

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : -
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเงาะและทุเรียนคุณภาพ
- กิจกรรม : -
- กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : วิจัยและพัฒนาเครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเงาะและทุเรียนคุณภาพ
- ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Research and Development on Branch Cutter Motor Gear Type purpose to Increase Rambutan and Durian Production Efficiency
4. คณะผู้ดำเนินงาน
- |                 |                           |                                        |
|-----------------|---------------------------|----------------------------------------|
| หัวหน้าการทดลอง | นายชนาวัฒน์ ทิพย์ชิต      | สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี |
| ผู้ร่วมงาน      | นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์   | สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี |
|                 | นางชมภู จันทิ             | สังกัด ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี        |
|                 | นายสำเร็จ ช่างประเสริฐ    | สังกัด ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี        |
|                 | นางณิชชา แหลมเพ็ชร        | สังกัด ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร           |
|                 | นายศุภวรรณ์ ภูมามาศ       | สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี |
|                 | นายบัณฑิต จิตรจรรย์       | สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี |
|                 | นายนายอนุสรณ์ สุวรรณเวียง | สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี |
|                 | นายทิวากร กาลจักร         | สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี |
|                 | นายปิยชาติ พุ่มมณี        | สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี |

## 5. บทคัดย่อ

ในการผลิตไม้ผล เช่น เงาะ และทุเรียน การตัดแต่งกิ่งมีความสำคัญมาก ซึ่งควรจะเริ่มทำตั้งแต่อายุพืช 2-3 ปีแรก คือการตัดแต่งทรงพุ่ม ในปัจจุบันนิยมตัดแต่งให้มีความสูง 4-5 เมตร เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการดูแลอารักขาพืชในสวน ในปัจจุบันมีปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการตัดแต่งกิ่งและค่าจ้างแรงงานมีราคาแพง ประกอบกับเกษตรกรไทยส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรผู้สูงอายุ งานตัดแต่งกิ่งเป็นงานหนักงานหนึ่ง และเป็นเรื่องยาก

สำหรับผู้สูงอายุ ถึงแม้จะมีเครื่องมือและอุปกรณ์ทุ่นแรงหลายอย่าง แต่ยังไม่สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม คล่องตัว และมีประสิทธิภาพ ตรงตามความต้องการของเกษตรกร

ดังนั้นผู้วิจัยและคณะจึงได้วิจัยเครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังที่ มีน้ำหนักเบา ด้ามจับสามารถยืดและหดได้ และใช้แบตเตอรี่เป็นพลังงานต้นกำลัง ทำให้สามารถ ทำงานได้สะดวกและรวดเร็ว

เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 160 วัตต์ เป็นต้นกำลัง มีด้ามจับอลูมิเนียมยาว 4.5 เมตร โดยแบ่งเป็น 3 ท่อน ยาวท่อนละ 1.5 เมตร ใช้สายไฟขนาด 2.5 ตารางมิลลิเมตร และสวิตช์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 5 แอมแปร์ ต้นแบบถูกพัฒนาขึ้น 2 แบบ คือแบบเลื่อยวงเดือน ขนาด 7 นิ้ว 24 ฟัน ขับด้วยชุดเกียร์ทด ที่อัตราทด 1:3.6 และแบบเลื่อยชัก ขนาด 14 นิ้ว 5.5 ฟันต่อนิ้ว ขับด้วยชุดเกียร์ทด ที่อัตราทด 1:10 โดยมีกลไกลูกเบี้ยวเป็นชุดควบคุมการเคลื่อนที่ พร้อมการ์ดป้องกันใบเลื่อย ผลการทดสอบ พบว่า เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบเลื่อยวงเดือน มีความสามารถในการทำงาน 180 กิ่งต่อชั่วโมง ที่ขนาด 2 นิ้ว ที่ความเร็วรอบ 5,500 รอบต่อนาที และเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบเลื่อยชัก มีความสามารถในการทำงาน 180 ต่อชั่วโมง ที่ขนาด 2 นิ้ว ที่ความเร็วในการชัก 2,000 ครั้งต่อนาที เมื่อใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 5 แอมแปร์ จำนวน 2 ลูก สามารถทำงานต่อเนื่องได้ 1 ชั่วโมงครึ่ง ถึง 2 ชั่วโมง ถ้าเปลี่ยนใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ จะสามารถทำงานต่อเนื่องได้นานกว่า 10 เท่า และระยะเวลาคืนทุนคือ 144 ชั่วโมง หรือ 18 วัน

**คำสำคัญ:** ตัดแต่งกิ่ง; เงานะ; ทุเรียน;

#### ABSTRACT

The most important thing for horticulture production is pruning. Rambutan and durian production was recommended to do the pruning after 2-3 years growing. Even though currently the farmers prefer to maintain 4-5 m of tree height for the convenient crop protection management. However, the lack of skilled labor, high wage and the farmers become elder are the main problem. While the pruning is a backbreaking job that is hard for the senior farmers. There are several kind of machine and equipment that can use for pruning but it is not suitable and does not meet the farmer's need. The motor gear type cutter was developed which is light weight, the handle is adjustable and was powered by light battery. There are 2 kinds of developed motor gear type cutter that are powered by 160 watt DC motor. The handle was made of aluminum and it can be adjusted with 1.5 m handle length of each part, totally 3 parts. 2.5 mm<sup>2</sup> of electric wire and DC electric switch were applied. The prototype was developed 2 model; 7 inch 24 teeth circular saw type, the saw was driven by 1:3.6 gear ratio and 14 inch 5.5 teeth per inch traditional saw type, the saw was driven by 1:10 gear ratio, the movement was controlled by camshaft gear and the saw was covered by the

protector. The experiment's results showed the circular saw work capacity was 180 branches per hour at 2 inches at 5,500 rpm and the traditional saw work capacity was 180 branches per hour at 2 inches at 2,000 times per minute (saw stroke). The two units of 12 V 5 A battery enough supply for 1½ - 2 hour continuous working. While one unit of 12 V 100 A battery can increase 10 times working duration. And payback period is 144 hours or 18 days

**Keywords:** Pruning; Rambutan; Durian

## 6. คำนำ

การทำสวนผลไม้ เช่น เงาะ และทุเรียน เพื่อให้ได้รับความสำเร็จนั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับ การเลือกชนิด และพันธุ์ไม้ที่ดีมาปลูกแล้ว ยังขึ้นอยู่กับ การปฏิบัติในสวน และการดูแลรักษาอื่นๆ การตัดแต่งเป็นวิธีปฏิบัติใน สวนผลไม้อย่างหนึ่งที่ขาดไม่ได้ ในระยะแรกๆ ของการปลูกไม้ผล มีความจำเป็นต้องตัดแปลง หรือบังคับให้ต้นไม้ มีรูปร่าง และลักษณะตามที่ต้องการ เพื่อไม่ให้เกะกะ ในการปฏิบัติงานสวน และเกิดผลดี ในการออกดอกติดผล ในเวลาต่อไป การตัดแต่งเพื่อให้ต้นไม้มีรูปร่างตามต้องการนี้เรียกว่า "การแต่งทรงต้น" ซึ่งปกติ จะทำในระยะ ๒-๓ ปีแรกขณะที่ต้นไม้ยังมีขนาดเล็ก และอายุยังน้อยอยู่ พอต้นไม้โตขึ้น จนสามารถให้ดอกผลได้แล้ว จำเป็น จะต้องตัดกิ่ง ของพืชอบก้าง เพื่อให้ส่วนที่เหลือทำหน้าที่ในการให้ประโยชน์เต็มที่ การปฏิบัติเช่นกรณีหลังนี้ เรียกว่า "การตัดแต่งกิ่ง" (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2523) ในปัจจุบันเครื่องมือในการตัดแต่งกิ่งมีมาก แต่ ส่วนใหญ่เป็นแบบใช้แรงงาน ซึ่งแรงงานก็หายากและมีราคาแพง ส่วนเครื่องตัดแต่งกิ่งที่ใช้เครื่องยนต์ หรือใช้ มอเตอร์ยังมีน้ำหนักมากไม่สะดวกในการใช้งานในแปลง

ดังนั้นผู้วิจัยและคณะจึงคิดทำวิจัยเครื่องตัดแต่งกิ่งที่มีน้ำหนักเบาทำงานคล่องตัว และปลอดภัย โดยโดย เครื่องมือตัดแต่งกิ่งต้นแบบจะใช้มอเตอร์ขนาดเล็กที่มีน้ำหนักเบาและสร้างเกียร์ทดเพื่อเพิ่มแรงบิดให้มากพอ สำหรับการตัดแต่งกิ่งเงาะและทุเรียน ด้ามจับเป็นอะลูมิเนียมยึดหดได้จึงทำงานได้คล่องตัวทั้งการตัดแต่งกิ่งบนที่ สูงและด้านล่างก็ทำได้ง่าย นอกจากนี้จะใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานทำให้ปลอดภัยและทำงานสะดวกมากขึ้น

## 7. วิธีดำเนินการ

1. ศึกษาวิธีการตัดแต่งกิ่ง และเก็บข้อมูล ขนาดกิ่ง ความสูงในการตัดแต่งกิ่งเงาะและทุเรียน
2. ศึกษากลไกข้อต่อที่ยึดหด และล็อกของด้ามจับ
3. ทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมของเลื่อยวงเดือน และเลื่อยชัก
4. ออกแบบโครงสร้างเครื่องการวางตำแหน่งชุดเกียร์ทดกำลังและกลไกชักของเลื่อยวงเดือนและ เลื่อยชัก
5. สร้างเครื่องต้นแบบเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลัง ทั้งแบบเลื่อยวงเดือน และแบบ เลื่อยชัก
6. ได้ต้นแบบเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือนและแบบเลื่อยชัก

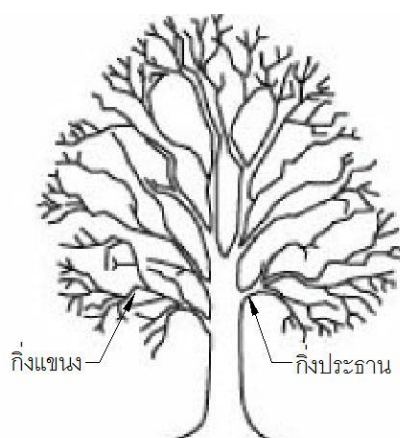
7. ทดสอบเบื้องต้นและปรับปรุงแก้ไขต้นแบบ
8. ทดสอบเก็บข้อมูลในพื้นที่สวนเกษตรกร
9. สรุปและรายงานผล

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 ผลการสำรวจสวนทุเรียน และ สวนเงาะ ของเกษตรกร ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี เพื่อวัดขนาดและความสูงของกิ่งทุเรียนและ กิ่งเงาะที่ต้องการทำการตัดแต่ง โดยเกษตรกรชื่อ นายทองหล่อ ผลกิจ อายุ 66 ที่อยู่เลขที่ 12 ม.2 ต.พลับพลา อ.เมือง จ.จันทบุรี เจ้าของสวนทุเรียนหมอนทอง อายุ 6 ปี จำนวน 22 ไร่ และสวนเงาะโรงเรียน อายุ 15 ปี จำนวน 5 ไร่ โดยสุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ต้น และวัดขนาดของกิ่งประธานและกิ่งแขนง (ภาพที่1) พบว่า ขนาดของกิ่งประธานและกิ่งแขนงของเงาะมีขนาดใหญ่กว่ากิ่งทุเรียน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงเฉลี่ย ของกิ่งทุเรียนที่ตัดแต่ง

		ขนาดกิ่ง(มิลลิเมตร)		ความสูงเฉลี่ย (เมตร)
		กิ่งประธาน	กิ่งแขนง	
ทุเรียน	ขนาดกิ่งเฉลี่ย	18.86	14.50	4.36
	ขนาดกิ่งที่ใหญ่ที่สุด	48	28.7	สูงที่สุด=5.75
เงาะ	ขนาดกิ่งเฉลี่ย	56	25	4.6
	ขนาดกิ่งที่ใหญ่ที่สุด	110	75	สูงที่สุด=6.4



ภาพที่ 1 ลักษณะของกิ่งไม้ (ดัดแปลงจาก เว็บไซต์ บ้านสวนพอเพียง)

ทุเรียนและเงาะมีความจำเป็นต้องมีการตัดแต่งทุกปีหลังจากการให้ผลผลิต เพื่อเป็นการเตรียมต้นสำหรับผลผลิตของปีถัดไป แต่ต้นทุเรียนมีการพัฒนากิ่งก้านหลังการตัดแต่งช้ากว่าเงาะมาก ดังนั้นจาก ตารางที่ 1 กิ่งทุเรียนที่ทำการตัดแต่งจะมีขนาดเล็กกว่ากิ่งเงาะมาก

## 8.2 ผลการศึกษาการเลือกข้อต่อการยึดหุด และล็อกของด้ามจับ



แบบที่ 1

แบบที่ 2

แบบที่ 3

เลือกแบบที่ 2

ภาพที่ 2 ข้อต่อด้ามยึดหุดแบบต่าง ๆ

ได้ศึกษาการเลือก ข้อต่อการยึดหุดและระบบการล็อกของด้ามจับ 3 แบบ คือ แบบที่ 1 เป็นแบบข้อต่อด้ามยึดหุดแบบล็อกด้วยกระเดื่อง ข้อดี คือ ล็อกและปลดล็อกได้เร็ว ล็อกได้แน่น ข้อเสีย คือ ก้านอลูมิเนียมอันบนมีการรีดเป็นร่องตลอดเส้นเพื่อเป็นร่องให้กระเดื่องกดลงไปได้แน่นพอดี ซึ่งการรีดเป็นร่องตลอดทั้งเส้นนี้ต้องผลิตมาจากโรงงาน แบบที่ 2 เป็น ข้อต่อด้ามยึดหุดแบบลูกเบี้ยวอยู่ด้านใน ข้อดี คือ ล็อกและปลดล็อกได้เร็ว ข้อเสีย คือ ล็อกไม่ค่อยแน่น และแบบที่ 3 เป็นแบบ ข้อต่อด้ามยึดหุดแบบคูปี้ง แคล้ม ข้อดี คือ ล็อกได้แน่นและแข็งแรง ข้อเสีย คือ ล็อก และปลดล็อกได้ช้า จากภาพที่ 2 แบบที่ 2 ข้อต่อด้ามยึดหุดแบบลูกเบี้ยวอยู่ด้านในด้ามยึดหุดแบบนี้ทำการล็อก และปลดล็อกได้เร็ว โดยเมื่อทำการบิดก้านไปประมาณ 90 องศา ลูกเบี้ยวจะแบ่งตัวใหญ่ขึ้นทำให้ล็อกเพลาได้ แต่ต้องมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยเพิ่มขนาดความยาวของลูกเบี้ยวขึ้นเพื่อเพิ่มขนาดผิวสัมผัสให้มากขึ้น และเปลี่ยนวัสดุจาก PE ซึ่งมีความแข็งแรงน้อย เป็นซูเปอร์ลีน ซึ่งมีความแข็งแรงและทนทานกว่าจึงเลือกระบบการยึดหุดและการล็อก แบบที่ 2

8.3 การทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการตัดไม้เงาะของเลื่อยวงเดือน (ภาพที่ 3) และ เลื่อยซีก (ภาพที่ 5) ได้ดำเนินการดังนี้

8.3.1 การทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการตัดไม้เงาะของเลื่อยวงเดือน โดยชุดทดสอบใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ หมุนด้วยความเร็ว 2,860 รอบต่อนาที ทดสอบเพื่อเพิ่มความเร็วรอบเพลาที่ติดเลื่อยวงเดือน ด้วยฟูลี่ ได้ความเร็วที่เพลาเลื่อยวงเดือน 11,440 รอบต่อนาที ทำการทดสอบโดยใช้อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วมอเตอร์ลงเพื่อให้ได้ความเร็วรอบของเลื่อยวงเดือนตามรอบที่ต้องการทดสอบ ตามตารางที่ 2



ภาพที่ 3 ทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมของเลื่อยวงเดือน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความเร็วรอบของเลื่อยวงเดือนขนาด 7 นิ้ว

ความเร็วรอบ	ความเร็วตัด	ระยะเวลาที่ใช้	การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า	หมายเหตุ
รอบ/นาที (rpm)	(เมตร/วินาที)	วินาที (s)	แอมแปร์ (A)	
3000	28	8	4.6	2
4000	38	7	4.6	2
5000	47	5	4.4	3
<b>6000</b>	<b>57</b>	<b>4</b>	<b>4.3</b>	<b>4</b>
7000	66	4	4.3	4

หมายเหตุ

1 = ตัดไม่ดีออกแรงผลักมาก

2 = ตัดดีพอใช้ออกแรงผลักน้อยกว่า 1

3 = ตัดดีออกแรงผลักน้อยกว่า 2

4 = ตัดดีมากออกแรงผลักน้อยกว่า 3

จากตารางที่ 2 เป็นผลการทดสอบความเร็วรอบสำหรับการตัดไม้เงาะขนาด 35 มิลลิเมตร ด้วยเลื่อยวงเดือนขนาด 7 นิ้ว 24 ฟัน ที่ 3,000, 4,000, 5,000, 6,000 และ 7,000 รอบ/นาที พบว่าความเร็วรอบที่ 5,000, 6,000 และ 7,000 รอบ/นาที ใช้ระยะเวลาในการตัด และพลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกันเนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้มีขนาดใหญ่และมีแรงบิดมาก จึงเห็นควรหาความเร็วที่เหมาะสมสำหรับการตัดใหม่ จึงออกแบบการทดลองใหม่โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 160 วัตต์ หมุนด้วยความเร็ว 20,000 รอบต่อนาที เปลี่ยนความเร็วรอบด้วยชุดเฟือง และทดสอบที่ความเร็วรอบ 5000, 5500, 6000 และ 6500 รอบต่อนาที ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ชุดทดสอบความเร็วรอบในการตัดไม้ของเลื่อยวงเดือน (ใช้มอเตอร์ขนาดเล็ก)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบตัดไม้เงาะขนาด 2 นิ้ว ด้วยเลื่อยวงเดือนขนาด 7 นิ้ว โดยมีมอเตอร์ขนาด 160 วัตต์ เป็นต้นกำลังที่ความเร็วรอบต่างๆกัน

ความเร็วรอบ รอบ/นาที	ความเร็วตัด (เมตร/วินาที)	พลังงานไฟฟ้า วัตต์	ระยะเวลาที่ใช้ตัด วินาที
5,000	47.1	121	4.9
<b>5,500</b>	<b>51.9</b>	<b>150</b>	<b>3.6</b>
6,000	56.6	153	4.2
6,500	61.3	112	5.0

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบตัดไม้ทุเรียนขนาด 2 นิ้ว ด้วยเลื่อยวงเดือนขนาด 7 นิ้ว โดยมีมอเตอร์ขนาด 160 วัตต์ เป็นต้นกำลังที่ความเร็วรอบต่างๆกัน

ความเร็วรอบ รอบ/นาที	ความเร็วตัด (เมตร/วินาที)	พลังงานไฟฟ้า วัตต์	ระยะเวลาที่ใช้ตัด วินาที
5,000	47.1	123	3.9
<b>5,500</b>	<b>51.9</b>	<b>150</b>	<b>2.5</b>
6,000	56.6	134	4.2
6,500	61.3	116	3.4

จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่ามอเตอร์ ขนาด 160 วัตต์ ตัดไม้เงาะได้ขนาดใหญ่สุด 2 นิ้ว แต่ต้องตัดด้วยความเร็วที่เหมาะสมในแต่ละความเร็วรอบ ถ้าตัดเร็วเกินไปจะทำให้รอบมอเตอร์ช้าลงจนหยุด ดังนั้นในขณะที่ตัดถ้าตัดด้วยความเร็วมากค่าการใช้กระแสไฟฟ้าก็สูงขึ้นด้วย ดังนั้นจากตารางที่ 3 และ 4 ที่ความเร็วรอบ 5,500 รอบต่อนาที เป็นความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุดเพราะใช้เวลาในการตัดน้อยที่สุด และสามารถดึงพลังงานของมอเตอร์มาใช้ได้มากที่สุดคือ 150 วัตต์โดยที่รอบของมอเตอร์ไม่ลดลงจนหยุดหมุน

จากความเร็วรอบที่เหมาะสมของเลื่อยวงเดือน สามารถคำนวณหาความเร็วเชิงเส้นของการตัดได้จากสมการ

ที่ (1) ดังสมการความเร็วการตัด (บริษัท เอสอี เพอร์เฟค วัน จำกัด, 2555)

จากสมการความเร็วการตัด

$$V = \pi \times d \times n / 1000 \times 60 \quad (1)$$

$$V = \frac{\pi \times d \times n}{1000 \times 60}$$

เมื่อ  $d$  = เส้นผ่าศูนย์กลางมีดตัด (มิลลิเมตร)  
 $n$  = ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)  
 $V$  = ความเร็วตัด (เมตร/วินาที)

แทนค่า  $n=5,500$  รอบ/นาที

$$V = \frac{\pi \times 180 \times 5,500}{1000 \times 60}$$

$$V = 51.9 \text{ เมตร/วินาที}$$

ซึ่งได้ความเร็วตัดของเลื่อยวงเดือนเท่ากับ 52 เมตร/วินาที

### 8.3.2 การทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการตัดไม้เงาะของเลื่อยชัก



ภาพที่ 5 ทดสอบความถี่ในการชักที่เหมาะสมของเลื่อยชัก



ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความความถี่การชักของการตัดไม้เงาขนาด 35 มิลลิเมตร ด้วยเลื่อยชัก

ความถี่การชัก	ระยะเวลาที่ใช้ตัด	การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า	หมายเหตุ
ครั้ง/นาที (rpm)	วินาที(s)	แอมแปร์(A)	
1,400	24	3.0	2
1,600	19	2.9	3
1,800	10	2.9	3
<b>2,000</b>	<b>9</b>	<b>3.0</b>	<b>4</b>
2,200	11	3.0	1

หมายเหตุ      1 = ตัดไม้ได้ออกแรงผลึกมาก                      2 = ตัดดีพอใช้ออกแรงผลึกน้อยกว่า 1  
                     3 = ตัดได้ออกแรงผลึกน้อยกว่า 2                      4 = ตัดดีมากออกแรงผลึกน้อยกว่า 3

จากตารางที่ 5 ความถี่การชักที่เหมาะสมคือ 2,000 ครั้ง/นาที เพราะใช้ระยะเวลาในการตัดน้อย ใช้พลังงานไม่ต่างกันมาก แต่ออกแรงผลึกน้อยกว่าที่ความถี่อื่น เนื่องจากที่ความถี่ในการชักที่ 1,800 และ 2,200 ครั้ง/นาที ปลายเลื่อยสะบัด เนื่องจากเป็นช่วงความถี่ที่ไม่เหมาะสม (เรโซแนนซ์ หรือ ความถี่ธรรมชาติ) สำหรับเลื่อยที่มีความหนา 1.2-1.5 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่มีขายทั่วไปในท้องตลาด

ที่ความถี่ 2,000 ครั้ง/นาที สามารถนำไปคำนวณความเร็วเชิงเส้นของการตัดได้ดังสมการ (2)

$$V = \frac{N \times L \times 2}{60} \quad (2)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วตัด (เมตร/วินาที)

N คือ รอบของเพลามอเตอร์ (รอบ/นาที)

L คือ ระยะชัก (เมตร)

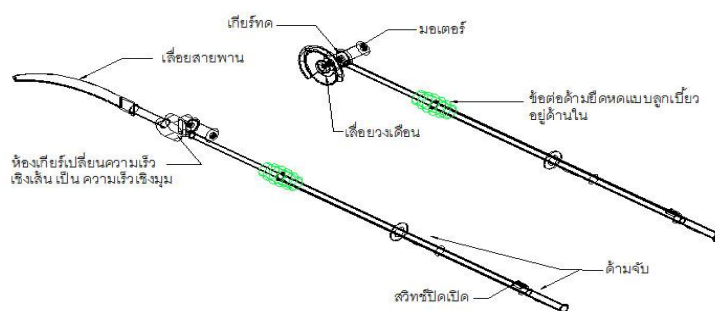
แทนค่าในสมการ

$$V = \frac{2,000 \times 0.02 \times 2}{60} \text{ (ระยะทางที่เลื่อยชักไปกลับ)}$$

$$V = 1.33 \text{ เมตร/วินาที}$$

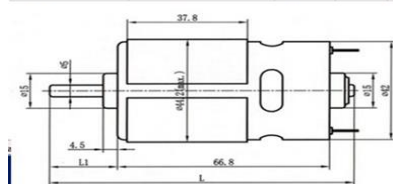
จะได้ความเร็วเชิงเส้นในการตัดของเลื่อยชักเท่ากับ 1.33 เมตร/วินาที

#### 8.4 ออกแบบโครงสร้างเครื่องชุดเกียร์ทดกำลังและกลไกชักของเลื่อยวงเดือนและเลื่อยชัก ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน และแบบเลื่อยชัก

Model	Voltage		No Load		At Max. Efficiency				Stall Torque		
	Operating Range(V)		Nominal V	Speed r.p.m	Current A	Speed r.p.m	Current A	Torque g.cm		Output W	Eff %
RS-770S-8613	6.0-9.0		7.2	12,800	3.00	10,900	12.00	500.0	55.94	64.7	3,368
RS-770S-9119	6.0-12.0		12.0	10,100	3.5	17,500	1.00	900	161.67	70.9	6,958
RS-770S-32250	12.0-40.0		24.0	2,250	0.160	1,750	0.35	350.0	6.29	74.8	1,575
RS-775S-5136	18.0-36.0		24.0	10,300	0.700	9,010	2.79	565.0	52.25	78.0	4,511
RS-775S-8014	6.0-20.0		18.0	19,500	2.70	17,040	18.70	1,560.0	272.86	81.1	12,366
RS-775S-8015	6.0-20.0		16.8	18,000	2.60	15,630	17.10	1,375.0	220.60	76.8	10,443

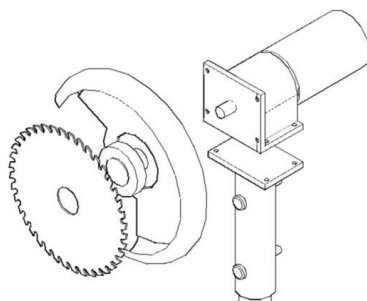


ภาพที่ 7 ลักษณะของมอเตอร์ที่ใช้กับเครื่องตัดแต่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลัง

เครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและทุเรียนคุณภาพ ถูกออกแบบให้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็ก 12 โวลต์ (ภาพที่ 7) โดยใช้มอเตอร์ รุ่น RS-770S-9119 ความเร็วรอบ 17,500 รอบ/นาที มีน้ำหนักเบา (350 กรัม) เป็นต้นกำลัง ระบบส่งกำลังของเลื่อยวงเดือน และ เลื่อยชัก ใช้การทดรอบด้วยชุดเกียร์ทด อัตราทด 1:36 และอัตราทด 1:10 เพื่อให้เกิดแรงบิดมากพอสำหรับการตัดแต่งกิ่งไม้ ส่วนประกอบที่เป็นค้ำจับทำจาก อลูมิเนียม ซึ่งมีน้ำหนักเบาแต่แข็งแรง สามารถยึดและหัดได้ สะดวกรวดเร็วเพราะไม่มีแกนเพลาชั้บอยู่ตรงกลาง เครื่องตัดแต่งกิ่งทั้งสองแบบใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบาแต่มีประสิทธิภาพสูง สามารถชาร์จไฟได้ และสามารถชาร์จประจุไฟจากแบตเตอรี่ของ รถยนต์ รถอีแต่นหรือรถแทรกเตอร์ได้ ทำให้สามารถทำงานได้ทั้งวันโดยไม่ต้องกังวลเรื่องแบตเตอรี่หมด

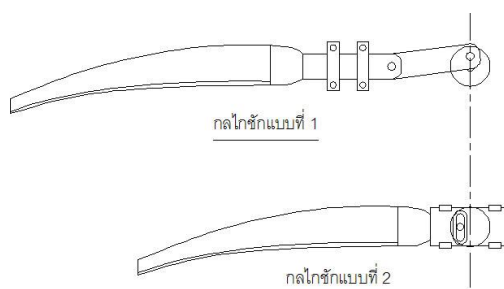
### การออกแบบเครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังมีดังต่อไปนี้

#### 8.4.1 ออกแบบการวางมอเตอร์และการยึดจับเลื่อยวงเดือน พร้อมชุดป้องกันใบเลื่อย (ภาพที่ 8)



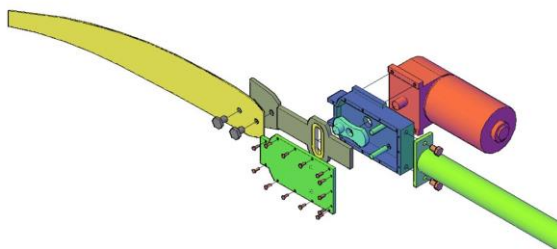
ภาพที่ 8 ส่วนประกอบเครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน

8.4.2 ออกแบบระบบกลไกสำหรับใช้ชักเลื่อยชัก โดยออกแบบกลไก 2 แบบคือ แบบที่ 1 เป็นระบบกลไกชักแบบทั่วไป พบว่ามีระยะชักยาวมาก และมีน้ำหนักมาก ไม่เหมาะสมในการใช้งาน แบบที่ 2 มีระยะชักที่สั้นกว่ามาก ทำให้อุปกรณ์ตัดแต่งกิ่งแบบเลื่อยชักมีขนาดกะทัดรัดและมีน้ำหนักเบา (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบลักษณะกลไกชักของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบเลื่อยชัก 2 แบบ

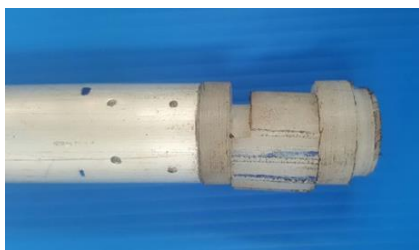
8.4.3 ออกแบบห้องกลไกชักเลื่อย ของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยชัก  
ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ห้องกลไกชักเลื่อย ของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยชัก

8.5 สร้างเครื่องต้นแบบเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลัง ทั้งแบบเลื่อยวงเดือน และแบบเลื่อยชักดังนี้

8.5.1 สร้างด้ามจับที่ทำจากอลูมิเนียมให้สามารถยึดและหดได้ โดยด้ามจับมีความยาว 4.5 เมตร แบ่งเป็นข้อต่อ 3 ท่อน แต่ละท่อนยาว 1.5 เมตร โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนล่าง กลางและบน เป็นขนาด 1 นิ้ว 2 หุน ขนาด 1 นิ้ว 1 หุน และขนาด 1 นิ้ว โดยมีลูกเบี้ยวเป็นกลไกล็อก ดังภาพที่ 11 และ 12



ภาพที่ 11 ลูกเบี้ยว (ทำจากซูเปอร์สตีล)



ภาพที่ 12 ด้ามจับแบบยึดหด

8.5.2 สร้างห้องเกียร์ ของต้นแบบที่ใช้เลื่อยวงเดือน โดยมีเฟืองฟันตรง โมดูล 1 ขนาด 10 ฟัน เป็นตัวขับ และ ขนาด 36 ฟัน เป็นตัวตาม ของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน (อัตราทด 1:3.6) และชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังภาพที่ 13 และ 14



ภาพที่ 13 ห้องเกียร์เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน



ภาพที่ 14 ส่วนประกอบของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน

8.5.3 สร้างห้องเกียร์ ของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยชัก ที่มีชุดเฟืองทด 2 ชั้น โดยชั้นแรก เป็นเฟือง โมดูล 0.5 14 ฟัน เป็นตัวขับ และ 45 ฟัน เป็นตัวตาม ชั้นที่ 2 เป็นเฟืองโมดูล 0.75 10 ฟัน ทดกับเฟือง 31 ฟัน ได้อัตราทด 1:10 และห้องกลไกชักเลื่อย ทำจากวัสดุ อลูมิเนียม ระยะชัก 2 เซนติเมตร ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ห้องเกียร์ (ซ้าย) และห้องลูกเบี้ยว (ขวา) ของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยชัก

8.6 ต้นแบบและการทดสอบเบื้องต้นของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน และแบบเลื่อยชัก ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 การทดสอบต้นแบบเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน(ซ้าย)  
แบบเลื่อยชัก (ขวา)

### 8.7 การทดสอบเบื้องต้นและปรับปรุงแก้ไขต้นแบบครั้งที่ 1

จากการทดสอบใช้งานเบื้องต้นของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยชัก พบว่าสามารถตัดกิ่งเงาะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตสูงสุด 75 มิลลิเมตร แต่พบว่ากลไกลูกเบี้ยวซึ่งทำจากอลูมิเนียม (ภาพที่ 17 ซ้าย) ทำงานได้ไม่ดี สลักลูกเบี้ยวหลุดบ่อย และเสียดสีกับห้องลูกเบี้ยว ดังนั้นจึงแก้ปัญหาโดยเปลี่ยนวัสดุจากอลูมิเนียมเป็นเหล็ก (ภาพที่ 17 ขวา) และเชื่อมติดกับสลักให้แข็งแรงยิ่งขึ้น และต้องทำการทดสอบการใช้งานในระยะยาวต่อไปเพื่อหาข้อบกพร่อง และทำการแก้ไขต่อไป



ภาพที่ 17 ลักษณะลูกเบี้ยวอลูมิเนียม (ซ้าย) และลูกเบี้ยวเหล็ก (ขวา) ของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังและเลื่อยชัก

ผลการทดสอบตัดแต่งกิ่งเงาะ โดยใช้เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังทั้งแบบเลื่อยวงเดือน และแบบเลื่อยชัก ในพื้นที่สวนสามารถสรุปข้อดีและข้อด้อยของทั้งสองเครื่องได้ดังนี้

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบข้อดี และข้อด้อยของเครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน กับแบบเลื่อยชัก

เครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน	เครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยชัก
<p><b>ข้อดี</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตัดกิ่งไม้ขนาดเล็กได้</li> <li>2. ตัดกิ่งไม้ได้เร็วกว่าแบบเลื่อยชักมาก</li> <li>3. ชิ้นส่วนน้อย จึงมีการสึกหรอและการบำรุงรักษาที่น้อย</li> </ol>	<p><b>ข้อดี</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ลักษณะการทำงานของเลื่อยชักไม่อันตรายเหมือนเลื่อยวงเดือน</li> <li>2. มีฝุ่นและเศษไม้ฟุ้งกระจายน้อยกว่าเลื่อยวงเดือน</li> <li>3. มีเสียงดังในขณะที่เครื่องทำงานน้อยกว่าแบบเลื่อยวง</li> </ol>

<p>4. มีแรงสั่นสะเทือนที่ด้ามจับน้อยกว่าแบบเลื่อยชัก</p> <p><b>ข้อดี</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ลักษณะการหมุนของเลื่อยวงเดือนอันตรายเนื่องจากรอบการหมุนที่สูงถึง 5,500 รอบต่อนาที</li> <li>2. มีฝุ่นและเศษไม้ปลิวไปเข้าตาและจมูกผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นในการทำงานจึงต้องสวมแว่นตาและผ้าปิดจมูก</li> <li>3. มีเสียงดังขณะทำงานมากกว่าแบบเลื่อยชัก เนื่องจากความเร็วในการหมุนของใบเลื่อยวงเดือน</li> </ol>	<p>เดือน</p> <p>4.สามารถตัดกิ่งไม้ได้ใหญ่กว่าเลื่อยวงเดือนคือตัดได้ถึงขนาด 4 นิ้ว</p> <p><b>ข้อดี</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตัดกิ่งไม้ขนาดเล็กไม่ได้ เพราะกิ่งขนาดเล็กจะโยกตามจังหวะชักของเลื่อย</li> <li>2. ตัดกิ่งไม้ได้ช้ากว่าแบบเลื่อยวงเดือน</li> <li>3. มีชิ้นส่วนมาก จึงมีการสึกหรอและการบำรุงรักษาที่มากกว่า</li> <li>4. มีแรงสั่นสะเทือนที่ด้ามจับมากกว่าแบบเลื่อยวงเดือนเนื่องจากการหมุนของชุดลูกเบี้ยว</li> </ol>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



ภาพที่ 18 ลักษณะของรอยตัดที่ตัดด้วยเลื่อยวงเดือน (ซ้าย) และเลื่อยชัก (ขวา)

จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังทั้งแบบเลื่อยวงเดือนและแบบเลื่อยชักมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันไป เลื่อยวงเดือนเป็นเลื่อยที่เหมาะสมกับการตัดกิ่งไม้ขนาดเล็กที่ขนาดไม่เกิน 2 นิ้ว สามารถตัดกิ่งไม้ได้เร็วมีความคล่องตัว สามารถพลิกตัดกิ่งไม้ทั้งด้านบนด้านล่างหรือตะแคงตัดสามารถทำได้ง่ายกว่าเลื่อยชัก แต่มีข้อด้อยคือมีฝุ่นจากเศษไม้กระเด็นเข้าตาในขณะทำงาน ดังนั้นจึงควรสวมแว่นตาและผ้าปิดจมูกในขณะทำงาน ส่วนเลื่อยชักมีแรงสั่นสะเทือนที่ด้ามจับ แต่สามารถตัดกิ่งไม้ขนาดใหญ่กว่าเลื่อยวงเดือนคือตัดได้ถึงขนาด 4 นิ้ว มีฝุ่นน้อย ในการตัดกิ่งไม้ที่เอียงหรือราบขนานกับพื้นดินสามารถตัดได้ง่ายเบามือแต่กิ่งที่ตั้งตรงตัดได้ยากเพราะต้องตะแคงเลื่อยตัด ไม้จะหนีเลื่อยได้ง่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทักษะและความชำนาญของผู้ใช้ด้วย

ปัญหาของการตัดแต่งกิ่งไม้ที่มีน้ำหนักมากหรือมีขนาดใหญ่โดยใช้เลื่อยชักนั้น หากมีการตัดกิ่งไม้จากด้านบนลงมาในครั้งเดียวจะทำให้กิ่งไม้ฉีกขาดได้ (ภาพที่ 18 ขวา) ส่งผลให้กิ่งไม้ติดอยู่กับต้นได้รับความเสียหายและอาจทำให้เกิดโรคได้ และการใช้เลื่อยตัดกิ่งไม้ขนาดใหญ่ ในขณะตัด กิ่งไม้อาจจะหนีใบเลื่อยติดแน่นทำให้ไม่สามารถตัดต่อไปได้ จึงมีวิธีการแก้ไขคือ ต้องตัดกิ่งไม้จากด้านล่างเปิดเป็นร่องไว้ ก่อนที่จะตัดจากด้านบนลงมา

มาให้ตรงกับตำแหน่งรอยตัดด้านล่าง กิ่งไม้จะหักยุบตัวลงตรงร่องที่เปิดจากด้านล่างครั้งแรก ทำให้ลดโอกาสที่กิ่งไม้จะฉีก และหนีบใบเลื่อยได้ ซึ่งทำให้สามารถตัดกิ่งไม้ที่มีขนาดใหญ่ได้มากขึ้น

ในกรณีของเลื่อยวงเดือนสามารถพลิกเลื่อยแล้วตัดกิ่งไม้จากด้านล่างหรือด้านบนได้ง่าย แต่ในกรณีของเลื่อยซีกซึ่งมีลักษณะโค้งมีฟันเลื่อยเฉพาะด้านล่างลักษณะของเลื่อยไม่เหมาะที่จะพลิกเลื่อยตัดเปิดกิ่งไม้จากด้านล่าง จึงจำเป็นที่จะต้องดัดแปลงเลื่อย หรือทำเลื่อยขึ้นมาใหม่ให้มีฟันทั้งด้านบนและด้านล่าง (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 ตัวอย่างเลื่อยซีกที่ปรับปรุงให้มีฟันทั้งด้านบนและด้านล่าง (วิชา หมั่นทำการ)

## 8.8 การแก้ไข ปรับปรุง และทดสอบต้นแบบครั้งที่ 2

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังทั้งแบบเลื่อยวงเดือนและเลื่อยซีก โดยมีรายละเอียดดังนี้

8.8.1 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน ของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน จึงได้ปรับปรุงการ์ดป้องกันใบเลื่อยวงเดือนใหม่ (ภาพที่ 20) เป็นการ์ดสองชั้น ให้มีขนาดที่เหมาะสม คือ โตกว่าใบเลื่อยวงเดือน 10 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีระยะห่างระหว่างใบเลื่อยวงเดือนและการ์ด 5 มิลลิเมตร หากมีอุบัติเหตุใบเลื่อยหลุด ใบเลื่อยจะหมุนอยู่ในการ์ด และไม่หลุดออกจากรัดได้ แต่การถอดหรือใส่ใบเลื่อยจะต้องมีขั้นตอนเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 20 การ์ดป้องกันใบเลื่อยของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือนแบบเดิม (ซ้าย) และแบบใหม่ที่เป็นการ์ดสองชั้น(ขวา)



8.8.2 เพื่อเป็นการป้องกันสกรูคลายตัวระหว่างทำงานของเลื่อยวงเดือน จึงได้เปลี่ยนระบบการล็อกที่สลักเพลาน้ำแปลนจากสกรูเกลียวหอนอน (ภาพที่ 21 ซ้าย) เป็นการล็อกแบบร้อยทะลุผ่านแทน (ภาพที่ 21 ขวา) ตัวล็อกจะยึดเพลากับตุ้ม ทำให้ยึดเลื่อยวงเดือนแน่นไม่หลุด จึงปลอดภัยกว่าการใช้สกรูจึ๊ตติดกับเพล



ภาพที่ 21 สลักเพลาน้ำแปลนเลื่อยวงเดือน

8.8.3 เพื่อป้องกันการฉีกขาดระหว่างการตัดโดยใช้เลื่อยชัก เมื่อตัดกิ่งไม้ขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ได้ทำการปรับปรุงเลื่อยชักที่มีฟันเลื่อยด้านล่างด้านเดียว (ภาพที่ 22) เป็นเลื่อยชักที่มีฟันเลื่อยทั้งด้านล่างและด้านบน (ภาพที่ 23) โดยฟันเลื่อยด้านบนจะทำหน้าที่เลื่อยเปิดร่องด้านล่างกิ่งไม้ก่อน



ภาพที่ 22 ลักษณะเลื่อยชักโดยทั่วไป



ภาพที่ 23 ลักษณะเลื่อยชักที่ทำการดัดแปลงให้มีฟันเลื่อยด้านบน

หลังจากปรับปรุงข้อบกพร่องได้ทำการทดสอบเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลัง ทั้งแบบเลื่อยวงเดือนและแบบเลื่อยชัก โดยทดสอบในพื้นที่แปลงเงาะโรงเรียนของนางทิพย์วรรณ ชูแสงสี เกษตรกร ม.9 ต.กะแตะ อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี อายุ 20 ปี ระยะปลูก 8x10 ในพื้นที่ 1 ไร่ ทำการทดสอบจำนวน 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ตัดกิ่งจากด้านบนลงมาจนขาด และ วิธีที่ 2 ตัดกิ่งเปิดจากด้านล่างขึ้นไปก่อนแล้วจึงตัดจากด้านบนลงมาจนขาด (เพื่อป้องกันการฉีกขาดของกิ่งไม้ที่ตัด)

สุ่มตัวอย่างวิธีละ 3 ต้น โดยทดสอบเก็บข้อมูลเปรียบเทียบการตัดแต่งกิ่งทั้งสองวิธี ผลการทดสอบตัดกิ่งเงาะด้วยเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบเกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน ดังตารางที่ 4 และ ผลการทดสอบตัดกิ่งเงาะด้วยเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบเกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยชักดังตารางที่ 5



ภาพที่ 24 การทดสอบเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบเกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน (ซ้าย) และแบบเลื่อยชัก (ขวา)



ภาพที่ 25 ลักษณะชิ้นไม้ที่ตัดด้วยเลื่อยวงเดือน (ซ้าย) และเลื่อยชัก (ขวา)

ตารางที่ 7 การทดสอบตัดแต่งกิ่งเงาะ โดยใช้เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน

ขนาดไม้ (นิ้ว)	จำนวน ครั้งที่ ทดสอบ	เวลาในการตัด (วินาที)		พลังงานไฟที่ใช้ (วัตต์)	
		วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2
1	1	1	3	135.5	122.6
	2	1	6	135.0	145.7
	3	1	6	136.9	135.2
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>135.8</b>	<b>134.5</b>
2	1	16	26	172.3	178.5
	2	17	53	199.0	188.4
	3	18	27	186.2	207.5
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>17</b>	<b>35</b>	<b>185.8</b>	<b>191.5</b>
3	1	38	36	236.9	195.4
	2	45	38	207.0	196.9
	3	52	38	219.0	211.6
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>45</b>	<b>37</b>	<b>220.9</b>	<b>201.3</b>

หมายเหตุ : วิธีที่ 1 คือ..ตัดกิ่งจากด้านบนลงมาจนขาด

วิธีที่ 2 คือ ตัดกิ่งจากด้านล่างขึ้นไปครึ่งหนึ่ง แล้วจึงตัดจากด้านบนลงมาจนขาด

จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าการตัดกิ่งไม้เงาะที่ขนาด 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว ด้วยเลื่อยวงเดือน โดยวิธีที่ 1 (ตัดกิ่งจากด้านบนลงมาจนขาด)จะตัดได้เร็วกว่าวิธีที่ 2 (ตัดกิ่งเปิดจากด้านล่างขึ้นไปก่อนแล้วจึงตัดจากด้านบนลงมาจนขาด)โดยเฉพาะที่กิ่งไม้ขนาด 1 นิ้ว สามารถตัดให้ขาดได้เพียงครั้งเดียว ในขณะที่กิ่งไม้ขนาด 2 นิ้ว ก็สามารถตัดให้ขาดได้ทันที ที่พื้นเลื่อยลงไปเพียงไม่กี่ครั้ง ดังนั้น กิ่งไม้เงาะขนาด 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว มีความเหมาะสมสำหรับการตัดให้ขาดโดยตัดจากด้านบนลงมา หากตัดด้วยวิธีที่ 2 จะเสียเวลาพลิกเลื่อยในการตัดล่างและบน ทำให้ใช้เวลามากกว่า ส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน แต่ที่กิ่งไม้ขนาด 3 นิ้ว มีพื้นที่หน้าตัดมากและขณะเดียวกันเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบเลื่อยวงเดือนมีอัตราทดของเกียร์ทดต่ำ ทำให้มีแรงบิดน้อย การตัดแบบวิธีที่ 2 จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า นอกจากจะช่วยลดการฉีกขาดของกิ่งไม้ที่ตัดแล้ว การตัดทั้งข้างล่างและข้างบนยังช่วยลดภาระการทำงานของเครื่อง ทำให้ใช้พลังงานน้อยกว่าด้วย

เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือนเหมาะสมกับการตัดแต่งกิ่งไม้ขนาดเล็กจนถึงขนาด 2 นิ้ว และไม่เหมาะสมกับการตัดกิ่งไม้ที่มีขนาดใหญ่กว่า 3 นิ้ว เพราะกิ่งไม้จะติดแกนหมุนของเลื่อยวงเดือน และแรงบิดของเลื่อยวงเดือนน้อยไม่เหมาะสมกับการตัดกิ่งไม้ขนาดใหญ่

ตารางที่ 8 การทดสอบตัดแต่งกิ่งเงาะ โดยใช้เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยชัก

ขนาดไม้ (นิ้ว)	ครั้งที่ ทดสอบ	เวลาการ (วินาที)		พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)	
		วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2
1	1	15	28	158.4	134.5
	2	12	23	149.6	154.6
	3	12	27	142.2	148.1
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>13</b>	<b>26</b>	<b>150.2</b>	<b>145.8</b>
2	1	19	28	195.5	166.1
	2	16	39	214.0	163.0
	3	20	36	166.3	178.4
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>18</b>	<b>34</b>	<b>192.3</b>	<b>169.1</b>
3	1	58	36	193.6	186.5
	2	40	37	254.9	186.7
	3	36	46	242.3	188.8
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>45</b>	<b>40</b>	<b>230.5</b>	<b>187.3</b>

4	1	76	53	252.5	197.6
	2	94	49	212.0	194.5
	3	99	37	214.7	153.8
	<b>เฉลี่ย</b>	<b>90</b>	<b>46</b>	<b>198.2</b>	<b>182.1</b>

หมายเหตุ : วิธีที่ 1 คือ..ตัดกิ่งจากด้านบนลงมาจนขาด

วิธีที่ 2 คือ ตัดกิ่งจากด้านล่างขึ้นไปครึ่งหนึ่ง แล้วจึงตัดจากด้านบนลงมาจนขาด

จากตารางที่ 8 การตัดกิ่งไม้เงาะด้วยเลื่อยชัก สำหรับไม้ขนาด 1 - 2 นิ้ว ควรตัดด้วย วิธีที่ 1 จะทำให้สามารถตัดได้เร็วกว่าวิธีที่ 2 เพราะไม่ต้องเสียเวลาตัดทั้งบนและล่าง และใช้พลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกัน ส่วนการตัดกิ่งไม้ ที่ขนาด 3 -4 นิ้ว ควรตัดด้วยวิธีที่ 2 จะตัดได้เร็วกว่า และใช้พลังงานน้อยกว่า เนื่องจากกิ่งไม้ขนาดใหญ่มีน้ำหนักมาก เมื่อเราตัดเปิดกิ่งไม้จากข้างล่างขึ้นไปก่อน แล้วตัดจากข้างบนลงมา ไม้ก็หักลงมาเองด้วย น้ำหนักของกิ่ง ทำให้ใช้เวลาในการตัดน้อยกว่ามาก

เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยชักเหมาะสมกับการตัดแต่งกิ่งไม้ที่ขนาด 1 - 4 นิ้ว ถ้ากิ่งไม้เล็กมากกิ่งไม้จะโยกตามจังหวะการชักของเลื่อยจึงไม่สามารถตัดได้ และที่กิ่งไม้ขนาดใหญ่ 3 - 4 นิ้ว ควรตัดกิ่งไม้ด้วยวิธีที่ 2 คือ ตัดกิ่งเปิดจากด้านล่างขึ้นไปก่อนแล้วจึงตัดจากด้านบนลงมาจนขาดเพื่อช่วยลดระยะเวลา และพลังงานในการตัด และช่วยแก้ปัญหาการฉีกขาดของกิ่งไม้ที่ตัด

ตารางที่ 9 การทดสอบตัดแต่งกิ่งทุเรียนโดยใช้เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน

ขนาดไม้(นิ้ว)	ครั้งที่ทดสอบ	พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)	เวลาการ (วินาที)
1"	1	239.4	1.2
	2	200.0	1.3
	3	205.5	1.6
<b>เฉลี่ย</b>		215.0	1.4
2"	1	418.6	8.1

	2	405.6	10.9
	3	442.2	10.9
เฉลี่ย		422.1	10.0
3"	1	489.1	21.0
	2	406.6	16.9
	3	453.6	14.6
เฉลี่ย		449.8	17.5

ตารางที่ 10 การทดสอบตัดแต่งกิ่งทุเรียน โดยใช้เครื่องตัดแต่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลี้ยววงซีก

ขนาดไม้(นิ้ว)	ครั้งที่ทดสอบ	พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)	เวลาการ (วินาที)
1"	1.0	157.3	6.1
	2.0	151.4	6.7
	3.0	151.4	7.2
เฉลี่ย		153.4	6.7
2"	1.0	206.4	7.8
	2.0	204.9	8.2

	3.0	252.8	8.8
เฉลี่ย		221.4	8.3
3"	1.0	277.6	32.7
	2.0	265.1	29.1
	3.0	287.3	27.4
เฉลี่ย		276.7	29.7
4"	1.0	252.6	51.3
	2.0	241.0	67.6
	3.0	264.9	60.9
เฉลี่ย		252.8	59.9

จากตารางที่ 10 และ 11 การตัดแต่งกิ่งทุเรียนด้วยเลื่อยวงเดือนและเลื่อยชัก ใช้เวลาน้อยกว่าการตัดกิ่งเงาะมาก เพราะไม้เงาะมีความแข็งกว่าไม้ทุเรียนมาก เพราะฉะนั้นการตัดไม้ทุเรียนจึงสามารถตัดให้ขาดได้ง่าย โดยการตัดจากด้านบนเพียงอย่างเดียว ยกเว้นในกรณีตัดกิ่งไม้ขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากและไม่ต้องการให้กิ่งฉีกขาดเป็นแผลใหญ่ก็ควรจะใช้วิธีตัดทั้งล่างและบน

### 8.9 การแก้ไข ปรับปรุง และทดสอบต้นแบบครั้งที่ 3

หลังจากการทดสอบ พบว่าเครื่องตัดแต่งกิ่งมอเตอร์ทดกำลังแบบเลื่อยชักและเลื่อยวงเดือน ยังมีปัญหาในการใช้งาน เรื่องอะไร ที่มีปัญหา ให้ระบุ จึงทำการปรับปรุง แก้ไขดังนี้

#### 8.9.1 การปรับปรุง ก้านชักและห้องเสื้อของเครื่องตัดแต่งกิ่งมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยชัก

เนื่องจาก ก้านชักและห้องกลไกชักมีการสึกหรอมาก หลังจากใช้งาน จึงปรับปรุง เปลี่ยนวัสดุก้านชักจากอลูมิเนียม เป็นเหล็ก และห้องกลไกชักแทรกทองเหลืองเป็นผิวสัมผัสกับก้านชัก (ภาพที่ 26 ขวา) เพื่อให้



ผิวมีความลื่นและแข็งแรง และใช้จารบีเป็นวัสดุหล่อลื่นทั้งในห้องเกียร์และห้องกลไกชัก (ภาพที่ 27)

ภาพที่ 26 ก้านชักและห้องกลไกชักแบบอลูมิเนียม (ซ้าย) ก้านชักเหล็กและห้องกลไกชักแทรกเนื้อ (insert) ทองเหลือง(ขวา)

#### 8.9.2 การปรับปรุงห้องเกียร์ของเครื่องตัดแต่งกิ่งมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน

เนื่องจากตำแหน่งของมอเตอร์ของเครื่องตัดแต่งกิ่งมอเตอร์เกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือน ที่อยู่ด้านบนของห้องเกียร์ (ภาพที่ 28) ซึ่งเป็นอุปสรรคเวลาใช้คมตัดด้านบนตัดกิ่งไม้ จึงปรับปรุงให้มอเตอร์อยู่ด้านล่างห้องเกียร์ (ภาพที่ 28)



ภาพที่ 27 ตำแหน่งมอเตอร์แบบเดิมอยู่ที่หัวห้องเกียร์



ภาพที่ 28 ตำแหน่งมอเตอร์ที่ปรับให้อยู่ด้านล่างห้องเกียร์

ทำการทดสอบเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลัง ทั้งแบบเลื่อยวงเดือนและแบบเลื่อยชักหลัง การปรับปรุง ในพื้นที่แปลงเกษตรกร จำนวน 2 ราย ดังนี้

รายที่ 1 นาย ประสิทธิ์ สมรภูมิ อายุ 37 ปี บ้านเลขที่ 117 ต.ปรางผล อ.สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี แปลงเงาะโรงเรียน อายุ 10 ปี ระยะปลูก 8x10 เมตร จำนวน 1 ไร่ ทดสอบโดยใช้เลื่อยวงเดือนตัดแต่งทรงพุ่ม (ภาพที่ 29) ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มเฉลี่ย 7 เมตร ความสูงเฉลี่ย 6 เมตร ผลการทดสอบดังตารางที่ 6 ใช้เวลาต่อต้นเฉลี่ย 17 นาที





ภาพที่ 29 เงาะโรงเรียน อายุ 10 ปี จำนวน 1 ไร่

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบตัดแต่งกิ่งเงาะโรงเรียนด้วยตัดแต่งกิ่งแบบเลื่อยวงเดือน

ต้นที่	เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม (เมตร)	ความสูงต้น (เมตร)	เวลาในการตัดแต่ง (นาที)
1	6.9	5.9	16
2	7.2	6.3	22
3	7.1	5.8	20
4	6.8	5.7	18
5	7.3	6.2	24
6	6.9	5.9	19
เฉลี่ย	7.0	6.0	17

รายที่ 2 นายสมหมาย ชัยย่อย เลขที่ 27 ม.1 ต.พลับพลา อ.เมือง จ.จันทบุรี แปลงเงาะโรงเรียน อายุ 15 ปี ใช้เลื่อยชักทำการตัดแต่งกิ่งแบบหนักรหรือการทำสาว (ภาพที่ 30) ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มเฉลี่ย 8 เมตร ความสูงเฉลี่ย 7.2 เมตร จำนวนกิ่งที่ตัด 47 (กิ่ง) ผลการทดสอบดังตารางที่ 7 ใช้เวลาต่อต้นเฉลี่ย 45 นาที



ภาพที่ 30 การตัดแต่งเงาะแบบแต่งหนัก หรือทำสาวเงาะ

ตารางที่ 12 ผลการตัดแต่งกิ่งเงาะโรงเรียนจำนวนกิ่งที่ตัดและระยะเวลาในการตัดแต่งกิ่งโดยใช้เลื่อยวงเดือน

ต้นที่	เส้นผ่าศูนย์กลาง	ความสูงต้น	จำนวนกิ่งที่ตัด	เวลาในการตัดแต่ง
	ทรงพุ่ม (เมตร)	(เมตร)	(กิ่ง)	(นาที)
1	8.7	6.7	74.0	52.0
2	7.5	7.3	31.0	41.0
3	7.7	7.5	36.0	45.0
เฉลี่ย	8.0	7.2	47.0	46.0

ตารางที่ 13 ผลการตัดแต่งกิ่งเงาะโรงเรียนจำนวนกิ่งที่ตัดและระยะเวลาในการตัดแต่งกิ่งโดยใช้เลื่อยซัค

ต้นที่	เส้นผ่าศูนย์กลาง	ความสูงต้น	จำนวนกิ่งที่ตัด	เวลาในการตัดแต่ง
	ทรงพุ่ม (เมตร)	(เมตร)	(กิ่ง)	(นาที)
1	7.2	6.5	38.0	42.0
2	8.3	7.6	68.0	48.0
3	7.8	7.4	53.0	45.0
เฉลี่ย	7.8	7.2	53.0	45.0

จากตารางที่ 11 สามารถสรุปได้ว่า ในการตัดแต่งทรงพุ่มไม้เงาะอายุ 10 ปี ควรใช้เลื่อยวงเดือนในการตัดแต่งกิ่ง เพราะกิ่งเงาะมีขนาดไม่ใหญ่มาก เลื่อยวงเดือนสามารถตัดแต่งได้เร็ว โดยใช้เวลาต่อต้นประมาณ 15 ถึง 25 นาที ส่วนในตารางที่ 12 และ 13 เป็นการตัดแต่งกิ่งไม้เงาะแบบหนัก หรือทำสาว ในไม้เงาะขนาด 15 ปี ซึ่งเป็นไม้ผลขนาดกลางทรงพุ่มและขนาดกิ่งยังไม่ใหญ่มาก ประมาณ 1-2 นิ้ว จะเลือกใช้เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบเลื่อยวงเดือนหรือเลื่อยซัคก็ได้ ซึ่งจะใช้เวลาในการตัดแต่งกิ่งใกล้เคียงกัน ประมาณ 40 ถึง 50 นาที ตรงตามผลการทดลองในตารางที่ 7 และ 8 แต่ถ้าเป็นกรณีทีในปีก่อน ๆ เคยมีการตัดแต่งทรงพุ่มมาแล้ว ควรเลือกใช้เลื่อยวงเดือน ซึ่งจะสามารถตัดแต่งได้เร็วขึ้น แต่การเลือกใช้เลื่อยและระยะเวลาในการตัดแต่งกิ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับทักษะและความชำนาญของผู้ใช้ด้วย

รายชื่อ 3 ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สวนทุเรียนหมอนทอง อายุ 20 ปี ระยะปลูก 10x8 เมตร จำนวน 5 ไร่ (ภาพที่ 31)



ภาพที่ 31 การตัดแต่งกิ่งทุเรียน ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบเครื่องตัดแต่งกิ่ง ทุเรียน โดยใช้เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบ เลื่อยชัก

ต้นที่	เส้นผ่าศูนย์กลาง ทรงพุ่ม (เมตร)	ความสูงต้น (เมตร)	จำนวนกิ่งที่ตัด (กิ่ง)	เวลาในการตัดแต่ง (นาที)
1	6.0	6.5	6.0	2.20
2	6.5	7.3	4.0	2.40
3	3.9	5.6	2.0	0.36
4	5.0	5.0	2.0	0.58
5	8.0	8.7	2.0	0.20
6	4.5	5.0	1.0	1.26
7	4.6	6.8	3.0	1.50
8	3.6	4.0	2.0	2.58
9	7.6	8.2	2.0	1.20
10	6.4	7.5	5.0	14.34

จากการทดสอบการใช้งานแบบต่อเนื่อง พบว่า ระยะเวลาในการใช้แบตเตอรี่ แบตเตอรี่มอเตอร์ไซค์ ขนาด 5 แอมแปร์ชั่วโมง 2 ลูก สามารถใช้งานได้ประมาณ 2 ชั่วโมง ส่วนแบตเตอรี่รถยนต์ขนาด 155 แอมแปร์ ชั่วโมง สามารถทำงานได้นานประมาณ 15 ชั่วโมง

#### 8.10 จัดทำรายงานผลการวิจัยและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย

8.10.1 เผยแพร่งานวิจัยที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี ให้กับเกษตรกรโครงการไทยนิยมยั่งยืน วันที่ 1-3 สิงหาคม 2561



รูปที่ 32 เผยแพร่งานวิจัยที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี ให้กับเกษตรกรโครงการไทยนิยมยั่งยืน

8.10.2 เผยแพร่งานวิจัยที่งานพืชสวนก้าวหน้า ครั้งที่ 15 วันที่ 14-16 ธันวาคม 2561 ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี





รูปที่ 33 เผยแพร่งานวิจัยงานพืชสวนก้าวหน้า ครั้งที่ 15 ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

8.10.3 เผยแพร่งานวิจัยกับกลุ่มปรับปรุงคุณภาพไม้ผลบ้านทุ่งสงคราม ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ที่สวนทรายทอง ในวันที่ 2 สิงหาคม 2561



รูปที่ 34 เผยแพร่งานวิจัยให้เกษตรกรกลุ่มปรับปรุงคุณภาพไม้ผลบ้านทุ่งสงคราม ต.ทับไทร อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี

## 9. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังมี 2 แบบคือแบบเลื่อยวงเดือน และเลื่อยซิก ทั้งสองแบบมีน้ำหนักเบา ด้ามจับเป็นอะลูมิเนียมสามารถยึดและหดได้ยาว 4.5 เมตร ทำงานได้คล่องตัวเพราะใช้แบตเตอรี่ขนาดเล็ก 5 แอมแปร์ 2 ลูกเป็นแหล่งพลังงานซึ่งมีน้ำหนักเบา สามารถสะพายได้ หรือใช้แบตเตอรี่รถยนต์กับรถเข็นซึ่งจะทำงานได้นานขึ้น เครื่องตัดแต่งกิ่งทั้งสองแบบมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน แบบเลื่อยวงเดือนเหมาะสำหรับตัดกิ่งไม้ขนาดเล็กถึงขนาด 2 นิ้ว กิ่งไม้ขนาดเล็กสามารถตัดได้เร็ว ส่วนเลื่อยซิกเหมาะกับการตัดกิ่งไม้ขนาด 1-4 นิ้ว และที่กิ่งไม้ขนาด 2 นิ้ว เลื่อยทั้งสองแบบมีความสามารถในการตัดใกล้เคียงกันดังตารางที่ 7 และ 8 ซึ่งเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังทั้งสองแบบมีคุณสมบัติ และสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางได้ทุกประการ

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

### 11. คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นางชมภู จันทิ และนายพุทธธินันท์ จารุวัฒน์ ที่อนุเคราะห์ให้โจทย์งานวิจัย ข้อมูล และคำแนะนำต่าง ๆ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี ศูนย์วิจัยพืชสวนชมพร ที่อนุเคราะห์สถานที่ทดสอบ ตลอดจนข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบงานสำเร็จ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรีทุกท่านที่ทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

### 12. เอกสารอ้างอิง

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. 2523. การแต่งทรงต้นและการตัดแต่งกิ่ง. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก:

<http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=5&chap=2&page=t5-2-infodetail11.html>

สวนคุณไพบูลย์. 2554. ท่องเที่ยวเชิงเกษตร. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก:

<http://www.paiboonrayong.com/articles/articles/401890/เงาะ.html>

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์กรมมหาชน). 2558. ทูเรียม. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก:

<http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/durian/controller/01-06.php>

รองศาสตราจารย์บรรเลง ศรีนิล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ประเสริฐ กิ้วยสมบุญ. 2524. ตารางงานโลหะ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2524. 205 หน้า

นรินาม. 2558. ความเร็วตัด (Cutting Speeds) ความเร็วรอบ (Speeds) และอัตราป้อน (Feeds).

(ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก:

[www.mctool.rmuti.ac.th/DATA/speed-feed-machine-tool.pdf](http://www.mctool.rmuti.ac.th/DATA/speed-feed-machine-tool.pdf)

จารุตม์ คุณานพดล. 2554. กลไกเฟืองและชุดเฟืองทด, มหาวิทยาลัยศิลปากร. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก:

<https://www.youtube.com/watch?v=UrYUuukBH00>

บริษัท กรีนโมลล์ เครื่องมือพาเวอร์ จำกัด. 2558. เครื่องตัดแต่งกิ่งไม้. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก:

<http://green-equipment.sg/products/0/120764>

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชา หมั่นทำการ. 2555. เครื่องตัดแต่งกิ่งไม้ชนิดเลื่อยชัก. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก:

<https://www.youtube.com/watch?v=24OjKVKnXNE> สืบค้น 12 เมษายน 2558.

ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี. 2545. เทคโนโลยีการผลิตมังคุดให้มีคุณภาพ. เอกสารวิชาการ ศูนย์วิจัยพืช

สวนจันทบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร. 33 หน้า

ศูนย์บริการข้อมูลและสารสนเทศ สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา. 2556. เกษตรนครราชสีมา แนะนำการ

ดูแลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก:

[http://www.narathiwat.doae.go.th/province/songserm\\_news/2556/035.pdf](http://www.narathiwat.doae.go.th/province/songserm_news/2556/035.pdf)

เครือข่ายสังคมชุมชนคนอีสาน. 2554. แรงบิดแรงม้าความสัมพันธ์การคำนวณการทดเกียร์. (ออนไลน์)

เข้าถึงได้จาก:

<http://e-saannetwork.blogspot.com/2011/08/blog-post.html>

อาจหาญ ณ นรงค์. 2557. เฟืองกับรายละเอียดที่นารู้ (Gearing). (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก:

<http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=13479&section=9>

ประเวศ ยอดยิ่ง. 2548. เทคนิคการปฏิบัติงานขั้นพื้นฐานงานเครื่องมือกล. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก:

<http://www.mctool.rmuti.ac.th/DATA/speed-feed-machine-tool.pdf>

### 13. ภาคผนวก

#### ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เครื่องมือตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเงาะและทุเรียน

คุณภาพ

1. การคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่าย

กำหนดให้

- ราคาเครื่องตัดแต่งกิ่ง

6,500 บาท

- อายุการใช้งาน	5 ปี
- มูลค่าซาก 1% ของราคาเครื่อง	500 บาท
- ค่าซ่อมบำรุงเครื่อง	5 บาท/ไร่
- ค่าจ้างแรงงาน 2 คน	600 บาท/ไร่
- ค่าไฟฟ้า	4 บาท/หน่วย

ต้นทุนตัดแต่งกิ่ง โดยเปรียบเทียบการตัดแต่งกิ่งเงาะโรงเรียน 15 ปี ระยะปลูก 8x8 เมตร

1. เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลัง 1 ต้น ใช้เวลา 25 นาที

$$\begin{aligned}
 1 \text{ ไร่} &= 25 \text{ นาที} \times 16 \text{ ต้น} \\
 &= 400 \text{ นาที/ไร่} \\
 &= 6 \text{ ชั่วโมง} \times 40 \text{ นาที}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-ค่าแรงงาน} \quad 300 \text{ บาท / คน} \quad \text{ทำงาน 2 คน} &= 300 \text{ บาท} \times 2 \text{ คน} \\
 &= 600 \text{ บาท/วัน}
 \end{aligned}$$

$$480 \text{ นาที} \quad (1 \text{ วัน}) \quad \text{ค่าแรง}=600$$

$$\begin{aligned}
 \text{ถ้า} \quad 400 \text{ นาที} \quad (1 \text{ ไร่}) & \quad \text{ค่าแรง}=(600 \times 400)/480 \\
 & = 500 \text{ บาท/ไร่} \\
 \text{ประมาณ} & = 500 \text{ บาท/ไร่}
 \end{aligned}$$

$$\text{-ค่าสึกหรอ} \quad 500 \text{ บาท}/100 \text{ ไร่} = 5 \text{ บาท/ไร่}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-ค่าไฟ มอเตอร์ 160 วัตต์} & = (160 \text{ วัตต์} \times 1 \text{ ชั่วโมง})/1000 \\
 & = 0.16 \text{ หน่วย}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าไฟ 4 บาทต่อหน่วย} & = 0.16 \text{ หน่วย} \times 4 \text{ บาท} \\
 & = 0.46 \text{ บาท/ชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

$$60 \text{ นาที} \quad 0.46 \text{ บาท}$$

$$\text{ถ้า} \quad 400 \text{ นาที} \quad (1 \text{ ไร่}) \quad = (0.46 \times 400)/60 = 3.1 \text{ บาท/ไร่}$$

$$\begin{aligned}
 \text{รวมต้นทุนการตัดแต่งกิ่งของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลัง} & = 500 + 5 + 0.46 \\
 & = 505.46 \text{ บาท/ไร่}
 \end{aligned}$$

$$\text{ประมาณ} = 500 \text{ บาท/ไร่}$$

2. ค่าแรงตัดแต่งกิ่งโดยใช้แรงงานคน 2 คน คนละ 300 บาท = 600 บาท/วัน

ความสามารถในการตัดแต่งกิ่งด้วยแรงงานคน 40 นาที/ต้น ดังนั้น 1 ไร่ 16 ต้น



$$\begin{aligned}
 &= 16 \text{ ตัน} \times 40 \text{ นาที} \\
 &= 640 \text{ นาที/ไร่} \\
 1 \text{ วัน} & \quad 480 \text{ นาที} \quad \quad 600 \text{ บาท} \\
 \text{ถ้า 1 ไร่} & \quad 640 \text{ นาที} \quad \quad = (600 \times 640) / 480 = 800 \text{ บาท/ไร่}
 \end{aligned}$$

ส่วนต่างต้นทุนในการตัดแต่งกิ่งของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังเปรียบเทียบกับ  
แรงงานคน  $= 800 - 500 = 300$  บาท/ไร่

เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังมีราคา 6,500 บาท จะคุ้มทุนที่  $= 6,500 / 300$   
 $= 21.6$  ไร่

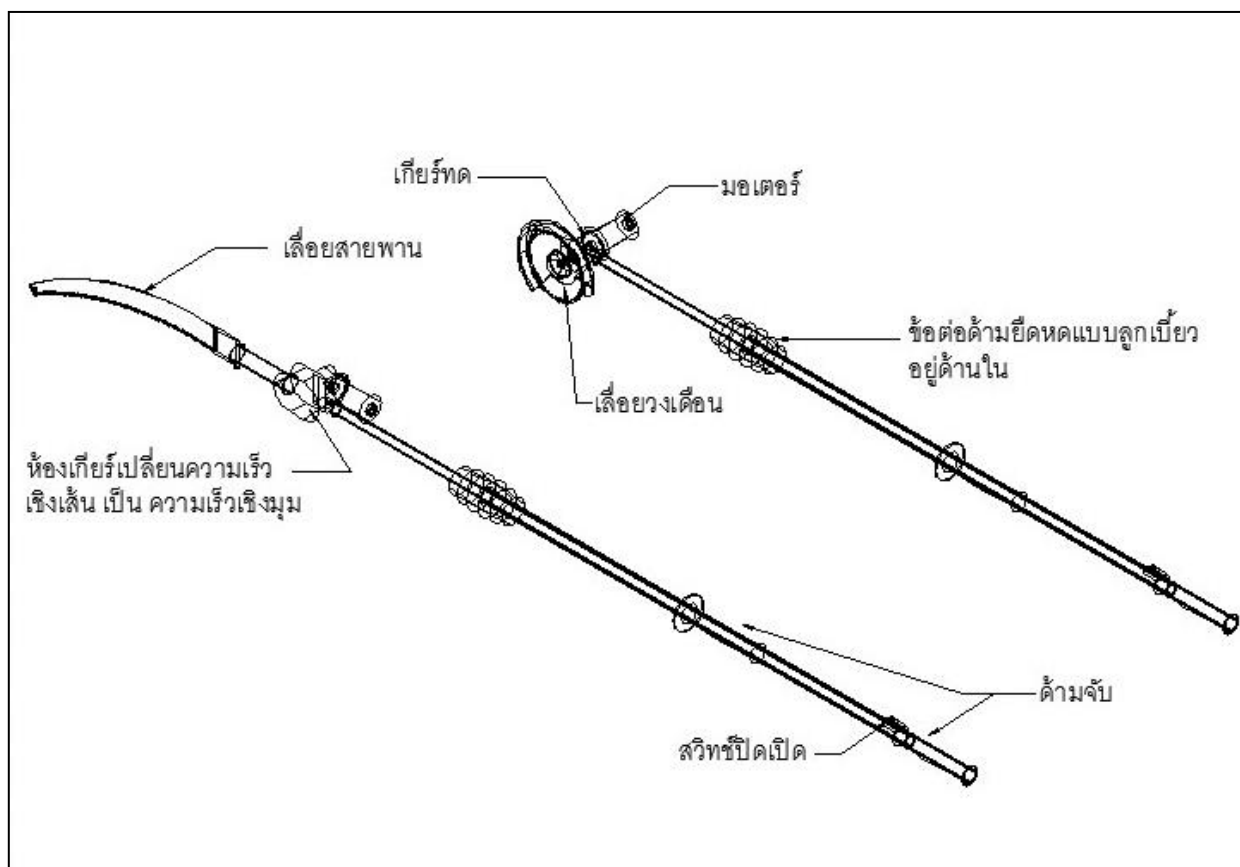
เครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลัง 2 คน ทำงาน 400 นาที/ไร่  $= 21.6 \text{ ไร่} \times 400 \text{ นาที/ไร่}$   
 $= 8640$  นาที

คิดเป็นชั่วโมง  $8640 \text{ นาที} / 60 = 144$  ชั่วโมง

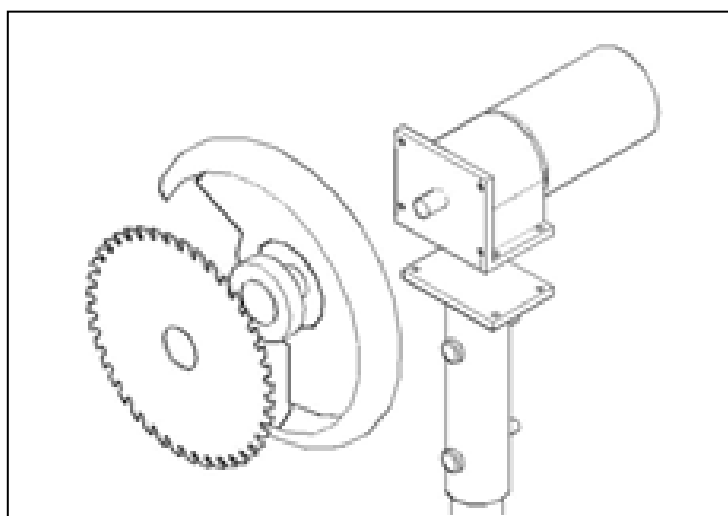
คิดเป็นวัน  $144 \text{ ชั่วโมง} / 8 \text{ ชั่วโมง/วัน} = 18$  วัน

ดังนั้นเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลังจะคุ้มทุนเมื่อทำงาน 144 ชั่วโมง หรือ 18 วัน

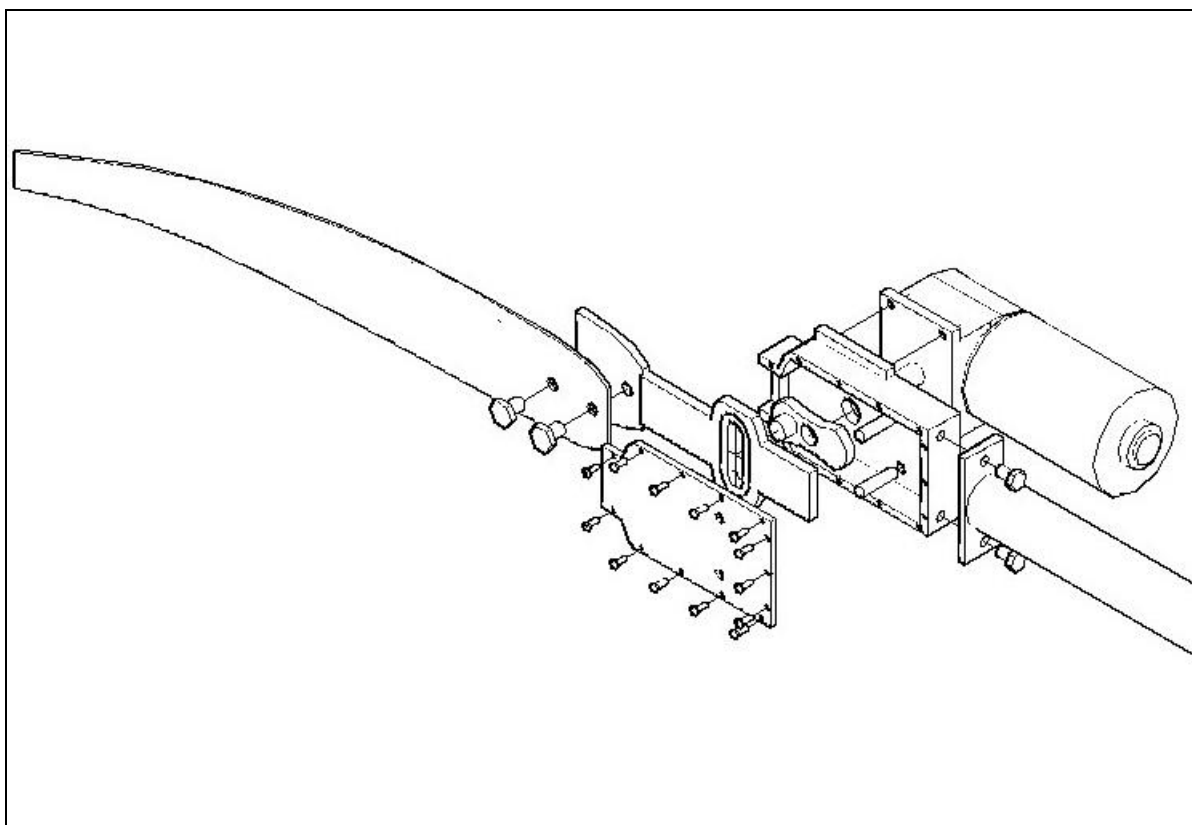
ภาคผนวก ข. แบบทางวิศวกรรมของเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบมอเตอร์เกียร์ทดกำลัง



แบบที่ 1 ส่วนประกอบเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบเกียร์ทดกำลังแบบเลื่อยวงเดือนและเลื่อยซัค



แบบที่ 2 ส่วนประกอบเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบเกียร์ทดกำลังแบบเลี้ยววงเดือน



แบบที่ 3 ส่วนประกอบเครื่องตัดแต่งกิ่งแบบเกียร์ทดกำลังแบบเลี้ยวซิก

### ภาคผนวก ค. ข้อมูลต่างๆ

ตารางที่ 1 ความสูงและขนาดกิ่งทุเรียนและเงาะที่ตัดแต่ง

ตารางที่ 1.1 ความสูงและขนาดกิ่งทุเรียนที่ตัดแต่ง

ครั้งที่	ความสูง	ตำแหน่งและขนาดกิ่ง	
		กิ่งประธาน	กิ่งแขนง
1	3.00		13.50
2	2.00		10.00
3	4.40	14.00	
4	4.50	16.50	
5	4.50		
6	2.30	25.00	
7	3.25		14.10
8	4.35	13.70	
9	4.44	15.00	
10	5.10	11.70	
11	5.25	15.30	
12	5.50	12.00	
13	5.40	9.13	
14	4.45	14.80	
15	1.86	48.00	
16	4.20	23.00	
17	4.65		28.70
18	4.10		12.10

19	4.30	43.90	
20	3.90	12.00	
21	5.15	14.00	
22	4.40	14.00	
23	4.36	29.00	
24	4.55	14.00	
25	2.50	24.00	
26	5.25	24.80	
27	5.40	15.70	
28	5.65	14.20	
29	5.75	14.80	
30	4.3	18.86	
31	3.20		14.00
32	5.00	19.80	
33	4.50	17.00	
34	5.75	15.00	
35	3.40		13.00
36	4	18.86	
37	4.30		15.06
38	5.2		10
39	4.90	18.9	
40	5.40		10.50
เฉลี่ย	4.36	18.86	14.50

ตารางที่ 1.2 ความสูงและขนาดกิ่งเงาะที่ตัดแต่ง

ครั้งที่	ความสูง	ตำแหน่งและขนาดกิ่ง	
		กิ่งประธาน	กิ่งแขนง
1	4.35	86	
2	5.2		20
3	4.7	42	
4	2.9	110	

5	3	95.6	
6	2.5	98	
7	4.85	29	
8	5.3		32
9	4.25	30.5	
10	3.85	53.4	
11	3.23	56	
12	3.7	82	
13	3.75		32
14	3.65	51.3	
15	5.25	27.5	
16	5.4		17
17	3.45		25
18	2.85	93	
19	6.1		16
20	3.25		27
21	6.3		21
22	4.75	26	
23	6.15		18
24	4.25		23
25	4.05		25
26	5.45		29
27	6.3		18
28	4.85	42	
29	5.35		30
30	5.75		19
31	4.45	32	
32	5.25		40
33	5	27.7	
34	4.55		41
35	2.5	105	
36	5.3	32	

37	4.85	24	
38	6.4		19
39	5.45		23
40	5.55	33	
เฉลี่ย	4.60	56	25

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความเร็วรอบของเลื่อยวงเดือนขนาด 7 นิ้ว

ครั้งที่ทดลอง		ความเร็วรอบ				
		รอบ/นาที				
		3,000	4,000	5,000	6,000	7,000
1	ระยะเวลาที่ใช้ตัด วินาที	8	6	5	4	4
2		8	7	5	5	5
3		7	7	6	4	4
เฉลี่ย		<b>8</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
1	การสิ้นเปลือง พลังงานไฟฟ้า	4.5	4.5	4.5	4.7	4.7
2		4.6	4.5	4.4	4.7	4.5
3		4.7	4.4	4.4	4.6	4.6
เฉลี่ย		<b>4.6</b>	<b>4.5</b>	<b>4.4</b>	<b>4.7</b>	<b>4.6</b>

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบตัดไม้เงาะขนาด 2 นิ้ว ด้วยเลื่อยวงเดือนขนาด 7 นิ้ว โดยมีมอเตอร์ขนาด 160 วัตต์  
เป็นต้นกำลังที่ความเร็วรอบต่างๆกัน

ความเร็วรอบ	ครั้งที่	V	A	เวลา
-------------	----------	---	---	------

5000	1	12.42	9.97	5.25
	2	12.35	9.81	4.84
	3	12.37	9.53	5.09
	4	12.32	9.87	4.56
เฉลี่ย		12.37	9.80	4.94
5500	1	14.15	9.30	3.73
	2	14.05	11.50	3.59
	3	13.80	10.92	3.73
	4	13.59	11.52	3.27
เฉลี่ย		13.90	10.81	3.58
6000	1	13.50	11.15	4.07
	2	13.85	11.72	4.25
	3	13.50	11.41	4.33
	4	13.80	10.20	4.12
เฉลี่ย		13.66	11.73	4.19
6500	1	12.61	9.28	4.85
	2	12.90	8.96	5.05
	3	11.90	9.24	5.04
	4	11.73	8.93	5.13
เฉลี่ย		12.29	9.10	5.02

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบตัดไม้ทุเรียนขนาด 2 นิ้ว ด้วยเลื่อยวงเดือนขนาด 7 นิ้ว โดยมีมอเตอร์ขนาด 160 วัตต์  
เป็นต้นกำลังที่ความเร็วรอบต่างๆกัน

ความเร็วรอบ	ครั้งที่	V	A	เวลา
5000	1	12.58	9.83	3.93
	2	12.51	9.83	4.08
	3	12.52	9.57	3.86
	4	12.52	9.90	3.75
เฉลี่ย		12.53	9.78	3.91
5500	1	13.20	11.52	2.29



	2	13.10	10.72	2.45
	3	13.10	10.72	2.69
	4	13.70	12.34	2.56
เฉลี่ย		13.28	11.33	2.50
6000	1	12.70	10.56	4.25
	2	12.72	10.67	4.18
	3	12.75	10.56	4.15
	4	12.70	10.46	4.19
เฉลี่ย		12.72	10.56	4.19
6500	1	12.80	8.90	3.74
	2	12.89	8.92	3.73
	3	12.50	9.70	3.07
	4	12.57	8.89	3.01
เฉลี่ย		12.69	9.10	3.39

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความความถี่การชักของการตัดไม้เงาะขนาด 35 มิลลิเมตร ด้วยเลื่อยชัก

ความเร็วรอบ	ระยะเวลาที่ใช้ตัด (วินาที)				การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (แอมแปร์)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	รวม	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	รวม
1400	32	17	22	24	3	3	2.9	2.97
1600	16	21	20	19	2.9	3	2.9	2.93
1800	10	10	10	10	2.9	2.9	2.9	2.90
2000	10	10	6	9	3	3	3	3.00
2200	12	11	11	11	3	3	2.9	2.97