทดสอบที่เกียร์เดินหน้า เกียร์ 1st ,2nd และ 3rd ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำ และปานกลาง

ตารางที่ 28 ผลการทดสอบทอร์กหาค่ากำลังที่ใช้ในการเดินรถขณะไม่มีภาระ (ปิดการทำงานชุดตัดหญ้า)

เกียร์, ความเร็วรอบเครื่องยนต์	Power (kW)
Gear1, 1972	0.67
Gear1, 2335	0.83
Gear1, 2787	1.26
Gear2, 1972	0.67
Gear2, 2335	0.62
Gear2, 2787	0.82
Gear3, 1972	0.70
Gear3, 2335	1.30
Gear3, 2787	0.94

ตารางที่ 29 ผลการทดสอบทอร์กหาคำสั่งที่ใช้ในการตัดหญ้าแฝง โกล่าขณะมีภาระ (เปิดการทำงาน ชุดตัดหญ้า)

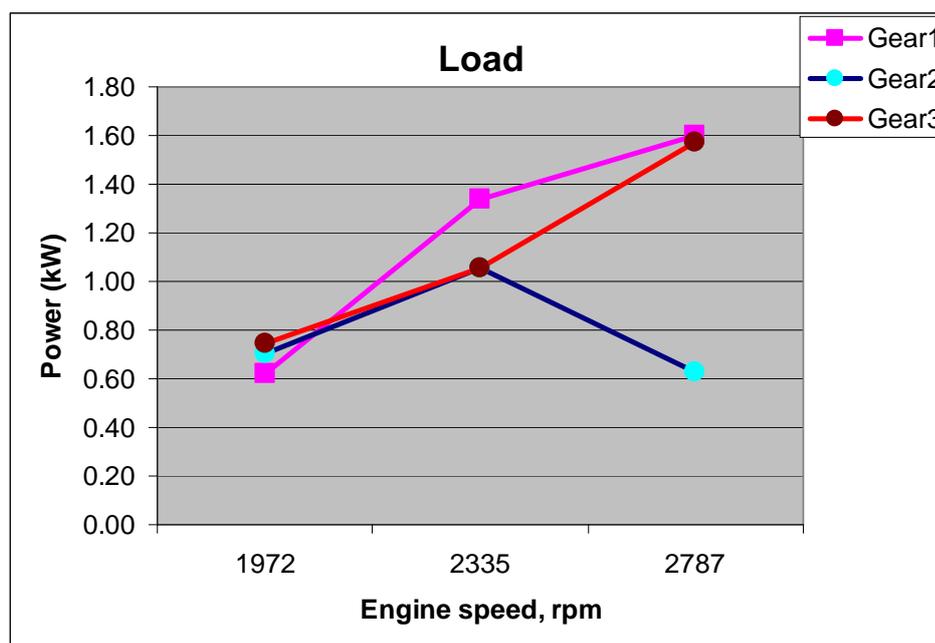
เกียร์, ความเร็วรอบเครื่องยนต์	Power (kW)
Gear1, 1972	0.62
Gear1, 2335	1.34
Gear1, 2787	1.60
Gear2, 1972	0.70
Gear2, 2335	1.05
Gear2, 2787	0.62
Gear3, 1972	0.74
Gear3, 2335	1.05
Gear3, 2787	1.57



ภาพที่ 58 คำสั่งที่ใช้ในการตัดหญ้าแฝง โกล่าขณะไม่มีภาระ โดยใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ คือ 1972, 2335 และ 2787 รอบต่อนาที ใช้เกียร์เดินหน้า 1st, 2nd และ 3rd

จากผลการทดสอบการหาค่ากำลังของเครื่องตัดหญ้าขณะไม่มีภาระ (ยังไม่เปิดการทำงานชุดตัดหญ้า) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3 ระดับ คือ 1972, 2335 และ 2787 รอบต่อนาที ที่เกียร์เดินหน้า 3 ระดับ คือ เกียร์ 1st, 2nd และ 3rd พบว่า แนวโน้มกำลังที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากความเร็วรอบเครื่องยนต์และเกียร์เดินหน้าที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่เมื่อเพิ่มความเร็วการเคลื่อนที่ถึงเกียร์ 3rd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2787 รอบต่อนาที จะเกิดสลีปจากสายพานทำให้กำลังที่ได้ลดลง โดยกำลังที่ใช้ในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด คือ 0.62 กิโลวัตต์ ใช้เกียร์ 2nd เดินหน้า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2335 รอบต่อนาที กำลังที่ใช้ในการเคลื่อนที่มากที่สุด คือ 1.30 กิโลวัตต์ ใช้เกียร์เดินหน้าเกียร์ 3rd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2335 รอบต่อนาที ดังแสดงในภาพที่ 58

การทดสอบกำลังในการตัดหญ้าแพงโกล่าเบื้องต้น เกิดการสั่นของเครื่องตัดหญ้าขณะตัดหญ้าและอาจมีผลทำให้ทอร์กรานดิวนเซอร์เกิดการเสียหาย จึงต้องลดการทดสอบความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ 3339 รอบต่อนาที



ภาพที่ 59 กำลังที่ใช้ในการตัดหญ้าแพงโกล่าขณะมีภาระ โดยใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์คือ 1972, 2335 และ 2787 รอบต่อนาที ใช้เกียร์เดินหน้า 1st, 2nd และ 3rd

จากผลการทดสอบการหาค่ากำลังของเครื่องตัดหญ้าขณะมีภาระ (เปิดการทำงานชุดตัดหญ้า) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3 ระดับ คือ 1972, 2335 และ 2787 รอบต่อนาที ที่เกียร์เดินหน้า 3 ระดับ

คือ เกียร์ 1st, 2nd และ 3rd พบว่า แนวโน้มกำลังที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากความเร็วรอบเครื่องยนต์และเกียร์เดิหน้าที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่เมื่อเพิ่มความเร็วการเคลื่อนที่ถึงเกียร์ 2nd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2787 รอบต่อนาที จะเกิดสลิปจากสายพานทำให้กำลังที่ใช้ตัดหญ้าลดลง โดยเมื่อทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์อื่นจะมีค่าเพิ่มขึ้น ขณะที่ใช้เกียร์ 3rd จะเกิดสลิปจากการส่งกำลังจากสายพานขึ้นอีก กำลังที่ใช้ตัดมีค่าน้อยกว่ากำลังที่ใช้ตัดโดยใช้เกียร์ 1st โดยกำลังที่ใช้ขณะตัดหญ้าที่น้อยที่สุดคือ 0.62 กิโลวัตต์ ใช้เกียร์เดิหน้าเกียร์ 1st และ 2nd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1972 และ 2335 รอบต่อนาที กำลังที่ใช้ขณะตัดหญ้าที่มากที่สุดคือ 1.60 กิโลวัตต์ ใช้เกียร์เดิหน้า 1st ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2787 รอบต่อนาที กำลังที่ได้จากการตัดหญ้าแพงโกล่าจะทำให้ทราบว่าเครื่องยนต์ต้องใช้ความเร็วรอบที่เหมาะสมในช่วง 2335 ถึง 2787 รอบต่อนาที เพราะจะมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงไม่มากเท่ากับความเร็วรอบเครื่องยนต์อื่น

4. ผลการวิเคราะห์และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ตารางที่ 30 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม

รายการวัสดุ	จำนวนเงิน
เหล็กฉาก 38.1x38.1x5 มม.	1,700
เหล็กแผ่น 2 มม.	980
เหล็กเพลลา 19 มม.	1,200
เหล็กเส้น 6.35 มม.	450
ล้อ 660.4 มม.	1,500
ล้อ 152.4 มม.	1,400
ชุดใบมีดตัดหญ้า 2 ชุด	2,500
ชุดบีบเลี้ยว 2 ชุด	1,500
เครื่องยนต์เบนซิน 5.5 แรงม้า	7,500
เกียร์ขับเคลื่อน	350
เกียร์ทดรอบ 1:3	3,000
มุเลย์	1,500
เฟืองโซ่	650
โซ่	650
สายพาน	550
ตุ้กดาวน์ 19 มม.	1,500
ค่าโซ่หุ้ม	1,000
ค่าแรงงานและค่าประกอบเครื่อง	15,000
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่อง	42,930

เครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม มีต้นทุนในการสร้าง 42,930 บาท ดังแสดงในตารางที่ 28 จากการทดสอบโดยใช้แรงงานปฏิบัติงาน 1 คน สามารถตัดหญ้าได้เฉลี่ย 0.5 ไร่ต่อชั่วโมง โดยมีความสิ้นเปลืองพลังงานประมาณ 1.9 ลิตรต่อชั่วโมง ใช้เครื่องทำงานวันละ 6 ชั่วโมง ปีละ 92 วัน หรือ 2190 ชั่วโมง สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและระยะเวลาคืนทุน ได้ดังนี้

4.1 ผลการประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

ซึ่งค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการตัดหญ้าอาหารสัตว์ แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ ค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปร

$$AC = FC + VC \quad \dots 20$$

โดยที่ AC คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการตัดหญ้าอาหารสัตว์ (บาท)

FC คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)

VC คือ ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาท)

4.1.1 ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระยะเวลาที่กำหนด ไม่ขึ้นกับปริมาณการใช้เครื่องจักร ประกอบด้วย ดอกเบี้ยจากการลงทุนสร้างเครื่องจักร และค่าเสื่อมราคา

$$\text{ค่าเสื่อมราคาต่อปี (วิธีตรง)} = (P - L) / N$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน} = (P + L) i / 2$$

โดยที่ P คือ ราคาสร้างเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม (= 42,930 บาท)

L คือ ราคาหรือมูลค่าซากเมื่อหมดอายุการใช้งาน (= 0.1 x P)

N คือ จำนวนอายุการใช้งานของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม ≈ 5 ปี

i คือ อัตราดอกเบี้ย ($\approx 7.0\%$ ต่อปี) 17 กุมภาพันธ์ 2552 ธนาคารไทยพาณิชย์

ดังนั้น

$$\text{มูลค่าซากเครื่อง} = \left(\frac{5}{100} \right) \times 42930 = 2146.5 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา} = \left(\frac{42930 - 2146.5}{5} \right) = 8156.7 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน} = \left(\frac{42930 + 8156.7}{2} \right) \times \left(\frac{7.0}{100} \right) = 1788 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมค่าใช้จ่ายคงที่ (FC)} = 2146.5 + 8156.7 + 1788 = 12091 \text{ บาท}$$

4.1.2 ค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable Cost) ค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นตามปริมาณการใช้งาน ประกอบด้วย ค่าบำรุงรักษา ค่าน้ำมัน ค่าจ้างแรงงาน และค่าซ่อมแซม

เครื่องจักรกลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวมีอายุการใช้งาน 10 ปี จะมีค่าบำรุงรักษา และซ่อมแซมประมาณ 120% ของราคาเครื่อง

$$\begin{aligned} \text{ค่าบำรุงรักษา} &= \left(\frac{42930 \times 120}{100} \right) = 51516 \text{ บาท/10 ปี} \\ &= 14 \text{ บาทต่อวัน} \end{aligned}$$

ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมแซม คิดค่าเฉลี่ยประมาณวันละ 14 บาท 1 ปีทำงาน 92 วัน

$$\text{ค่าบำรุงรักษา} = 14 \times 92 = 1288 \text{ บาทต่อปี}$$

ค่าน้ำมันลิตรละ 30 บาท สิ้นเปลืองค่าน้ำมัน 1.9 ลิตรต่อชั่วโมง ใน 1 ปี ทำงาน 92 วัน วันละ 6 ชั่วโมง

$$\text{ค่าน้ำมัน} = 6 \times 1.9 \times 30 \times 92 = 31464 \text{ บาทต่อปี}$$

อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาท ทำงาน 1 คน

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน} = 1 \times 300 \times 92 = 27600 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{รวมค่าใช้จ่ายผันแปร (vc)} = 1288 + 31464 + 27600 = 60352 \text{ บาทต่อปี}$$

ดังนั้น

$$\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} = 12091 + 60352 = 72443 \text{ บาทต่อปี}$$

4.2 จุดคุ้มทุน (Break Even Point) ของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม

กำหนดให้ค่ารับจ้างเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตามเท่ากับ 350 บาทต่อไร่ ใน 1 ปี เครื่องทำงาน 92 วัน วันละ 6 ชั่วโมง ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.5 ไร่ต่อชั่วโมง ดังนั้น เครื่องสามารถทำงานได้ 276 ไร่ต่อปี

$$\text{BEP} = \text{FC} / (\text{p} - \text{vc}) \quad \dots 21$$

โดยที่ BEP คือ จุดคุ้มทุน (ไร่ต่อปี)

FC คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาทต่อปี)

vc คือ ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อหน่วย (บาทต่อไร่)

P คือ ค่ารับจ้างตัดหญ้าอาหารสัตว์ (บาทต่อไร่)

ดังนั้น

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \left(\frac{12091}{350 - (72443/276)} \right) = 138 \text{ ไร่ต่อปี}$$

4.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) ของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม จากรายได้ค่ารับจ้างตัดหญ้าอาหารสัตว์ เท่ากับ 350 บาทต่อไร่ ใน 1 ปี เครื่องทำงาน 92 วัน วันละ 6 ชั่วโมง ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.5 ไร่ต่อชั่วโมง ดังนั้นเครื่องสามารถทำรายได้ 96600 บาทต่อปี

$$\text{PBP} = \text{CF}_0 / \text{YCF} \quad \dots 22$$

$$\text{YCF} = \text{R} - \text{AC} \quad \dots 23$$

โดยที่

PBP คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี)

CF_0 คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม (บาท)

YCF คือ กำไร (บาทต่อปี)

R คือ รายได้ (บาทต่อปี)

AC คือ ค่าใช้จ่ายในการตัดหญ้าทั้งหมด (บาท)

ดังนั้น

$$\text{กำไร} = 96600 - 72443 = 24157 \text{ บาท}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = 42930 / 24157 = 1.7 \text{ ปี} \sim 1 \text{ ปี } 8 \text{ เดือน}$$

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ผลการทดสอบการตัดหญ้าแพงโกล่าเบื้องต้น

จากการทดสอบการตัดหญ้าแพงโกล่า โดยใช้ใบมีดแบบที่ 1 พบว่า มีความเร็วการเคลื่อนที่สูงสุดและต่ำสุดที่ 1.039 และ 0.422 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การทำงานเชิงไร่สูงสุดและต่ำสุดที่ 0.714 และ 0.240 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดและต่ำสุดที่ 6.729 และ 1.892 ลิตรต่อชั่วโมง ใบมีดแบบที่ 2 พบว่า มีความเร็วการเคลื่อนที่สูงสุดและต่ำสุดที่ 0.677 และ 0.422 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การทำงานเชิงไร่สูงสุดและต่ำสุดที่ 0.380 และ 0.251 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดและต่ำสุดที่ 1.766 และ 1.412 ลิตรต่อชั่วโมง

จึงได้เลือกใช้ใบมีดแบบที่ 2 เพราะมีการติดขัดระหว่างการตัดหญ้าน้อยกว่าตอนใช้ใบมีดแบบที่ 1 และใบมีดแบบที่ 2 มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่าใบมีดแบบที่ 1

2. ผลการทดสอบการตัดหญ้าแพงโกล่า

จากการทดสอบตัดหญ้าแพงโกล่า พบว่าความเร็วการเคลื่อนที่ที่เลือกใช้ คือ 1.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การทำงานเชิงไร่ คือ 0.5 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง คือ 1.9 ลิตรต่อชั่วโมง โดยใช้เกียร์เดินหน้า เกียร์ 3rd ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2787 รอบต่อนาที การสูญเสียจากการวางเรียงกองเป็นแถวคือ 23 เปอร์เซ็นต์ และที่เกียร์เดินหน้าสูงขึ้นจะได้การทำงานเชิงไร่ที่สูงขึ้น แต่อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้นไปด้วย ความสามารถในการตัดหญ้ามากที่สุด คือ 0.43 กิโลกรัมต่อวินาที ใช้เกียร์ 1st ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3339 รอบต่อนาที ความสามารถในการตัดหญ้าน้อยที่สุด คือ 0.13 กิโลกรัมต่อวินาที ใช้เกียร์ 2nd ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3339 รอบต่อนาที

3. ผลการทดสอบหากำลังของการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตามขณะตัดหญ้าแพงโกล่า

การตัดหญ้าที่ให้กำลังการเคลื่อนที่ของรถตัดหญ้าขณะไม่มีโหลด ใช้กำลังที่มากที่สุดและน้อยที่สุดคือ 0.62 และ 1.30 กิโลวัตต์ ตามลำดับ โดยกำลังการตัดหญ้ามี่แนวโน้มเพิ่มตามความเร็วรอบเครื่องยนต์และเกียร์เดินหน้า การตัดหญ้าที่ให้กำลังของรถตัดหญ้าขณะตัดหญ้า ใช้กำลังที่มากที่สุดและน้อยที่สุดคือ 0.62 และ 1.60 กิโลวัตต์ ตามลำดับ โดยมีระบบส่งกำลังที่เกิดสลิป คือ สายพาน จึงทำให้กำลังที่ใช้บางความเร็วรอบลดลง

4. ผลการวิเคราะห์และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม มีต้นทุนในการสร้าง 28,130 บาท ในการทดสอบนี้ ใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สูงมาก และเกียร์เดินหน้าเกียร์ 3rd ได้ผลการทำงานเชิงไร่ที่ 0.641 ไร่ต่อชั่วโมง และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ 2776 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ใช้แรงงานในการปฏิบัติงาน 1 คน โดยมีความต้องการกำลังในการทำงานประมาณ กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ใช้เครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์ทำงานวันละ 5 ชั่วโมง ปีละ 135 วัน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 57,262 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 9 เดือน และจุดคุ้มทุนต้องตัดหญ้าประมาณ 92.16 ไร่ต่อปี

ขณะปฏิบัติงานเศษหญ้าที่ถูกตัดแล้วจะกระเด็นมาโดนผู้ปฏิบัติงานทางด้านหลังของเครื่องตัดหญ้าได้ จึงควรมีการ์ดป้องกันเศษหญ้าโดยปิดฝาครอบทางด้านท้ายของตัวเครื่องตัดหญ้าที่เป็นช่องของการลำเลียงเศษหญ้า และยังช่วยป้องกันเศษหินและดินกระเด็นมาโดนผู้ปฏิบัติงานด้วยบางส่วน

ชุดคลัชการเคลื่อนที่ของเครื่องตัดหญ้า ควรปรับปรุงให้ตัดกำลังได้ดีกว่านี้ เพราะขณะปฏิบัติงานบางครั้งพบว่าการติดขัดของชุดตัดต่อ โดยเกิดการติดขัดที่สปริง เกิดการค้างไม่สามารถตัดการทำงานได้ แนวทางการแก้ไขต้องทำระบบสปริงให้มีความยืดหยุ่นน้อยกว่านี้ คือ สปริงต้องมีความแข็งมากๆ เพราะเมื่อทำการบีบสปริงจะยุบแล้วไม่คืนตัว

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- เกียรติศักดิ์. 2546. <http://www.pangolar.com>. แหล่งที่มา: <http://google.co.th>, 2550.
- ขวัญชัย. 2546. **โครงการวิศวกรรมเกษตร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- นพดล. 2544. **การออกแบบและประเมินผลเครื่องเก็บเกี่ยวหญ้าอาหารสัตว์**. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- บรรจบ. 2539. **การศึกษาแนวทางการปรับปรุงเครื่องตัดหญ้าแบบหมุนเหวี่ยงใช้กับรถไถเดินตาม ลำดับที่ 4534**. 21.
- มงคล. 2536. **การวิจัยและพัฒนา รถตัดหญ้าชนิดนั่งขับขนาดเล็ก**. <http://www.clinic.most.go.th>. แหล่งที่มา: สำนักงานส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี โครงการประดิษฐ์กรรมเพื่อการพัฒนาชนบท, 22 สิงหาคม 2546.
- วิสิทธิ์. 2536. **การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 2**. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, ห้างหุ้นส่วนจำกัด นำอักษรการพิมพ์.
- วิชา. 2547. **เอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องจักรกลการเกษตร**. (เอกสารประกอบการสอน). ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- สายัณย์. 2547. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Celik. 2006. **Design and Operation Characteritic of a Push Type Cutter Bar Mower**. Canadian Biosystem Engineering: 48.
- Donald B.E. 1974. **Fundamental of Machine Operation**. Deere & Company, Moline, Illinois.

Donnell H. 2001. Farm Power and Machinery Management. Iowa State University.

Joseph S. 1989. **ASAE Standard S358.2** : Moisture Measurement-Forage. Michigan. USA.

Persson. 1978. **MECHANICS OF CUTTING PLANT MATERIAL**. The American Society of Agricultural Engineering.

RNAM. 1983. **RNAM Test Codes and Procedures for Farm Machinery Technical Ser. No. 12**.

Sriviastava A.K., C.E. Goering and R.P. Rohrbach. 1993. **Engineering Principles of Agricultural Machines**. ASAE Textbook No. 6. St. Joseph, MI: ASABE.

www.alibaba.com. Available Source: <http://google.co.th>, March 25, 2008.

www.baanlaesuan.com. Available Source: <http://google.co.th>, March 25, 2008.

www.boxingscene.com. . Available Source: <http://google.co.th>, March 25, 2008.

www.krm-ltd.co.uk. Available Source: <http://google.co.th>, March 25, 2008.

www.standardssupplylawnandgarden.com. Available Source: <http://google.co.th>, April 20, 2008.

www.sunshineagriculture.com. Available Source: <http://google.co.th>, April 20, 2008.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การออกแบบและการคำนวณ

การหาคำสั่งของเครื่องยนต์ที่ต้องการ

1. ชุดตัดหญ้า

กำหนดให้ น้ำหนักชุดหัวตัดหญ้า = 10.6 kg
เส้นผ่าศูนย์กลางเพลลา = 25.4 mm

ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในหน้าตัดของเพลลา

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{F}{2A} \\ &= \frac{207.97}{2 \times (\pi(25.4 \times 10^{-3} / 2)^2)} = 205301.09 \text{ N/m}^2\end{aligned}$$

โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้วของพื้นที่ (polar area moment of inertia) สำหรับเพลลากลมตัน

$$\begin{aligned}J &= \frac{\pi}{32} d^4 \\ &= \frac{\pi}{32} (25.4 \times 10^{-3})^4 = 4.086 \times 10^{-8} \text{ m}^4\end{aligned}$$

โมเมนต์บิดในเพลลา

$$\begin{aligned}T &= \frac{\pi \times J}{R} \\ &= (205301.09 \times 4.086 \times 10^{-8}) / (25.4 \times 10^{-3} / 2) \\ &= 0.66 \text{ N.m}\end{aligned}$$

กำลังที่เพลลาชุดตัด

$$\begin{aligned}P &= \frac{T \times n}{9.551} \\ &= \frac{0.66 \times 3200}{9.551} = 221.129 \text{ W}\end{aligned}$$

ประสิทธิภาพในการถ่ายทอดกำลัง = 70 เปอร์เซ็นต์

ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เบนซิน = 35 เปอร์เซ็นต์

กำลังของเครื่องยนต์ที่ต้องการ = $221.129 / (0.35 \times 0.7) = 902.567 \text{ Watt}$

ใช้กำลังเครื่องยนต์ขนาด (1 แรงม้า = 746 วัตต์) = $902.567 / 746 = 1.2 \text{ แรงม้า}$

การออกแบบระบบส่งกำลังด้วยสายพาน

2. ชุดตัดหญ้า

กำหนดให้ $n_1 = 3200$ rpm (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)
 $n_2 = 1450$ rpm (ความเร็วรอบของเพลาชุดใบมีดตัดหญ้า)

$$m_\omega = \frac{D_2}{D_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

เมื่อ $m_\omega =$ อัตราทด

$D_1 =$ เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวขับ

$D_2 =$ เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวตาม

$n_1 =$ ความเร็วรอบของตัวขับ

$n_2 =$ ความเร็วรอบของตัวตาม

อัตราทด

ครั้งที่ 1 $m_{\omega 1} = \frac{8}{3} = 2.67$
 $n_2 = \frac{3200}{2.67} = 1198.50$ rpm

ครั้งที่ 2 $m_{\omega 2} = \frac{1}{3}$
 $n_3 = 1198.50 \times 3 = 3595.5$ rpm

ครั้งที่ 3 $m_{\omega 3} = \frac{5}{3} = 1.67$
 $n_4 = \frac{3595.5}{1.67} = 2152.99$ rpm

สรุป อัตราทด $m_\omega = \frac{3200}{2151.99} = 1.48$

ดังนั้นที่ชุดตัดหญ้าได้ทำการทดความเร็วรอบทั้งหมด 3 ครั้ง จากเครื่องยนต์ที่หมุนด้วยความเร็วรอบ 3200 รอบต่อนาที ไปยังเกียร์ทดแล้วไปยังชุดตัดหญ้าโดยความเร็วลดลง 1.48 เท่า

สายพานที่ใช้เป็นสายพานลิ่ม (V-belt) แบบ B เพราะสายพานลิ่มส่งกำลังได้มาก สามารถรับแรงกระตุกได้ดี และแบริงไม่ต้องรับแรงมากเกินไป

ความยาวพิตซ์โดยประมาณ (วิธีที่ 1 และ ชาญ, 2536)

$$L_p = 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C}$$

ชุดที่ 1 $L_{p1} = 2 \times 500 + 1.57(419.2 + 57.15) + [(419.2 - 57.2)^2 / (4 \times 500)]$
 $= 1419.42 \text{ mm} \sim 55 \text{ นิ้ว}$

เลือกใช้สายพาน $L_p = 55 \text{ นิ้ว}$

ชุดที่ 2 $L_{p2} = 2 \times 260 + 1.57(95.25 + 76.2) + [(95.25 - 76.2)^2 / (4 \times 260)]$
 $= 789.53 \text{ mm} \sim 32 \text{ นิ้ว}$

เลือกใช้สายพาน $L_p = 32 \text{ นิ้ว}$

ขนาดโซ่ขับชุดใบมีด

หาจำนวนข้อโซ่โดยประมาณ

$$X = \frac{2C}{p} + \frac{Z + z}{2} + \left(\frac{Z - z}{2\pi} \right)^2 \frac{p}{C}$$

$$X_1 = \frac{2 \times 1565}{19.05} + \frac{27 + 27}{2} + \left(\frac{27 - 27}{2\pi} \right)^2 \frac{19.05}{1565}$$

$$X_1 = 191.3 \sim 192 \text{ ข้อ}$$

3. ชุดขับเคลื่อนล้อ

กำหนดให้ $n_1 = 3200 \text{ rpm}$ (ความเร็วรอบเครื่องยนต์)

ขนาดล้อสายพาน

ชุดที่ 1 $d_p = 2 \times 19.05 \text{ mm}$ (ล้อสายพานที่เพลารองยนต์)

$D_p = 8 \times 25.4 \text{ mm}$ (ล้อสายพานที่เกียร์ทดขาเข้า)

$C = 440 \text{ mm}$

$$m_\omega = \frac{D_2}{D_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

เมื่อ $m_\omega =$ อัตราทด

$D_1 =$ เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวขับ

$D_2 =$ เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวตาม

$n_1 =$ ความเร็วรอบของตัวขับ

$n_2 =$ ความเร็วรอบของตัวตาม

อัตราทด

ครั้งที่ 1 $m_{\omega 1} = \frac{8}{2} = 4$

$$n_2 = \frac{3200}{4} = 800 \text{ rpm}$$

ครั้งที่ 2 $m_{\omega 2} = 6 : 1$

$$n_2 = \frac{800}{6} = 133.33 \text{ rpm}$$

ครั้งที่ 3 $m_{\omega 3} = \frac{19.5}{5.3} = 3.68$

$$n_2 = \frac{133.33}{3.68} = 36.23 \text{ rpm}$$

ครั้งที่ 4 $m_{\omega 4} = \frac{25.5}{5.2} = 4.9$

$$n_2 = \frac{36.23}{4.9} = 7.29 \text{ rpm}$$

สรุปอัตราทด $m_\omega = \frac{3200}{7.29} = 438.95$

ดังนั้นที่ชุดขับเคลื่อนล้อได้ทำการทดความเร็วรอบทั้งหมด 4 ครั้ง จากเครื่องยนต์ที่หมุนด้วยความเร็วรอบ 3200 รอบต่อนาที ไปยังเกียร์ทดแล้วไปยังเกียร์ขับเคลื่อน ผ่านชุดทดที่ 1 และไปยังชุดขับเคลื่อน โดยความเร็วลดลง 438.95 เท่า

สายพานที่ใช้เป็นสายพานลิ่ม (V-belt) แบบ B เพราะสายพานลิ่มส่งกำลังได้มาก สามารถรับแรงกระตุกได้ดี และแบริงไม่ต้องรับแรงมากเกินไป

ความยาวพิตซ์โดยประมาณ (วิธีที่ 1 และ ชาญ, 2536)

$$L_p = 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C}$$

ชุดที่ 1 $L_{p1} = 2 \times 440 + 1.57(419.2 + 38.1) + [(419.2 - 38.1)^2 / (4 \times 440)]$
 $= 1274.33 \text{ mm} \sim 50.17 \text{ นิ้ว}$

เลือกใช้สายพาน $L_p = 50 \text{ นิ้ว}$

ขนาดโซ่ของชุดขับเคลื่อนล้อ

หาจำนวนข้อโซ่โดยประมาณ

$$X = \frac{2C}{p} + \frac{Z + z}{2} + \left(\frac{Z - z}{2\pi} \right)^2 \frac{p}{C}$$

ชุดที่ 1 $X_1 = \frac{2 \times 155}{12.7} + \frac{55 + 15}{2} + \left(\frac{55 - 15}{2\pi} \right)^2 \frac{12.7}{155}$
 $X_1 = 62.72 \sim 62 \text{ ข้อ}$

ชุดที่ 2 $X_2 = \frac{2 \times 180}{12.7} + \frac{65 + 12}{2} + \left(\frac{60 - 12}{2\pi} \right)^2 \frac{12.7}{180}$
 $X_2 = 71.02 \sim 72 \text{ ข้อ}$

ภาคผนวก ข
การปรับตั้งอุปกรณ์วัดและการคำนวณ

การ Calibration Transducer

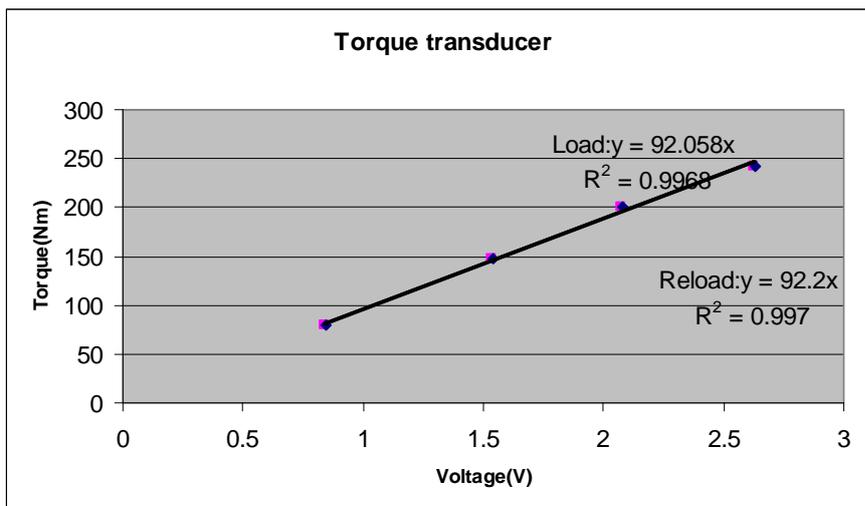
1. Torque transducer โดยการ calibration เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง Torque (N-m) และค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข3



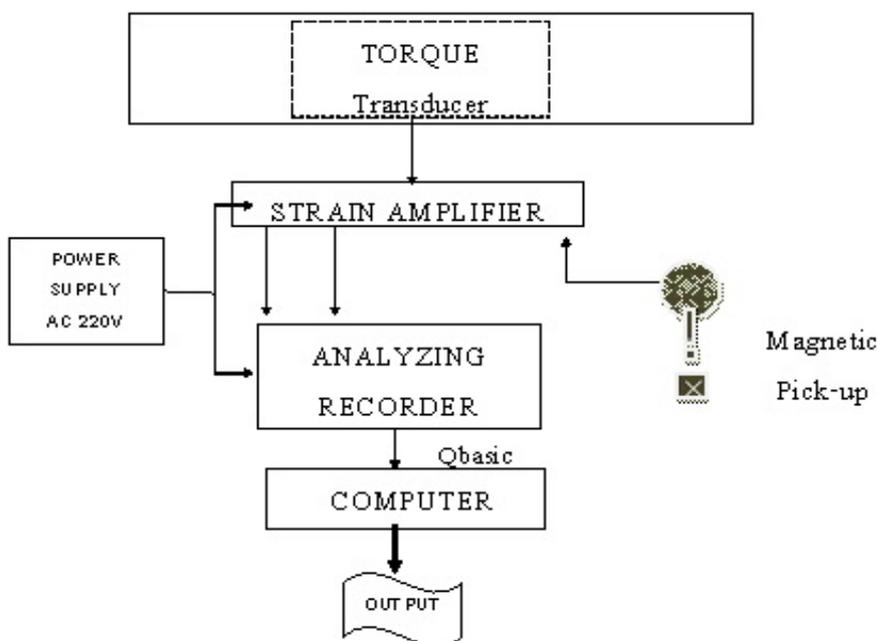
ภาพผนวกที่ ข1 การ Calibration ชุด Torque transducer

ขั้นตอนการ Calibration Transducer

การ calibration transducer ใช้น้ำหนัก 27 กิโลกรัมใส่ทั้งหมด 4 ลูก โดยใส่ทีละลูก ตัว transducer และใช้เครื่อง Strain amplifier ในการขยายสัญญาณและบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า เพื่อนำค่าที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่าง load (kN) กับค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ก่อนทำการ calibration ต้องปรับตั้งค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) กับค่า Micro strain ($\mu\epsilon$) ในช่วงที่เหมาะสม และเริ่มการ calibration จากไม่มี load ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากวงจรจะต้องเป็นศูนย์ และทำการเพิ่ม load ขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งค่าสูงสุดที่ต้องการ และทำการ reload จนกระทั่งเป็นศูนย์อีกครั้ง นำค่าที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่าง load (kN) กับค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage)



ภาพผนวกที่ ข2 ความสัมพันธ์ระหว่าง load (K-N) กับ voltage (V) ของ Torque



ภาพผนวกที่ ข3 แผนภูมิการรับส่งสัญญาณข้อมูลจากชุด Transducers

วิธีการปรับแก้ค่าสัญญาณ โดยก่อนที่จะทำการทดลองในแปลงต้องทำการบันทึกค่าสัญญาณในขณะที่ยังไม่มีโหลดใดๆ กระทำที่ Torque transducer เพื่อเป็นค่าสำหรับการปรับแก้ค่าที่ได้จากการผลการทดลอง

การตั้งค่าการขยายสัญญาณจากตัว Strain amplifier ซึ่งค่าที่ใช้ในการ Calibration กับ ค่าที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

Torque transducer ค่าที่ตั้งระหว่างการ calibration กับ การทดลองใช้ค่าเดียวกันให้ Strain amplifier ขยายสัญญาณออกมา 100% และบันทึกค่าที่ Analyzing recorder 100% ของค่าสัญญาณ

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของหญ้าอาหารสัตว์ พันธุ์แพงโกล่าที่ใช้ในการทดสอบเบื้องต้น
เครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตามต้นแบบ

ตารางผนวกที่ ค1 ข้อมูลความสูงหน้าแข้งโกล่า อายุประมาณ 45 วัน แปลงของเกษตรกร จ.กาญจนบุรี

ตัวอย่างที่	ความสูงของต้นหญ้าอาหารสัตว์ (เซ็นติเมตร)
1	56
2	58
3	55
4	40
5	40
6	45
7	50
8	45
9	50
เฉลี่ย	48.78

ตารางผนวกที่ ค2 ข้อมูลความหนาแน่นของหญ้าแพงโกล่า อายุประมาณ 45 วัน แปลงของเกษตรกร จ.กาญจนบุรี

ตัวอย่างที่	ความหนาแน่นของต้นหญ้าอาหารสัตว์ (ต้นต่อตารางเมตร)
1	515
2	365
3	675
เฉลี่ย	518.33

ตารางผนวกที่ ค3 ข้อมูลความสูงตอหญ้าแพง โกล่าหลังตัด

ตัวอย่างที่	ความสูงตอหญ้าอาหารสัตว์ (เซ็นติเมตร)
1	3
2	4
3	3
4	7
5	6
6	8
7	4
8	5
9	7
10	5
11	5
12	4
13	6
14	5
15	6
16	8
17	7
18	8
19	8
20	7
21	7
22	8
23	9
24	10
เฉลี่ย	6.25

ตารางผนวกที่ ค4 ข้อมูลความชื้นหญ้าอาหารสัตว์

ตัวอย่างที่	ความชื้น %Wb
1	62.32
2	64.52
3	63.57
4	64.07
5	56.47
6	63.12
7	62.24
8	63.77
เฉลี่ย	62.51

ตารางผนวกที่ ค5 ข้อมูลความสูงหน้าแพงโกล่า อายุประมาณ 45-50 วัน หลังการตัดครั้งที่ 2 แปลง
ของเกษตรกร จ.กาญจนบุรี

ตัวอย่างที่	ความสูงของต้นหญ้าอาหารสัตว์ (เซ็นติเมตร)
1	35.00
2	36.67
3	36.67
4	36.33
5	33.67
6	32.00
7	28.67
8	31.67
9	45.67
10	39.67
11	36.33
12	44.00
เฉลี่ย	36.36

ตารางผนวกที่ ค6 ข้อมูลความหนาแน่นของหญ้าแพงโกล่า อายุประมาณ 45-50 วัน หลังการตัดครั้งที่ 2 แปลงของเกษตรกร จ.กาญจนบุรี

ตัวอย่างที่	ความหนาแน่นของต้นหญ้าอาหารสัตว์ (ต้นต่อตารางเมตร)
1	500
2	520
3	512
4	550
5	532
6	482
7	394
8	580
9	613
10	578
11	347
12	483
เฉลี่ย	507.58

ตารางผนวกที่ ๗ ข้อมูลความสูงต่อหญ้าแพง โกล่าหลังตัด

ตัวอย่างที่	ความสูงต่อหญ้าอาหารสัตว์ (เซ็นติเมตร)
1	6.00
2	10.00
3	8.00
4	8.00
5	7.33
6	5.33
7	7.00
8	11.67
9	7.67
10	8.67
11	8.67
12	9.00
13	6.00
14	14.00
15	7.00
16	5.00
เฉลี่ย	8.08

ตารางผนวกที่ ค8 ข้อมูลความชื้นหญ้าอาหารสัตว์

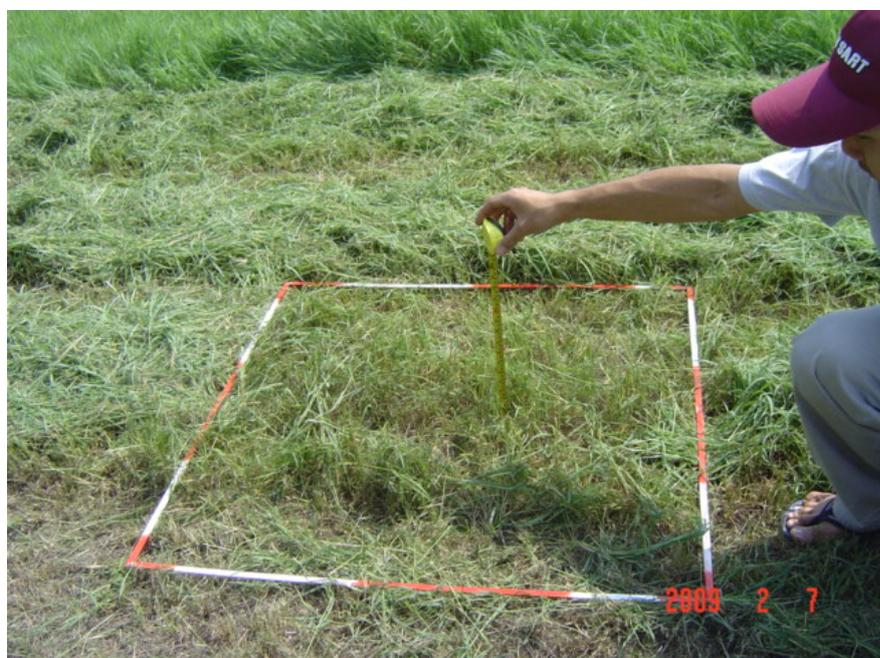
ตัวอย่างที่	ความชื้น %Wb
1	77.37
2	82.38
3	76.72
4	82.25
5	76.68
6	80.01
7	78.63
8	69.62
9	65.60
10	69.70
11	72.71
12	70.26
เฉลี่ย	75.15

ตารางผนวกที่ ค9 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการวางเรียงกอง

ตัวอย่างที่	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการวางเรียงกอง(%)
1	75.5
2	69.0
3	75.0
4	60.0
5	84.0
6	76.2
7	80.0
8	76.9
9	75.0
เฉลี่ย	74.6



ภาพผนวกที่ ค1 ลักษณะของหญ้าแพงโกล่าที่ถูกตัดโดยใช้ใบมีดแบบที่ 1



ภาพผนวกที่ ค2 ลักษณะของหญ้าแพงโกล่าที่ถูกตัดโดยใช้ใบมีดแบบที่ 2

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตามใช้เกียร์ 1st ใบมีดแบบที่ 1

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่เกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.125	3	.042	16.776	.001
Within Groups	.020	8	.002		
Total	.144	11			

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ของความเร็วการเคลื่อนที่ ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

REVOLUTION	N	Subset		
		1	2	3
Duncan	1.00	3	.42200	
	2.00	3		.52100
	3.00	3		.57533
	4.00	3		.70433
	Sig.		1.000	.218
				1.000

ตารางผนวกที่ ๓ การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทำงานเชิงไร่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.059	3	.020	16.656	.001
Within Groups	.009	8	.001		
Total	.069	11			

ตารางผนวกที่ ๔ การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆของการทำงานเชิงไร่ ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

REVOLUTION	N	Subset		
		1	2	3
Duncan	1.00	3	.29000	
	2.00	3		.35833
	3.00	3		.39567
	4.00	3		.48433
Sig.			1.000	.220
				1.000

ตารางที่ ๖5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.755	3	1.918	2.746	.113
Within Groups	5.589	8	.699		
Total	11.345	11			

ตารางผนวกที่ ๖6 การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

REVOLUTION	N	Subset	
		1	2
Duncan	1.00	3	1.89200
	2.00	3	3.06400
	3.00	3	3.33267
	4.00	3	3.75933
	Sig.		.070
			.327

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตามใช้เกียร์ 2nd ใบมีดแบบที่ 1

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.204	3	.068	20.610	.000
Within Groups	.026	8	.003		
Total	.230	11			

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ของความเร็วการเคลื่อนที่ ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

REVOLUTION	N	Subset			
		1	2	3	
Duncan	1.00	3	.69300		
	2.00	3		.82567	
	3.00	3		.94900	
	4.00	3		1.03933	
	Sig.		1.000	1.000	.063

ตารางผนวกที่ ๙ การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทำงานเชิงไร่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์
ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.097	3	.032	20.616	.000
Within Groups	.013	8	.002		
Total	.109	11			

ตารางผนวกที่ ๑๐ การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆของการ
ทำงานเชิงไร่ ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

REVOLUTION	N	Subset			
		1	2	3	
Duncan	1.00	3	.47633		
	2.00	3		.56767	
	3.00	3		.65267	
	4.00	3		.71467	
Sig.			1.000	1.000	.063

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการอัตราการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ที่เกียร์ และความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้น เครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14.355	3	4.785	2.472	.136
Within Groups	15.484	8	1.935		
Total	29.839	11			

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆของอัตราการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ในการทดสอบเบื้องต้น เครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Duncan	REVOLUTION	N	Subset
			1
	1.00	3	4.02800
	2.00	3	4.12567
	3.00	3	4.61733
	4.00	3	6.72967
	Sig.		.054

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่เกียร์และความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ
ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตามใช้เกียร์ 1st ใบมีดแบบที่ 2

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.090	3	.030	1.931	.203
Within Groups	.124	8	.015		
Total	.213	11			

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ของความเร็วการเคลื่อนที่ ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

REVOLUTION	N	Subset 1
Duncan		
1.00	3	.41433
2.00	3	.47267
3.00	3	.52367
4.00	3	.64867
Sig.		.065

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทำงานเชิงไร่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.010	3	.003	1.033	.428
Within Groups	.025	8	.003		
Total	.035	11			

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ของการทำงานเชิงไร่ ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Duncan	REVOLUTION	N	Subset
			1
	1.00	3	.25133
	2.00	3	.27267
	3.00	3	.28967
	4.00	3	.32900
	Sig.		.084

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการอัตราการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.266	3	.422	.976	.451
Within Groups	3.459	8	.432		
Total	4.725	11			

ตารางผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆของอัตราการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

REVOLUTION	N	Subset	
		1	
Duncan	1.00	3	1.41200
	2.00	3	1.66933
	3.00	3	1.86300
	4.00	3	2.30100
	Sig.		.187

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตามใช้เกียร์ 2nd ใบมีดแบบที่ 2

ตารางผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.040	3	.013	1.693	.245
Within Groups	.063	8	.008		
Total	.103	11			

ตารางผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ของความเร็วการเคลื่อนที่ ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

REVOLUTION	N	Subset 1
Duncan	3	.53200
	3	.54233
	3	.56733
	3	.67700
Sig.		.083

ตารางผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทำงานเชิงไร่ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.016	3	.005	2.876	.103
Within Groups	.014	8	.002		
Total	.030	11			

ตารางผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ของการทำงานเชิงไร่ ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

	REVOLUTION	N	Subset	
			1	2
Duncan	1.00	3	.29167	
	2.00	3	.29233	
	3.00	3	.33133	.33133
	4.00	3		.37967
	Sig.			.188

ตารางผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการอัตราการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.705	3	.235	1.386	.316
Within Groups	1.356	8	.170		
Total	2.062	11			

ตารางผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ความแตกต่างของความเร็วรอบเครื่องยนต์ระดับต่างๆของอัตราการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ในการทดสอบเบื้องต้นเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Duncan	REVOLUTION	N	Subset
			1
	1.00	3	1.23667
	2.00	3	1.37533
	3.00	3	1.76567
	4.00	3	1.79500
	Sig.		

ผลการวิเคราะห์ความเร็วการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง) การตัดหญ้าด้วยเครื่องตัดหญ้าอาหาร
สัตว์เดินตามทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วการเคลื่อนที่ ที่เกียร์และความเร็ว
รอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหาร
สัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5.448(a)	13	.419	21.906	.000
Intercept	34.565	1	34.565	1806.827	.000
GEAR * REVOLUTION	.235	6	.039	2.047	.102
GEAR	3.169	2	1.585	82.837	.000
REVOLUTPON	1.798	3	.599	31.326	.000
Error	.421	22	.019		
Total	40.433	36			
Corrected Total	5.869	35			

ผลการวิเคราะห์การทำงานเชิงไร (ไรต่อชั่วโมง) การตัดหญ้าด้วยเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม
ทางสถิติ

ตารางที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทำงานเชิงไร ที่เกี่ยวและความเร็วรอบ
เครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์เดินตาม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.607(a)	13	.047	13.315	.000
Intercept	5.648	1	5.648	1610.377	.000
GEAR * REVOLUTION	.019	6	.003	.919	.500
GEAR	.321	2	.161	45.771	.000
REVOLUTPON	.229	3	.076	21.772	.000
Error	.077	22	.004		
Total	6.332	36			
Corrected Total	.684	35			

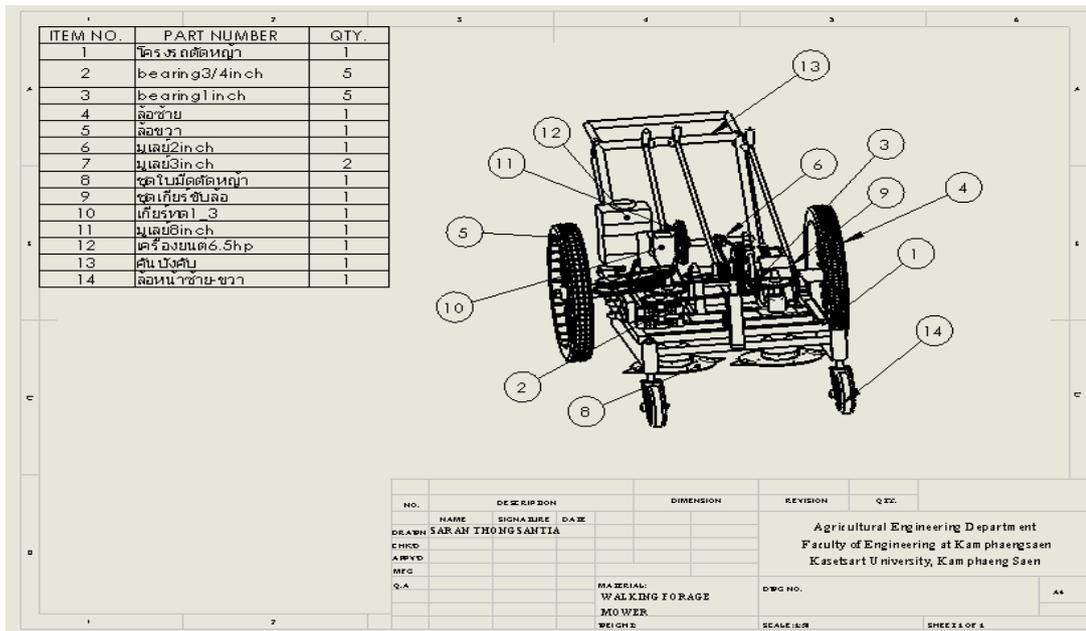
ผลการวิเคราะห์อัตราการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) การตัดหญ้าด้วยเครื่องตัดหญ้า
อาหารสัตว์เดินตามทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ที่เกี่ยวและ
ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ระดับต่างๆ ในการทดสอบประเมินผลเครื่องตัดหญ้า
อาหารสัตว์เดินตาม

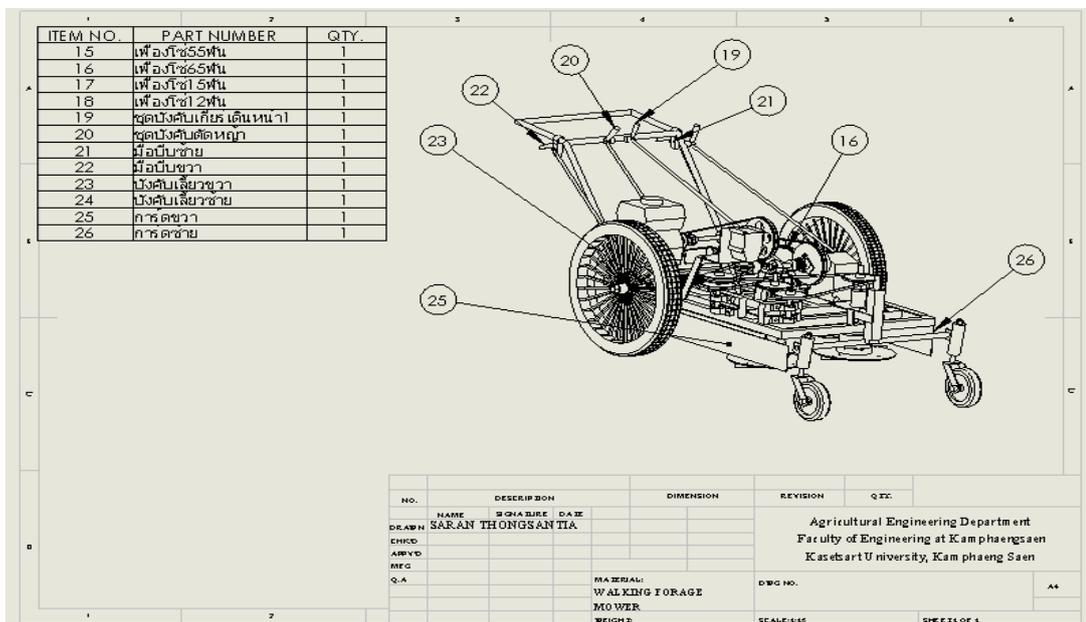
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10.899(a)	13	.838	4.021	.002
Intercept	89.627	1	89.627	429.839	.000
GEAR * REVOLUTION	2.828	6	.471	2.261	.075
GEAR	2.575	2	1.287	6.174	.007
REVOLUTPON	4.935	3	1.645	7.890	.001
Error	4.587	22	.209		
Total	105.114	36			
Corrected Total	15.486	35			

ภาคผนวก จ

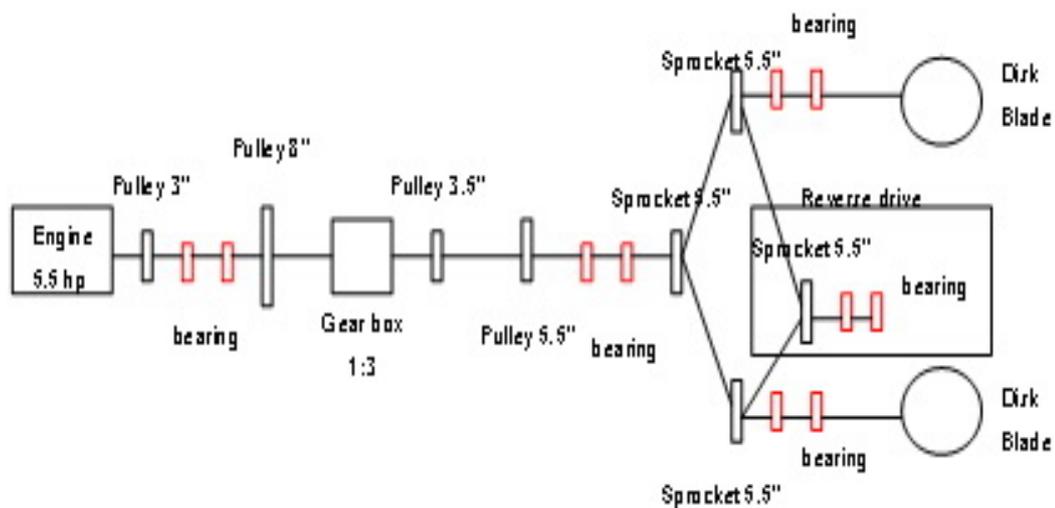
แบบเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม



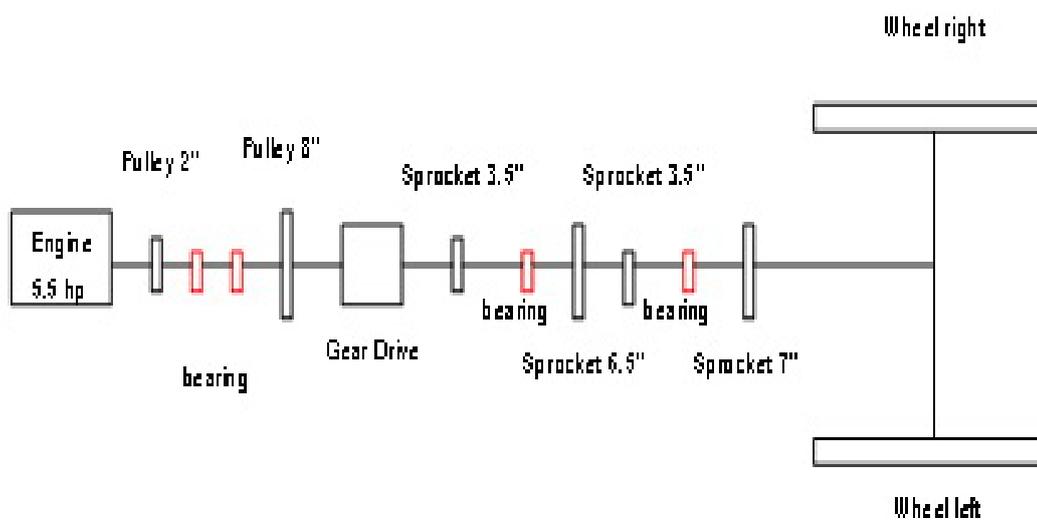
ภาพผนวกที่ ๑1 แบบเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม



ภาพผนวกที่ ๑2 แบบเครื่องตัดหญ้าอาหารสัตว์แบบเดินตาม



ภาพผนวกที่ จ3 แผนภูมิแสดงการถ่ายทอดกำลังของเครื่องยนต์ไปชุดตัดหญ้า



ภาพผนวกที่ จ4 แผนภูมิแสดงการถ่ายทอดกำลังของเครื่องยนต์ไปชุดขับเคลื่อนล้อ

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายศรัณย์ ชงสันเทียะ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	14 เมษายน 2521
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลสุรินทร์
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรกลวิธาน)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-