



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการเครื่องตัดกิ่งปาล์มน้ำมัน

โดย

บัณฑิต จริโมภาส

ประกิต ทิมขำ และคณะ

กุมภาพันธ์ 2547

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการเครื่องตัดกิ่งปาล์มน้ำมัน

คณะผู้วิจัย

1. นายบัณฑิต จริโมภาส

2. นายประกิต ทิมขำ

สังกัด

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

Executive Summary

This Project is called, “Oil Palm Branch Cutting Machine”. Project leader and researcher are Dr. Bundit Jarimopas and Mr. Prakrit Timkum –Associate Professor and Graduate Student of Department of Agricultural Engineering, Kamphaengsaen Engineering Faculty, Kasetsart University, Kamphaengsean, Nakornpathom, Thailand.

The project was to develop a prototype of an oil palm branch cutting machine driven by hydraulic power. Methodology comprised design, construction, testing and evaluation of the prototype, which was made of 4.2 m long, 38.1 mm diameter aluminum tube weighing 9 kgs. A Malaysian sickle knife was vertically -slidable over the other fixed knife which was made of S45C steel. The prototype was driven by hydraulic pump and 12 V. battery.

Results showed the prototype developed by laboratory could make one cut-off oil palm frond completely 98.37 % at the average time of 3.01 seconds per frond. Cutting section was characterized by 132.42 mm. wide, 63.42 mm. thick, 4,312.07 mm² sectional area and 73.73 % moisture content (wet-basis). Machine capacity was 196 fronds/hour. Results showed the prototype developed by factory could make one cut-off oil palm frond completely 98.50 % at the average time of 2.82 seconds per frond. Cutting section was characterized by 124.74 mm. wide, 67.12 mm. thick, 4,294.69 mm² sectional area and 79.97 % moisture content (wet-basis). Machine capacity was 228 fronds/hour. After some training farmers could well operate the machine and accepted in general its capacity with little comment on the machine weight. The comment is a challenge for further development. Economic analysis indicates that based on the prototype cost of 56,185 bath, 30 days of annual use, 8 hours a day, payback period would be 4.44 years.

The project costs 471,075 baht starting from 16 August 2002 to 15 February 2004. Beneficial outputs of the project are i) factory prototype of the oil palm branch cutting machine that the factory accepted its performance and construction. Besides, it is interested to produce for sale, ii) Oil palm growers well accept the machine and its performance. iii) Patent of oil palm branch cutting machine is being studied and prepared for registration soon.

Abstract

This research was to develop a prototype of oil palm branch cutting machine driven by hydraulic power. The machine was expected to solve the problem of skill labor shortage in oil palm branch cutting and accident reduction at work. Methodology comprised design, construction, testing and evaluation of the prototype, which was made of 4.2 m long, 38.1 mm diameter aluminum tube weighing 9 kgs. A Malaysian sickle knife was vertically -slidable over the other fixed knife which was made of S45C steel. The prototype was driven by hydraulic pump and 12 V. battery.

Results showed the prototype developed by laboratory could make one cut-off oil palm frond completely 98.37 % at the average time of 3.01 seconds per frond. Cutting section was characterized by 132.42 mm. wide, 63.42 mm. thick, 4,312.07 mm² sectional area and 73.73 % moisture content (wet-basis). Machine capacity was 196 frond/hour. Results showed the prototype developed by factory could make one cut-off oil palm frond completely 98.50 % at the average time of 2.82 seconds per frond. Cutting section was characterized by 124.74 mm. wide, 67.12 mm. thick, 4,294.69 mm² sectional area and 79.97 % moisture content (wet-basis). Machine capacity was 228 frond/hour. After some training farmers could well operate the machine and accepted in general its capacity with little comment on the machine weight. The comment is a challenge for further development. Economic analysis indicates that based on the prototype cost of 56,185 bath, 30 days of annual use, 8 hours a day, payback period would be 4.44 years.

Keywords: cutting, oil palm

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อที่จะพัฒนาเครื่องต้นแบบเครื่องตัดกิ่งปาล์มน้ำมันโดยใช้ระบบไฮดรอลิก เพื่อที่จะนำไปแก้ไขปัญหาค่าการขาดแคลนแรงงานที่มีความชำนาญในการตัดกิ่งปาล์มและลดอุบัติเหตุจากการทำงาน วิธีการศึกษาประกอบด้วย การออกแบบ สร้าง ทดสอบ และประเมินผลเครื่องต้นแบบ เครื่องต้นแบบเป็นค้ำอลูมิเนียมทรงกระบอกยาว 4.20 ม.หนัก 9 กิโลกรัม ใบมีดที่ทำจากเหล็กมาเลเซีย เลื่อนขึ้นลงได้ในแนวตั้งบนเบียงที่ทำจากเหล็กกล้าอะไหล่(S45C) ค้ำทำด้วยท่ออลูมิเนียมเส้นผ่าศูนย์กลาง 38.10 มม. ชุดต้นกำลังจากปั๊มไฮดรอลิก 900 วัตต์ และ แบตเตอรี่ 12 โวลท์

ผลการทดลอง เครื่องต้นแบบที่พัฒนาระดับห้องปฏิบัติการ สามารถตัดทางใบขาดครั้งเดียว 98.37 % ด้วยเวลาเฉลี่ย 3.01 วินาที/ทางใบ รอยตัดที่โคนทางใบกว้างเฉลี่ย 132.42 มม. หนาเฉลี่ย 63.42 มม. พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 4,312.07 ตร.มม. เปอร์เซ็นต์ความชื้นโคนทางใบ 73.73 % มาตรฐานเปียก อัตราการทำงานเครื่อง 196 ทางใบ/ชั่วโมง ผลการทดลอง เครื่องต้นแบบที่ผลิตโดยโรงงาน สามารถตัดทางใบขาดครั้งเดียว 98.50 % ด้วยเวลาเฉลี่ย 2.82 วินาที/ทางใบ (ที่แนวตัดปกติ) ขนาดโคนทางใบกว้างเฉลี่ย 124.74 มม. หนาเฉลี่ย 67.12 มม. พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 4,294.69 ตร.มม. ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้น 79.97 % มาตรฐานเปียก อัตราการทำงานเครื่อง 228 ทางใบ/ชั่วโมง เกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรมและทดลองใช้เครื่องฯสามารถใช้เครื่องได้และยอมรับในอัตราการทำงานเครื่อง แต่ในส่วนของน้ำหนักเครื่อง ต้องปรับปรุง ซึ่งอุปสรรคเหล่านี้ต้องพัฒนาต่อไป เพื่อให้ได้เครื่องต้นแบบที่สมบูรณ์ในเชิงการค้า การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ระบุว่า จากราคาเครื่อง 56,185 บาท ใช้งานเครื่อง 30 วันต่อปี วันละ 8 ชั่วโมง ระยะเวลาคืนทุน 4.44 ปี

คำสำคัญ : ตัดกิ่ง, ตัดทางใบ, ปาล์มน้ำมัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ก) คุณถาวร จินตนาเลิศ และ บริษัทสุขสมบูรณ์น้ำมันปาล์ม จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ สถานที่ทดลองเครื่องต้นแบบ และ ข) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.) ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย

สารบัญ

	หน้า
Executive Summary	(1)
Abstract	(2)
บทคัดย่อ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(4)
สารบัญ	(5)
สารบัญตาราง	(6)
สารบัญภาพ	(7)
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
ตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	11
การออกแบบ	11
วัสดุอุปกรณ์	16
วิธีการทดลอง	16
ผลและวิจารณ์	18
สรุปและข้อเสนอแนะ	39
เอกสารอ้างอิง	41
ภาคผนวก	43
ภาคผนวก ก รายงานการตรวจสอบใบมีด(เคียวตัดปาล์มมาเลเซีย)	44
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้เครื่องตัดกิ่งปาล์มน้ำมัน	50
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	54
ภาคผนวก ง สรุปผลการตัดทางใบปาล์มน้ำมัน โดยคนตัดกับอุปกรณ์ตัด	
เคียวมาเลเซียแบบธรรมดา	60
ภาคผนวก จ การพัฒนานักวิจัย	64

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. สมบัติทางกายภาพใบปาล์มน้ำมัน	6
2. จำนวนทางใบที่เหมาะสมของปาล์มอายุต่างกัน	7
3. ผลการทดสอบการตัดกิ่ง(ทางใบ)ปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องต้นแบบ No.1	19
4. ผลการทดสอบการตัดทางปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องต้นแบบ No.2	21
5. ผลการทดสอบการตัดทางปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องต้นแบบ No.3	22
6. ผลการทดสอบการตัดกิ่ง(ทางใบ)ปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องต้นแบบ No. 4	24
7. ผลการทดสอบการตัดทางใบปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องต้นแบบ No. 4	24
8. ผลการทดสอบการตัดทางใบปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องต้นแบบ No. 5	26
9. ผลการทดสอบการตัดทางใบปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องต้นแบบ No. 6	29
10. ผลการทดสอบการตัดทางใบปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องต้นแบบ No.7	32
11. ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ผลิตโดยโรงงาน	35
12. ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ผลิตโดยโรงงานโดยเกษตรกร	37

ตารางผนวก

ตารางผนวก ก ที่

1. ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีโดยเครื่อง Emission Spectrometer ของใบมีด(เคียวมาเลเซีย)	45
2. การวัดความแข็งแบบรอกเวลล์ซี	46
3. การวัดความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ส	47
4. ตัวอย่างเปรียบเทียบเหล็กกล้าระหว่างมาตรฐาน DIN JIS และ AISI พร้อมส่วนผสมทางเคมีและอุณหภูมิชุบแข็ง	49
5. ตารางเทียบความแข็งตามมาตรฐาน (DIN 50150)	49

ตารางผนวก ค ที่

1. ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง	56
2. การวิเคราะห์การคืนทุนของเครื่อง	58

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ลำต้นและการเรียงตัวของทางใบ	3
2. ทางใบปาล์มน้ำมัน	3
3. เครื่องมือที่เกษตรกรใช้ในการตัดทางใบปาล์มน้ำมันโดยทั่วไปและลักษณะการใช้งาน	8
4. แบบกรรไกรมือค้ำยาว	9
5. แบบกรรไกรขอกเกี่ยวค้ำยาว	9
6. แบบกรรไกรขอกเกี่ยวค้ำสั้น	9
7. เครื่องตัดแต่งกิ่งนิวแมติกส์ชนิดเลื่อยวงเดือน	9
8. เครื่องตัดแต่งกิ่งไม้ชนิดเลื่อยโซ่	10
9. เครื่องตัดแต่งกิ่งไม้ชนิดเลื่อยชัก	10
10. เครื่องตัดแต่งกิ่งปาล์มน้ำมัน	11
11. อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานระบบไฮดรอลิก	13
12. วงจรไฮดรอลิกของเครื่องตัดทางใบปาล์ม	13
13. แบบเครื่องตัดทางใบปาล์มน้ำมันระบบไฮดรอลิก	14
14. ภาพตัดย่อส่วนเครื่องตัดทางใบปาล์มน้ำมัน	15
15. เครื่องต้นแบบ No. 1	18
16. ชุดปั๊มไฮดรอลิกและค้ำเครื่องต้นแบบ No. 1	18
17. การวัดความกว้าง(แนวนอน)และหนา(แนวตั้ง)รอยแผลที่ตัดทางใบปาล์ม	19
18. มือช่วยดันให้ใบมีด้าออก	20
19. ใบมีดล่างบิด	20
20. เครื่องต้นแบบ No. 2	20
21. เครื่องต้นแบบ No. 3	22
22. เครื่องต้นแบบ No. 4	23
23. เครื่องต้นแบบ No. 5	25
24. ชุดปั๊มไฮดรอลิกมีล้อขนาดเล็ก	27
25. ปลอกกอลูมิเนียมเกิดการโป่งบวม	27
26. ตำแหน่ง L1, L2 และ L3	27
27. เครื่องต้นแบบ No. 6	28
28. ชุดปั๊มไฮดรอลิกที่แก้ไขเปลี่ยนเป็นล้อใหญ่	28

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
29. ไบมีดที่เชื่อมกับเหล็กเพื่อต่อกับชุดถ่ายทอดกำลัง	30
30. ต้นปาล์มแปลงทดลองที่ไม่ได้รับการดูแล	30
31. เครื่องดันแบบ No. 7	31
32. การมองเห็นโคนทางไบได้ยากเนื่องจากมีวัชพืชบัง(เฟิร์น)	32
33. ลักษณะทางไบที่ตั้งชันและชิดกันมากเกินไป	33
34. ลักษณะการวางตัวของทางไบที่เหมาะสมสำหรับการใช้เครื่องตัด	33
35. คอมีดและคมมีดเสียหาย	34
36. เครื่องดันแบบที่ผลิตโดยโรงงาน	35
37. ไบมีดขบเขียง	36
38. ไบมีดบิน	36
39. การสอนและการสาธิตการใช้เครื่องตัดทางไบปาล์ม	37
40. การทดลองใช้เครื่องตัดทางไบปาล์มโดยเกษตรกร	39
 ภาพผนวก	
ภาพผนวก ก ที่	
1. แสดงตำแหน่งการตรวจสอบความแข็งแรงของเคียวแบบรอกเวลล์ซี่	46
2. แสดงตำแหน่งการตรวจสอบความแข็งแรงของไบมีดแบบไมโครวิกเกอร์ส	47
3. ชิ้นส่วนของเคียวที่ถูก section ออกจากมีดเพื่อทำการทดสอบส่วนผสมทางเคมีและค่าความแข็ง	48
ภาพผนวก ข ที่	
1. ส่วนประกอบเครื่องตัดกิ่งปาล์ม	51
2. การต่อสายไฮดรอลิกและต่อสายสวิตช์ควบคุม	52
3. การต่อปั๊มแบตเตอรี่	52
4. สวิตช์ควบคุม	52
5. การตัดทางไบก่อนขาดและขณะขาด	52
6. ระดับน้ำกลั่นแบตเตอรี่	53
7. ระดับน้ำมันไฮดรอลิก	53

สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
ภาพผนวก ง ที่	
1. สภาพสวนปาล์มน้ำมันที่ทำการทดลอง	62
2. เที่ยวมาเลเซียกำลังเข้าตัดทางใบปาล์ม	62
3. คนตัดกำลังออกแรงดึงตัดทางใบ	62

การพัฒนาเครื่องตัดกิ่งปาล์มน้ำมัน

DEVELOPMENT OF OIL PALM BRANCH CUTTING MACHINE

บทนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่มี ศักยภาพทางเศรษฐกิจที่สำคัญสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับพืช น้ำมันชนิดอื่น เช่น มะพร้าว ถั่วเหลือง ทานตะวัน และ Repeseed ในปี พ.ศ. 2543 น้ำมันปาล์ม และ น้ำมันจากเมล็ดใน มีส่วนแบ่งในตลาดโลกเป็นอันดับที่ 1 โดยเพิ่มขึ้นจาก 12.4 % (ปี 2533) เป็น 22.9 % (ชาย และสุรกิตติ, 2543) ทั้งนี้เพราะปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อพื้นที่สูง มี ต้นทุนในการผลิตต่ำ ในระยะเวลา 30 ปีที่ผ่านมาพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในโลกเพิ่มขึ้นมากกว่า 30 เท่า ซึ่งปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกประมาณ 20.65 ล้านไร่ ในประเทศไทย น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันพืชที่มี ส่วนแบ่งการตลาดน้ำมันพืชสูงสุด ในปี พ.ศ. 2540 น้ำมันปาล์มมีส่วนแบ่งการตลาด 65.77 % ความต้องการใช้น้ำมันปาล์มในการบริโภคเพิ่มขึ้นโดยมีอัตราเพิ่มขึ้น 10 % ต่อปี (ชาย และ สุรกิตติ, 2543) ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้การพัฒนาอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันมีการขยายตัวอย่าง รวดเร็ว ปี พ.ศ. 2531 พื้นที่ปลูก 682,450 ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,885 ก.ก./ไร่ ในปี พ.ศ. 2542 มีพื้นที่ ปลูก 1.49 ล้านไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2,504 ก.ก./ไร่ และสามารถผลิต น้ำมันปาล์มได้ประมาณ 0.40 ล้านตัน (ชาย และสุรกิตติ, 2543) ในทางโภชนาการน้ำมันปาล์มคอบอุดมไปด้วยวิตามิน A, D, E และ K มีสรรพคุณป้องกัน ไขมันอุดตัน, โรคกระเพาะ และโรคหัวใจได้ (ศักดิ์ศิลป์ และคณะ, 2541)

งานการตัดทางใบปาล์มน้ำมันเป็นกิจกรรมสำคัญ ในการผลิตและทำสวนปาล์มเพราะการ ตัดทางใบปาล์มน้ำมันทำให้เกิดการผสมเกสรเพิ่มมากขึ้น การสร้างช่อดอกเพิ่มมากขึ้น ทำให้ต้น ปาล์มสะอาดไม่เป็นที่อยู่ของแมลง เชื้อโรค และศัตรูพืช เครื่องมือที่ใช้ในการตัดโดยทั่วไปได้แก่ เลื่อย และ เลื่อยค้ำยาว การตัดทางใบและการเก็บเกี่ยวต้องใช้แรงงานมาก ในสถานะที่เศรษฐกิจ ของประเทศเริ่มปรับตัว และแรงงานการเกษตรเริ่มหายาก และมีราคาแพง เครื่องจักรกลตัดทางใบ ปาล์มจึงกลายเป็นความท้าทายที่จะช่วยทุ่นแรงให้เกษตรกรชาวสวนปาล์มน้ำมัน และ ลดภาระต้นทุนการผลิต

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาเครื่องต้นแบบเครื่องตัดกิ่งปาล์มน้ำมัน โดยใช้ระบบ Hydraulic มีน้ำหนักไม่เกิน 6 กก. ตัดได้ต่อเนื่องโดยใช้เวลากิ่งละไม่เกิน 15 วินาที และตัดได้สูง 4 – 7 เมตร

ตรวจเอกสาร

ประวัติปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันมีถิ่นกำเนิดในแอฟริกาและเริ่มเข้าสู่ประเทศไทยเมื่อประมาณ 60 กว่าปีมาแล้ว โดยพระยาประติพัทธ์ ภูบาล นำมาจากอินโดนีเซียหรือมาเลเซีย แต่ปลูกเป็นไม้ประดับที่สถานีย ทดลองยาง คอหงษ์ จังหวัดสงขลา และสถานีการกรรมพร้าว จังหวัดจันทบุรี การปลูกปาล์มน้ำมัน เป็นการค้าในประเทศไทยมีการเริ่มปลูกเป็นครั้งแรกก่อนสงครามโลกครั้งที่สอง โดยหม่อมเจ้าอมร สมานลักษณ์ กิตติยากร ในเนื้อที่ประมาณ 1,000 ไร่ ที่ตำบลบ้านปรก อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา ปาล์มน้ำมันได้รับการส่งเสริมให้ปลูกในรูปแบบการค้าอย่างจริงจัง เมื่อปี พ.ศ. 2511 ซึ่งขณะนั้นมี โครงการปลูกปาล์มน้ำมันอยู่ 2 โครงการ โดยมีสมาชิกจำนวน 1,645 ราย ปลูกรายละ 16 ไร่ คือ โครงการนิคมสร้างตนเองพัฒนาภาคใต้ จังหวัดสตูล เนื้อที่ปลูก 20,000 ไร่ และโครงการบริษัท อุตสาหกรรมน้ำมันและสวนปาล์มจำกัด ตำบลปลายพระยา อำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่ เนื้อที่ปลูก 20,000 ไร่ และได้รับความสำเร็จทั้งสองโครงการ ทำให้มีผู้สนใจปลูกปาล์มกันมากขึ้น ในปี พ.ศ. 2531 พื้นที่ปลูกปาล์มได้ขยายอย่างรวดเร็ว เป็น 655,000 ไร่ และเพิ่มขึ้นทุกปี (ศักดิ์ศิลป์ และ คณะ, 2541) จนกระทั่งปี ในปี พ.ศ. 2542 มีพื้นที่ปลูก 1.49 ล้านไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2,504 กก./ไร่ และสามารถผลิต น้ำมันปาล์มได้ประมาณ 0.40 ล้านตัน (ชาย และสุรกิตติ, 2543)

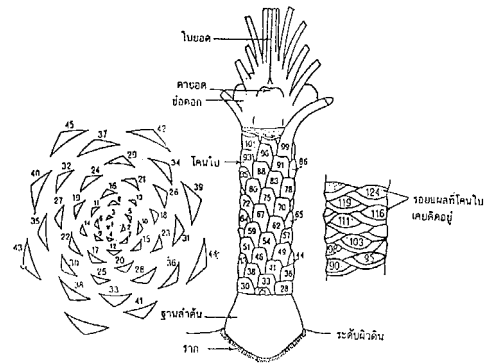
พฤกษศาสตร์ของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชในตระกูลปาล์ม เช่นเดียวกับ มะพร้าว ตาล ระกำและจาก มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Elaeis guineensis* jacq พันธุ์ที่ปลูกกันอยู่ทั่วไปคือ พันธุ์เทนอร่า

ราก ปาล์มน้ำมันมีระบบรากแบบรากฝอย (Fibrous root system) ลักษณะจะแตกประสานไปมาอย่างหนาแน่นในจำนวนรากที่มีเกือบทั้งหมดจะเจริญเติบโตในแนวนอน ในระดับใกล้ผิวดิน ที่ความลึกประมาณ 2 เมตร และจะมีรากอากาศ (Adventicial root) ที่อยู่เหนือผิวดินช่วยในการหาอาหาร หายใจและยึดลำต้น

ลำต้น (ภาพที่ 1) เป็นลำต้นเดี่ยวตั้งตรง ภายในประกอบด้วยเส้นใย ไม่มีเนื้อเยื่อเจริญ จึงมักพบว่าหากลำต้นของปาล์มมีบาดแผล จะไม่มีเนื้อเยื่อเอียงอกขึ้นมาแทนที่ หากส่วนยอดของปาล์มถูกทำลายด้วยเหตุใดก็ตาม จะทำให้ปาล์มต้นนั้นตายได้ง่าย เนื่องจากต้นปาล์มมีเนื้อเยื่อเจริญอยู่ที่บริเวณส่วนยอดเพียงจุดเดียว ลำต้นของปาล์มจะเจริญเติบโตให้เห็นได้ครั้งแรกหลังจากปลูกไปแล้ว 3 ปี ในสภาพป่าปาล์มน้ำมันอาจมีความสูงถึง 30 เมตร แต่การปลูกในสวนเพื่อการค้าต้องการความสูงประมาณ 15-20 เมตร บริเวณภายนอกของลำต้นจะปกคลุมไปด้วยฐานทางใบหรือตอใบที่เกิด

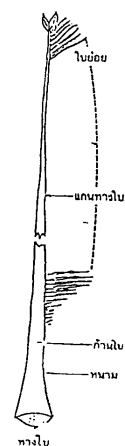
สลับนวนเวียนขึ้นไประอบลำต้นและจะติดอยู่กับลำต้นนานนับสิบปีหรือมากกว่า จึงจะร่วงหล่นเริ่มจากด้านล่างสุดก่อน (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2543)



ภาพที่ 1 ลำต้นและการเรียงตัวของทางใบ

ที่มา: ศักดิ์ศิลป์ และ คณะ (2541)

ใบ การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันในระยะช่วง 3 ปีแรกจะมีการเจริญเติบโตทางด้านข้างก่อน หลังจากปีที่ 4 ไปแล้วจะเจริญเติบโตด้านความสูง ลักษณะการเกิดใบจะหมุนเวียนไปรอบลำต้น อาจเวียนขวาหรือซ้ายก็ได้ ลักษณะของใบปาล์มคล้ายใบมะพร้าว เป็นรูปขนนกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน (ภาพที่ 2) ก้านใบมีความยาว 2 - 5 เมตร และส่วนใบย่อยที่ติดอยู่สองด้านของก้านใบมีจำนวน 100 - 160 คู่ต่อทางใบ การสร้างทางใบประมาณ 20 - 9 ทางใบต่อปีในการปลูกทางการค้าจะเหลือทางใบไว้ประมาณ 40 - 50 ทางใบต่อต้น หรือรองทะลายปาล์มไว้ 2 ทางใบ (นับจากทางใบล่างสุด)



ภาพที่ 2 ทางใบปาล์มน้ำมัน

ที่มา: ศักดิ์ศิลป์ และ คณะ (2541)

ช่อดอก ปาล์มน้ำมันเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่คนละดอก แต่อยู่ในต้นเดียวกัน ดอกเกิดขึ้นบริเวณใจกลางของโคนใบทุกใบปาล์มน้ำมันแต่ละต้นสามารถเกิด ช่อดอกได้เฉลี่ยประมาณ 10 - 15 ช่อดอก การเกิดดอกตัวผู้และดอกตัวเมียในต้นเดียวกันจะไม่พร้อมกัน ต้องอาศัยการผสมพันธุ์ข้ามต้น โดยอาศัยลมและแมลง

ผลหรือทะลาย ปาล์มน้ำมันทะลายหนึ่งจะประกอบด้วย ก้านทะลาย ช่อทะลายย่อย และผล หลังจากการผสมเกสรประมาณ 5 - 6 เดือนทะลายปาล์มน้ำมันจะให้ผลสุก มีน้ำหนัก 10 - 25 กิโลกรัมต่อทะลาย ผลปาล์มน้ำมันจัดอยู่ในประเภทไม่มีเมล็ดแข็ง ไม่มีก้าน รูปร่างของผลมีหลายแบบ ตั้งแต่รูปรียาวเหลี่ยมไปถึงรูปไข่ยาวรี ในแต่ละผลจะประกอบด้วยเปลือกนอก เป็นส่วนที่อยู่นอกสุดที่มีชั้นของเนื้อเยื่อ Epidermis บางเรียบ สีเหลืองแดง ชุ่มน้ำมันประกอปกันอยู่ ส่วนที่สองเป็นกะลาหรือชั้น Endocarp และส่วนสุดท้ายคือเนื้อใน ซึ่งมีจำนวน 1 - 4 อันแต่ละเนื้อในจะมีต้นอ่อนอยู่

พันธุ์ปาล์มน้ำมัน

พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจแบ่งออกเป็น 3 ชนิด

1. พันธุ์ดูรา (Dura) ลักษณะของผล มีเปลือกชั้นนอกบาง มีกะลาหนาล้อมรอบเนื้อเยื่อในเมล็ด ไม่นิยมปลูกเพราะให้ผลผลิตต่ำ
2. พันธุ์พิสิเฟอรา (Pisifera) ลักษณะของผล มีเปลือกชั้นนอกหนา กะลาล้อมรอบเนื้อเมล็ดในบาง เนื้อเมล็ดในมีขนาดเล็ก ไม่นิยมปลูกเพราะให้ผลผลิตจำนวนทะลายต่อต้นต่ำมีเปอร์เซ็นต์การฟ่อของดอกตัวเมียสูง
3. พันธุ์เทนอรา (Tenera) ลักษณะของผล มีเปลือกชั้นนอกหนา กะลาบาง มีจำนวนทะลายต่อต้นมาก เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้าทั่วโลก เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักทะลายสูงถึงประมาณ 23 %

การเพาะปลูก

สภาพแวดล้อมและภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันที่จะให้ ผลผลิตสูงมีดังต่อไปนี้

ปริมาณน้ำฝน โดยเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,800 - 2,000 มิลลิเมตรหรือประมาณ 150

มิลลิเมตรต่อเดือนและมีช่วงฤดูแล้งที่นานไม่เกิน 2 เดือน

อุณหภูมิ ควรอยู่ในช่วง 25 - 30 องศาเซลเซียส

ปริมาณแสงแดด อยู่ในช่วง 2,000 ชั่วโมงต่อปีหรือประมาณ 6 ชั่วโมงต่อวัน

ลักษณะดิน ควรมีหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 75 เซนติเมตร ไม่ควรเป็นชั้นดินดานและควรเป็นพื้นที่ที่มีความลาดเอียงไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์ อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 500 เมตร ลักษณะเนื้อดินควรเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนดินเหนียว อุ้มน้ำได้ดี มีธาตุอาหารสูง ค่าความเป็นกรดค่า 4.0 - 6.5

ระยะปลูก นิยมปลูกระยะระหว่างต้นเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าด้านละ 9 เมตร ในพื้นที่ 1 ไร่ สามารถปลูกได้ประมาณ 22 ต้น

การใช้ประโยชน์จากปาล์มน้ำมัน

ผลปาล์ม น้ำมันจากผลปาล์มและเมล็ดในปาล์มสามารถนำมาใช้แปรรูปได้โดยการกลั่นให้บริสุทธิ์ทำให้ไขมันหรือกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเปลี่ยนเป็นไขมันที่อิ่มตัวและการแยกองค์ประกอบของกรดไขมัน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสำหรับการบริโภคและอุปโภคมากมายเช่น น้ำมันสำหรับทอด มาการีน ครีมเทียม อุตสาหกรรมลิโอเคมีคอล ฯลฯ

ทางใบ สามารถนำไปผ่านกระบวนการย่อยสลายเพื่อเป็นอาหารสัตว์ การสกัดวิตามิน E จากส่วนของใบปาล์มที่มีสีเขียว(ศักดิ์ศิลป์และคณะ, 2541) ทางใบปาล์มที่ถูกตัดทิ้ง 10 ตัน/เฮกตาร์ (1.6ตัน/ไร่) คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารเท่ากับ ยูเรีย 58 หินฟอสเฟต 30 โปรแตสเซียมคลอไรด์ 120 และ กีเซอรไรท์ 70 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ธาตุอาหารทั้งหมดที่ดินปาล์มดูดไปใช้ได้ ทดแทนการใช้ปุ๋ย (Wood, 1986) อ้างโดย (ชัยรัตน์ และจำเริญ, 2538)

ลักษณะของทางใบปาล์มน้ำมัน

ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ปาล์มน้ำมันที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะมีทางใบ (Frond)เกิดขึ้นที่รอบยอด (Crow) ประมาณ 40 - 50 ทาง และมีทางใบอ่อนที่กำลังพัฒนาจากเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดอีกประมาณ 40-50 ทาง มีการสร้างประมาณเดือนละ 2 ทาง การเจริญภายในแต่ละทางใบเป็นไปอย่างช้าๆกินเวลารวม 2 ปี จึงจะปรากฏให้เห็นเป็นยอดแหลม (Spear) ออกมา หลังจากนั้นก็เจริญอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมภายนอกด้วย เมื่อทางใบหนึ่งคลี่จะมีทางใบ ถัดไปในรูปยอดแหลมเกิดขึ้นมาแทนเป็นลำดับ ทางใบคลี่แล้วจะทำหน้าที่สังเคราะห์แสงและอื่นๆ ประมาณ 2 ปี ทางใบจะประกอบด้วยแกนทางใบ ซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะของระเบียบในแต่ละข้างของแกนทางใบ (Rachis) ก้านใบ (Petiole) ที่ริมทั้งสองข้างมีหนาม ใบย่อย (Leaflet) ประมาณ 150 - 250 อัน โดยเรียงอยู่ในลักษณะสองระดับเหลื่อมกันอย่างเป็นระเบียบในแต่ละข้างของแกนทางใบ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของ *Elaeis guineensis* ที่แตกต่างจากชนิดอื่น ทางใบปาล์มจะเรียงอยู่บนลำต้นเป็นระเบียบ คือ มีลักษณะเป็นเกลียวทั้งวนขวาและวนซ้าย โดยวนขวาเกลียวทางใบด้าน

สูงอยู่ทางขวา ด้านต่ำอยู่ทางซ้าย ซึ่งจะพบเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้ทางใบปาล์มน้ำมันจะติดอยู่กับลำต้นหลายๆปี ไม่หลุดจากต้นง่ายๆ เคยพบว่าอยู่นานถึง 20 ปีก็มี ดังนั้นจึงต้องมีการตัดแต่งทางใบ ให้คงเหลือตอใบค้างอยู่ที่ลำต้น

คุณสมบัติทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมัน

ทางใบปาล์มน้ำมัน จะมีรูปร่าง โคนใหญ่ ปลายเล็ก แกนของทางใบจะเรียวจากโคนไปหาปลาย ทางใบแฉะจะมีพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยที่โคน 48.7 ตารางเซนติเมตร ทางใบหนุ่ม 32.1 ตารางเซนติเมตรและทางใบอ่อน 22.3 ตารางเซนติเมตร ความชื้นของส่วนโคน กลาง และปลายทางใบของทางใบแฉะ หนุ่ม อ่อนในส่วนที่สมนัยกัน มีค่าใกล้เคียงกัน เช่น ความชื้นที่โคนทางใบ ช่วง 81.6 – 82.6 % ที่กลางทางใบ ช่วง 74.3 – 75.5 % และที่ปลายทางใบ ช่วง 54.6 – 56.4 % (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพใบปาล์มน้ำมัน

ประเภททางใบ	ส่วนของทางใบ	ความชื้น (%)	แรงตัด (N)	พลังงานที่ใช้ในการตัด (J)	พื้นที่หน้าตัด* (ตร.ซม.)
แฉะ	โคน	82.8	87.5	58.2	48.7
	กลาง	75.5	61.6	41.0	9.5
	ปลาย	56.4	10.1	6.7	1.1
หนุ่ม	โคน	81.6	81.1	53.9	32.1
	กลาง	74.3	42.0	27.9	7.1
	ปลาย	54.6	15.8	10.5	0.9
อ่อน	โคน	82.0	66.5	44.2	22.3
	กลาง	75.2	32.4	21.6	7.6
	ปลาย	56.2	12.7	8.3	1.0

หมายเหตุ * Area correction factor เฉลี่ย สำหรับพื้นที่หน้าตัดทางใบ แฉะ หนุ่ม และอ่อน เป็น

1.21;1.07และ1.30 ตามลำดับ

ที่มา: บัณฑิต (2544)

การตัดแต่งทางใบปาล์มน้ำมัน

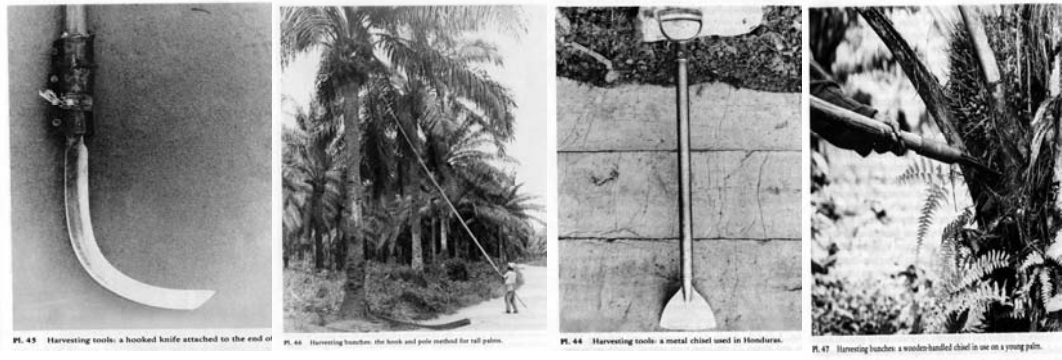
การตัดแต่งทางใบของปาล์มน้ำมันเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องกระทำ เพื่อให้การผสมเกสร และการสร้างช่อดอกเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ต้นปาล์มสะอาด ไม่เป็นที่หลบซ่อนของเชื้อโรค และแมลงศัตรูพืช และเพื่อให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยวผลปาล์มน้ำมัน แต่หากการตัดแต่งทางใบออกมากเกินไป จะทำให้เกิดผลเสียต่อต้นปาล์มน้ำมันได้เช่นเดียวกัน คือ จะทำให้ผลผลิตลดลง ดังนั้นปาล์มน้ำมันที่เริ่มปลูกจนกระทั่งถึงปีที่หกนั้น ควรจะปล่อยให้มีความหนาแน่นของใบที่เป็นประโยชน์ให้มากที่สุด เพื่อให้พืชโตเร็ว มีการตอบสนองต่อปุ๋ย และให้ผลผลิตสูงในระยะแรก ใบทั้งหมดที่ยังคงเป็นประโยชน์ควรจะปล่อยให้ไว้ และการใช้สารกำจัดวัชพืชภายใต้ทรงพุ่มนั้นควรจะหลีกเลี่ยงเป็นอย่างยิ่ง เพราะอาจจะทำลายใบแก่ที่ยังคงมีสีเขียว ปาล์มที่ยังเล็กควรจะเหลือทางใบไว้ประมาณ 7 - 8 รอบ (56 - 64 ทางใบ) และสำหรับปาล์มที่โตเต็มที่แล้ว ควรเก็บทางใบไว้ประมาณ 4.5 - 6.5 รอบ (36 - 48 ทางใบ) ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับระยะปลูก ความยาวทางใบของปาล์มแต่ละต้น และสภาพภูมิอากาศที่เป็นตัวจำกัด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 จำนวนทางใบที่เหมาะสมของปาล์มอายุต่างกัน

อายุ(ปี)		2	3	4	5	6	7	8	10	11
จำนวนทางใบที่เหมาะสม	a.	64	56	54	51	48	46	44	40	38
	b.	64	56	52	48	45	42	40	38	36
	c.	64	56	50	46	43	40	40	38	36

หมายเหตุ a. ต้นปาล์มต่อพื้นที่เท่ากับ 20 ต้นต่อไร่, b. ต้นปาล์มต่อพื้นที่เท่ากับ 22 ต้นต่อไร่, c. ต้นปาล์มต่อพื้นที่เท่ากับ 23 ต้นต่อไร่

ที่มา: ชัยรัตน์ และ จำเป็น (2538)



เกียว

ลักษณะการใช้เกียว

เสียม

ลักษณะการใช้เสียม

ภาพที่ 3 เครื่องมือที่เกษตรกรใช้ในการตัดทางใบปาล์มน้ำมัน โดยทั่วไปและลักษณะการใช้งาน
ที่มา: Hartaty C.W.S.(1977)

การตัดทางใบควรทำให้เหลือชั้นใบได้ทะลายปาล์มลงมาประมาณ 2 ชั้น เพื่อช่วยในการรับน้ำหนักของทะลายปาล์ม ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 15 - 30 กิโลกรัม โดยมากการตัดจะเริ่มที่ใบล่างก่อน และต้องตัดให้สั้นเพื่อจะได้ไม่เป็นที่อยู่ของแมลงศัตรูปาล์ม หนึ่งปีจะทำการตัดทางใบ 1 - 2 ครั้ง โดยจะทำในช่วงเริ่มฤดูฝน คือ ช่วงเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม และไม่ควรตัดแต่งใบในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน คือ ช่วงเดือนธันวาคม-มีนาคม เครื่องมือที่เกษตรกรใช้ในการตัดแต่งโดยทั่วไป ได้แก่ ขวาน เสียม มีด หรือเกียวด้ามยาว ฯลฯ การปลูกปาล์มน้ำมันจึงต้องใช้แรงงานในการตัดแต่ง ดูแลและการเก็บเกี่ยวมาก

เครื่องตัดแต่งกิ่งไม้ที่มีการพัฒนาในประเทศไทย

มงคล(2541) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องตัดแต่งกิ่งไม้ผลชนิดทำงานด้วยระบบนิวแมติกส์ ขึ้น 4 แบบ คือ แบบกรรไกรมือด้ามยาว สามารถตัดกิ่งขนาด $\varnothing 30$ มม. (ภาพที่ 4); แบบกรรไกรขอกี๋ยวด้ามยาว สามารถตัดกิ่งขนาด $\varnothing 35$ มม. (ภาพที่ 5); แบบกรรไกรขอกี๋ยวด้ามสั้น สามารถตัดกิ่งขนาด $\varnothing 27$ มม. (ภาพที่ 6) และเครื่องตัดแต่งกิ่งนิวแมติกส์ชนิดเลื่อยวงเดือน $\varnothing 10$ นิ้ว สามารถตัดกิ่งขนาด $\varnothing$ ไม่เกิน 5 มม. (ภาพที่ 7) แต่ละแบบมีหลักการทำงานคล้ายคลึงกันคือ ด้ามจับทำจากท่อเหล็ก $\varnothing 25$ มม. สำหรับยึดกลไกต่างๆ ประกอบด้วยชุดใบมีดตัดที่ทำจากกรรไกรตัดกิ่งที่ขายทั่วไป แต่เป็นชนิดอย่างดีที่มีขนาดและประเภทที่เหมาะสมกับการตัดกิ่งขนาดต่างๆ กระบอกลมที่รับแรงได้ 8 - 9 บาร์ จากแหล่งจ่ายลมผ่านวาล์วบังคับทิศทางชนิด 5/2 เพื่อกระตุ้นให้กลไกกระตุ้นใบมีด

ทำงาน กลไกการกระตุกใบมีดจะช่วยเพิ่มการได้เปรียบเชิงกลเพิ่มแรงกระตุกใบมีดโดยผ่านลวดสลิง แหล่งจ่ายลมประกอบด้วยปั๊มลมชนิดลูกสูบ อัตรา 303 ลิตร/ชั่วโมง ขับด้วยเครื่องเบนซินขนาด 5 แรงม้า ความเร็วเฉลี่ยในการตัด ประมาณ 2 วินาที/กิ่งและชนิดเลื่อยวงเดือน 40 วินาที/ตารางเมตร



ภาพที่ 4 แบบกรรไกรมือด้ามยาว



ภาพที่ 5 แบบกรรไกรขอกเกี่ยวด้ามยาว



ภาพที่ 6 แบบกรรไกรขอกเกี่ยวด้ามสั้น



ภาพที่ 7 ชนิดเลื่อยวงเดือน

วิชา(2544) ได้พัฒนาเครื่องตัดแต่งกิ่งไม้ชนิดเลื่อยโซ่ สามารถตัดกิ่งขนาด $\varnothing$ 10 – 100 มม. ที่ระดับความสูง 4 – 5 ม. โดยใช้คนปฏิบัติงาน 1 คนประกอบด้วย เครื่องยนต์เบนซิน 2 จังหวะชนิดเดียวกับเครื่องตัดหญ้าสะพายหลังด้ามจับขนาด 2 และ 4 เมตร ชุดเกียร์เปลี่ยนทิศทางการหมุน 90° และชุดเลื่อยโซ่ขนาดเล็ก สามารถตัดกิ่งมะม่วง $\varnothing$ 22 - 153 มม. ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 4,829 - 5,090 รอบต่อนาที ความเร็วเฉลี่ยการตัด 53 - 57 กิ่งต่อชั่วโมง (ภาพที่ 8) และ วิชา(2546) ได้พัฒนาเครื่องตัดแต่งกิ่งไม้ชนิดเลื่อยชักสามารถตัดกิ่งขนาด $\varnothing$ 25 – 100 มม. ที่ระดับความสูง 2 – 4 ม. โดยใช้คนปฏิบัติงาน 1 คนประกอบด้วย ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 220 โวลต์ ขนาด 500 - 600 วัตต์ เป็นต้นกำลัง ด้ามจับ 2 และ 4 เมตร ชุดเกียร์เปลี่ยนทิศทางการหมุน 90° มีหลักการ

ทำงานเหมือนการเลื่อยไม้ปกติ มีช่วงชัก 20 มม. ความถี่การชัก 2,000 - 3,000 ครั้งต่อนาที ความเร็วเฉลี่ยการตัด 77 - 104 กิ่งต่อชั่วโมง (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 8 เครื่องตัดแต่งกิ่งไม้ชนิดเลื่อยโซ่



ภาพที่ 9 เครื่องตัดแต่งกิ่งไม้ชนิดเลื่อยชัก

บัณฑิต(2544) ได้พัฒนาเครื่องตัดแต่งกิ่งปาล์มน้ำมัน ที่โคนทางใบที่มีพื้นที่หน้าตัดโตสุด ประมาณ 48.7 ตร.ซม. ใช้แรงตัดสูงสุดประมาณ 87.5 N ใบมีดทำจากเคียวมาเลเซีย สามารถตัดให้ขาดในครั้งเดียว ภายในเวลา 13.5 วินาทีต่อทางใบ ที่แรงดันลม 7.5 bar โดยใช้ระบบนิวแมติกส์เป็นตัวนำกำลัง (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 เครื่องตัดแต่งกิ่งปาล์มน้ำมัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบ

เครื่องมือตัดแต่งกิ่งปาล์มน้ำมันที่เกษตรกรใช้ในปัจจุบันคือใบมีดที่มีรูปร่างเหมือนเกี่ยว (ภาพที่ 3) ทำจากเหล็กกล้าอะไหล่ S45C ตีขึ้นรูปเป็นรูปเคียวและชุบแข็งทั้งใบ นำเข้าจาก มาเลเซีย ราคา 500 บาท มีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี (บัณฑิต, 2544) ยึดติดกับด้ามไม้ไผ่หรือท่อโลหะน้ำหนักรวมประมาณ 4.8 – 6 กิโลกรัม ทำการตัดแต่งโดยสอดใบมีดเข้าที่โคนทางใบปาล์มให้ชิดลำต้นที่สุดเท่าที่ทำได้แล้วดึงให้ใบมีดเฉือนจนทางใบปาล์มขาด

เครื่องตัดแต่งทางใบปาล์มน้ำมันโดยใช้ระบบไฮดรอลิก ใช้หลักการเดียวกับที่เกษตรกรใช้กันอยู่ โดยใช้ใบมีดที่ทำจากเคียวเกี่ยวปาล์ม (เคียวมาเลย์เซีย) และเพิ่มเขียงที่ด้านล่างของชุดใบมีดเพื่อบังคับไม่ให้ทางใบปาล์มเลื่อนหนีขณะใบมีดเลื่อนลงมาตัดทางใบปาล์ม ดันกำลังที่ใช้ดึงเลื่อนได้จากกระบอกไฮดรอลิกโดยมีเหล็กเส้นเป็นตัวต่อระหว่างกลไกการเคลื่อนที่ของชุดใบมีด และกระบอกไฮดรอลิกได้รับกำลังจากแรงดันน้ำมันที่ปั้มน้ำมันไฮดรอลิกส่งมาให้โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ เป็นพลังงาน

จากการหาค่าแรงดึงเฉือนในการตัดทางใบปาล์ม (บัณฑิต, 2544) ได้แรงเฉือน ประมาณ 150 กิโลกรัม นำค่าแรงที่ได้มาคำนวณหา ขนาดกระบอกไฮดรอลิกที่สามารถสร้างแรงดึงที่ต้องการได้ เพื่อที่จะได้กำหนดขนาดของปั้มน้ำมันไฮดรอลิกและกำลังแบตเตอรี่

สำหรับด้ามเลือกเป็นอลูมิเนียมเนื่องจากมีน้ำหนักเบาโดยเลือกขนาดที่เหมาะสมมือและสามารถบรรจุกลไกในการดึงใบมีดไว้ข้างในได้หมด

สมการการคำนวณระบบไฮดรอลิก (ขวัณชัย และปานเพชร, 2539)

ความดันที่ต้องการสำหรับกระบอกสูบ (P)

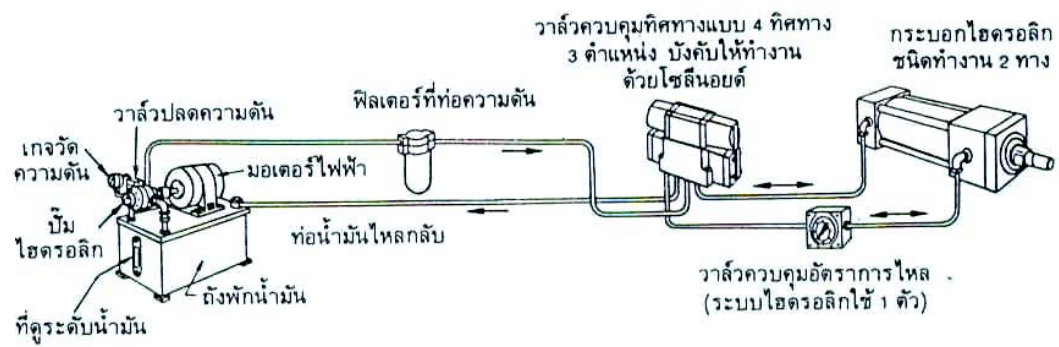
$$P \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \frac{F(\text{kg})}{A(\text{cm}^2)} \quad (1)$$

เมื่อ F = แรงที่ได้จากกระบอกสูบ (kg.)
 A = พื้นที่หน้าตัดกระบอกสูบ (cm^2)

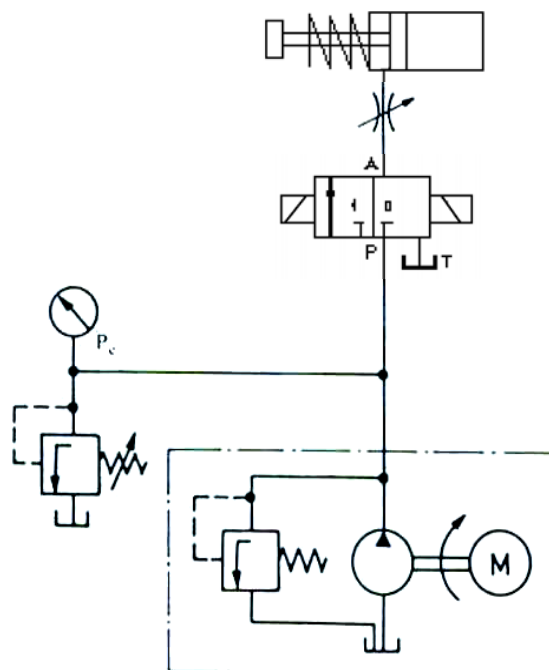
ขนาดกระบอกสูบที่ต้องการ (เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกสูบ = D)

$$D(\text{cm}) = \sqrt{\frac{F(\text{kg}) / P(\text{kg} / \text{cm}^2)}{0.7854}} \quad (2)$$

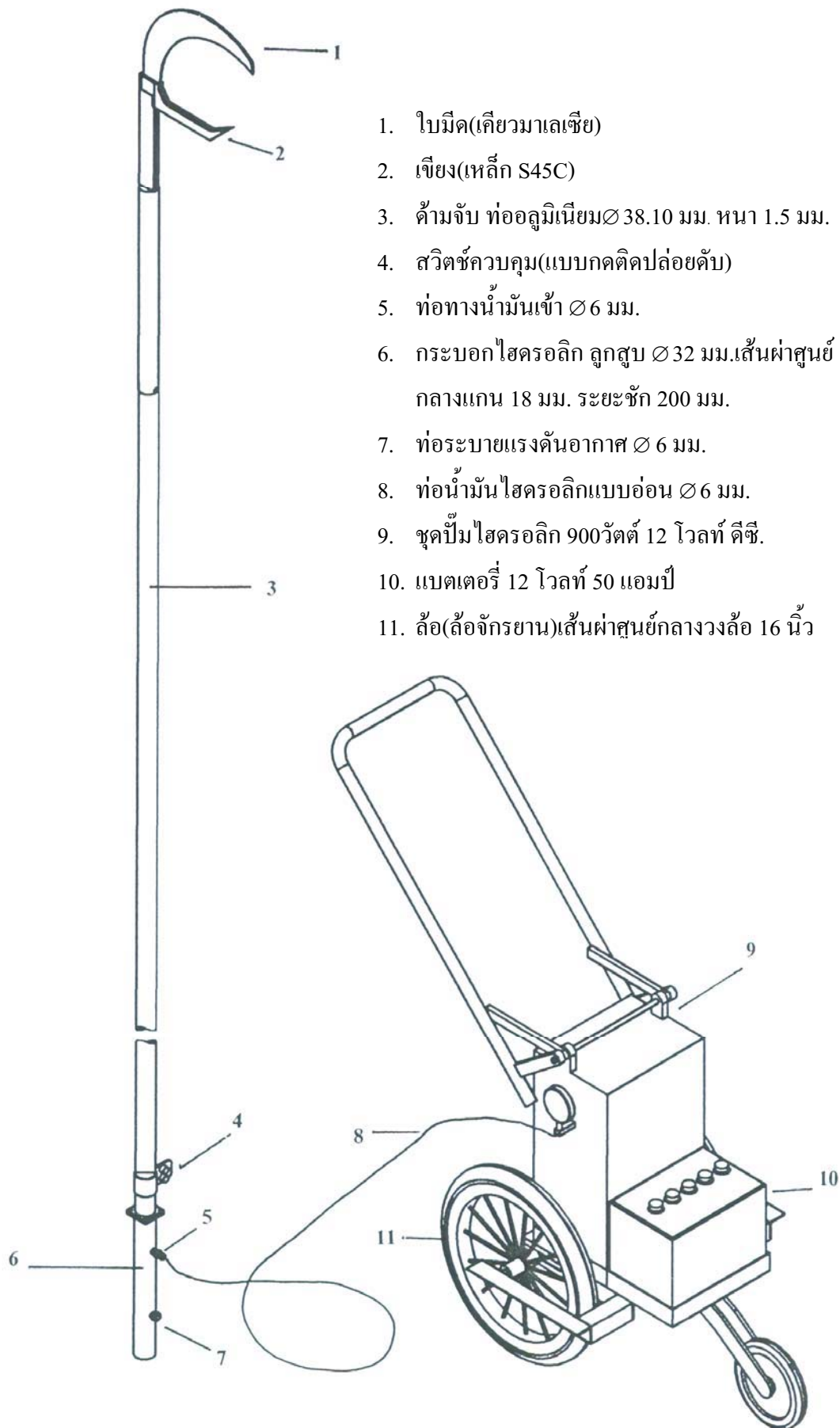
อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานสำหรับระบบไฮดรอลิก ประกอบด้วยอุปกรณ์ดันกำลัง(เครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า), อุปกรณ์เก็บและปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน(ถังพักน้ำมัน ไล์กรองน้ำมัน และอุปกรณ์อื่นที่ใช้กับถังพักน้ำมัน), อุปกรณ์สร้างการไหล(ปั้มน้ำมันไฮดรอลิก), อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน(วาล์วควบคุมชนิดต่างๆ), อุปกรณ์การทำงาน(กระบอกไฮดรอลิกหรือมอเตอร์ไฮดรอลิก) และอุปกรณ์ท่อทาง(ท่อน้ำมันไฮดรอลิกชนิดต่างๆ) (ภาพที่ 11) เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจการทำงานระบบไฮดรอลิก จึงเขียนเป็นสัญลักษณ์วงจรไฮดรอลิกของเครื่องตัดทางใบปาล์ม (ภาพที่ 12 ,13 และ 14) เป็นแบบของเครื่องตัดทางใบปาล์มน้ำมันระบบไฮดรอลิก



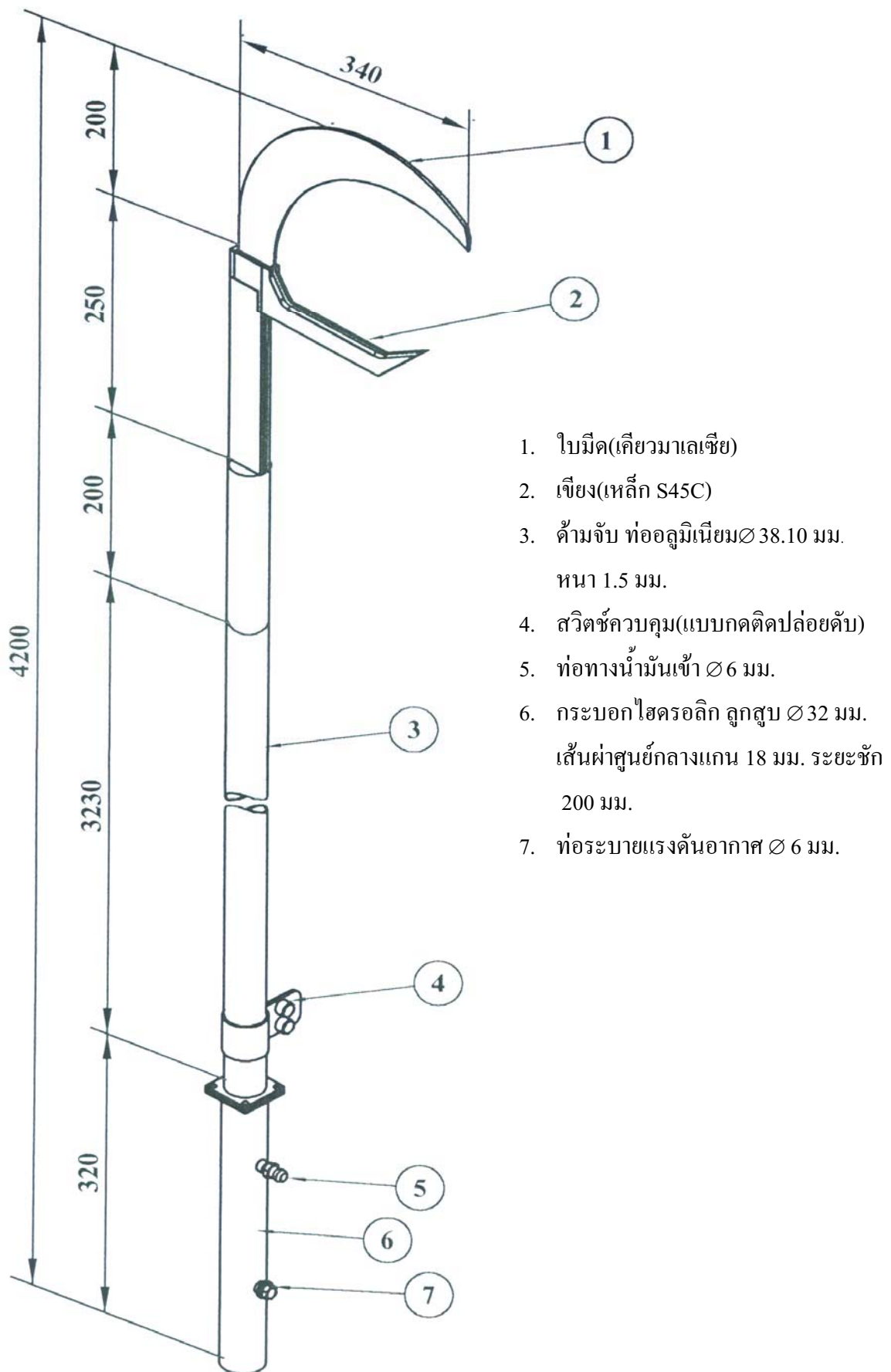
ภาพที่ 11 อุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานระบบไฮดรอลิก
ที่มา: ขวัญชัยและปานเพชร (2539)



ภาพที่ 12 วงจรไฮดรอลิกของเครื่องตัดทางใบปาล์ม



ภาพที่ 13 แบบเครื่องตัดทางใบปาล์มน้ำมันระบบไฮดรอลิก



ภาพที่ 14 ภาพตัดย่อยส่วนเครื่องตัดทางใบปาล์มน้ำมัน

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตลับเมตร(0 – 5 เมตร)
2. นาฬิกาจับเวลา
3. เกจวัดแรงดันน้ำมันไฮดรอลิก
4. เวอร์เนียคาลิเปอร์
5. กล้องถ่ายภาพยี่ห้อ SONY รุ่น MVC – CD 300
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ OHAUS ขนาด 4,100 กรัม
7. ตู้อบ MEMMERT
8. ปากกาเขียนถาวร
9. ทางใบปาล์มน้ำมัน

วิธีการทดลอง

หลังจากดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบแล้ว ทำการทดสอบและประเมินผลโดยทำการตัดทางใบปาล์มที่ บริษัท สุขสมบูรณ์น้ำมันปาล์ม จำกัด อำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี โดยเลือกต้นปาล์มที่อายุ 6 - 8 ปี สูง 3 – 7 เมตร พื้นที่ประมาณ 2 ไร่ทำการทดสอบเครื่องตัดแต่งทางใบปาล์มน้ำมันโดยนำเครื่องเข้าตัดแต่งทางใบปาล์มน้ำมันและบันทึกผลทดสอบดังนี้

1. บันทึกเวลาการตัดต่อทางใบโดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่เริ่มนำเครื่องเข้าตัดทางใบจนทางใบขาด บันทึกเวลาเป็นวินาที จำนวนครั้งการตัดให้ขาดและลักษณะรอยแผลที่เกิดจากการตัด
2. บันทึกเวลาการตัด เวลารวมตลอดการทดลอง (เวลาการตัดแบบต่อเนื่อง)
3. บันทึกเวลาในการหยุดซ่อมเครื่องฯ และจำนวนครั้งการหยุดซ่อมเครื่องฯ
4. บันทึกภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวขณะทำการทดสอบ
5. สุ่มวัดความกว้างและสูงของรอยแผลที่ตัด
6. สุ่มเก็บตัวอย่าง เพื่อหาค่าความชื้นของทางใบ
7. สำนวณความสึกหรอของใบมีดและชุดถ่ายทอดกำลัง
8. ทำการตัดแต่งทางใบโดยใช้เลื่อยที่คนงานใช้ตัดเป็นประจำเพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องตัดทางใบปาล์มน้ำมัน และบันทึกเวลาตัดรวม จำนวนทางใบและจำนวนต้นที่ตัด
9. ส่งใบมีดตัด(เลื่อยมาเลเซีย)ไปให้ห้องปฏิบัติการวัสดุวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตรวจสอบคุณภาพใบมีด

การพัฒนาเครื่องต้นแบบที่ผลิตโดยโรงงาน

หลังจากดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบที่ผลิตโดยโรงงานแล้ว ทำการทดสอบและประเมินผลโดยทำการตัดทางใบปาล์มที่ บริษัท สุขสมบูรณ์น้ำมันปาล์ม จำกัด อำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี โดยเลือกต้นปาล์มที่อายุ 6 - 10 ปี สูง 3 – 7 เมตร พื้นที่ประมาณ 2 ไร่ทำการทดสอบเครื่องตัดแต่งทางใบปาล์มน้ำมันโดยนำเครื่องเข้าตัดแต่งทางใบปาล์มน้ำมันและบันทึกผลทดสอบดังนี้

- 1.บันทึกเวลาการตัดต่อทางใบโดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่เริ่มนำเครื่องเข้าตัดทางใบจนทางใบขาด บันทึกเวลาเป็นวินาที จำนวนครั้งการตัดให้ขาดและลักษณะรอยแผลที่เกิดจากการตัด
- 2.บันทึกเวลาการตัด เวลารวมตลอดการทดลอง (เวลาการตัดแบบต่อเนื่อง)
- 3.บันทึกเวลาในการหยุดซ่อมเครื่องฯ และจำนวนครั้งการหยุดซ่อมเครื่องฯ
- 4.บันทึกภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวขณะทำการทดสอบ
- 5.สุ่มวัดความกว้างและสูงของรอยแผลที่ตัด
- 6.สุ่มเก็บตัวอย่าง เพื่อหาค่าความชื้นของทางใบ
- 7.สำรวจความสึกหรอของใบมีดและชุดถ่ายทอดกำลัง

การทดสอบเครื่องต้นแบบที่ผลิตโดยโรงงานโดยเกษตรกรและประเมินผล

หลังจากดำเนินการปรับปรุงเครื่องต้นแบบที่ผลิตโดยโรงงานแล้ว ทำการฝึกอบรมเกษตรกรใช้เครื่องฯ และให้เกษตรกรทดสอบเครื่องต้นแบบ และประเมินผล โดยสอนวิธีการใช้เครื่องฯ (ภาคผนวก ข.) พร้อมทั้งสาธิตการใช้เครื่องฯแบบโดย operator ผู้ชำนาญการใช้เครื่องฯ และให้เกษตรกรทดลองใช้เครื่องฯตัดทางใบคนละ 10 ทางใบ จำนวน 3 คน แล้วทำการประเมินผลโดยให้เกษตรกรทดลองตัดอีกคนละ 20 ทางใบ จำนวน 3 คน และบันทึกผลดังนี้(ทำการทดสอบและประเมินผลโดยทำการตัดทางใบปาล์มที่ บริษัท สุขสมบูรณ์น้ำมันปาล์ม จำกัด อำเภอหนองใหญ่ จังหวัดชลบุรี โดยเลือกต้นปาล์มที่อายุ 6 - 10 ปี สูง 3 – 7 เมตร พื้นที่ประมาณ 2 ไร่)

- 1.บันทึกเวลาการตัดต่อทางใบโดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่เริ่มนำเครื่องเข้าตัดทางใบจนทางใบขาด บันทึกเวลาเป็นวินาที จำนวนครั้งการตัดให้ขาดและลักษณะรอยแผลที่เกิดจากการตัด
- 2.บันทึกภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวขณะทำการทดสอบ
- 3.สุ่มวัดความกว้างและสูงของรอยแผลที่ตัด
- 4.สุ่มเก็บตัวอย่าง เพื่อหาค่าความชื้นของทางใบ
- 5.สำรวจความสึกหรอของใบมีดและชุดถ่ายทอดกำลัง
- 6.ให้เกษตรกรกรอกแบบสอบถาม

ผลและวิจารณ์

ผลงาน

ได้ออกแบบสร้างและทดสอบ เครื่องต้นแบบ No1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ เครื่องต้นแบบที่ผลิตโดยโรงงาน เสร็จเรียบร้อย สรุปผลได้ดังนี้

เครื่องต้นแบบ No.1 กลไกการตัดเป็นแบบกรรไกร ขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิก(ภาพที่ 15 และ 16) ประกอบด้วย ด้ามทำจากท่ออลูมิเนียม $\varnothing$ 38.10 มม. หยา 3 มม. ยาว 3 เมตร ชุดใบมีด ใช้เคียวมาเลเซี่ย สองเลี้ยวติดตั้งในลักษณะเหมือนกรรไกร แกนเหล็กถ่ายทอดกำลังทำจากเหล็กเส้นขนาด $\varnothing$ 6 มม. ชุดกระบอกไฮดรอลิก $\varnothing$ ภายใน 30 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางแกน 16 มม. ระยะชัก 125 มม. รับแรงดันสูงสุด 1,700 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ชุดปั๊มไฮดรอลิก 900 วัตต์ 12 โวลท์ ดีซี ใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 12 โวลท์ 50 แอมป์ ควบคุมการทำงานด้วยสวิตช์ไฟฟ้าแบบกดติดปล่อยดับ



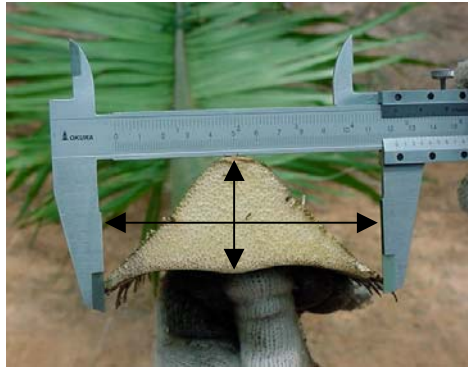
ภาพที่15 เครื่องต้นแบบ No.1



ภาพที่ 16 ชุดปั๊มไฮดรอลิกและด้ามเครื่องต้นแบบ No.1

เครื่อง No.1 สามารถตัดทางใบขาดครั้งเดียว 76 % ด้วยเวลาเฉลี่ย 10.5 วินาที/ทางใบ ที่ระยะห่างจากแนวตัดปกติ ≈ 65.7 ซม. ขนาดโคนทางใบกว้างเฉลี่ย 89.1 มม. หยาเฉลี่ย 41.8 มม. พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 1,894.2 ตร.มม.(ในการหาพื้นที่หน้าตัดทางใบโดยอนุมานว่ารอยตัดเป็นรูป

สามเหลี่ยมใช้สมการหาพื้นที่สามเหลี่ยมเท่ากับ $\frac{1}{2} * กว้าง * หนา$ (ภาพที่ 17) มีปัญหาหลายประการที่ต้องแก้ไข ปรับปรุงให้เครื่องมีประสิทธิภาพ และขีดความสามารถดีขึ้น



ภาพที่ 17 การวัดความกว้าง(แนวนอน)และหนา(แนวตั้ง)รอยแผลที่ตัดทางใบปาล์ม

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการตัดกิ่ง(ทางใบ)ปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องต้นแบบ No.1 จำนวนการตัด 25 ทางใบ ที่ระยะห่างจากแนวตัดปกติเฉลี่ย 65.7 ซม. ต้นปาล์มอายุ 6 – 8 ปี ความสูงของต้นเฉลี่ย 4 เมตร

ค่าต่างๆ	เวลาตัด (วินาที/ทางใบ)	ขนาดทางใบ			ความสูงจาก พื้นถึงรอยตัด (ม.)	จำนวนครั้ง ของการตัดต่อ หนึ่งกิ่งปาล์ม
		กว้าง (มม.)	หนา (มม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)		
ค่าเฉลี่ย	10.50	89.10	41.80	1,894.20	4	1.04
SD	4.41	12.08	6.91	607.56	-	-
ค่าน้อยสุด	5.28	68.65	31.75	1,158.88	3	1
ค่ามากที่สุด	23.82	130.00	67.65	2,297.57	5	2

ปัญหา

1. กระบอกลิขสิทธิ์ขัดข้องเนื่องจากปิ่นล็อกแกนลูกสูบหลุดเนื่องจากหมดอายุ เมื่อทำการซ่อมสามารถใช้งานได้แต่สปริงที่ช่วยในการดันลูกสูบกลับ(ทำให้ใบมีดأ้าออก)ขัดข้อง ต้องใช้มือช่วยในการดันออกในจังหวะอ้าใบมีด(ภาพที่ 18)
2. ตัดทางใบปาล์มไม่ขาด 5 ทางใบเนื่องจากใบมีดล่างเกิดการบิดทำให้คมมีดบนและล่างมีระยะห่างกันทำให้ตัดไม่ขาด(ภาพที่ 19)

3. การตัดแบบกรไกร ไบมีดล่างเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นตัดได้ทางใบสู่ด้านบน(ภาพที่ 19)ทำให้มีแรงบีบไบมีดล่างขณะกำลังเคลื่อนที่ขึ้นเข้าตัดทางใบ เมื่อทางใบถูกตัดน้ำหนักของทางใบจะตกลงมาตามสรีระของมัน หลักการตัดของเครื่อง No.1 จึงไม่ดีและขัดแย้งกับวิธีการตัดด้วยเกี่ยว



ภาพที่ 18 มือช่วยดันให้ไบมีดอ้าออก

ภาพที่ 19 ไบมีดล่างบิด

วิธีแก้ไข

ทำการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นทั้งหมดในเครื่องต้นแบบ No.1 และสร้างเครื่องต้นแบบ No.2

เครื่องต้นแบบ No.2 (ภาพที่ 20) กลไกการตัดเป็นมีด(ทำจากเคียวมาเลเซีย)เคลื่อนที่ลงมาตัดทางใบ โดยเขียงอยู่กับที่ ปรับปรุงจากเครื่องต้นแบบ No.1 อุปกรณ์ต้นกำลังและด้ามใช้ชุดเดิมทั้งหมด เพิ่มเฉพาะกลไกการตัด คือแขนยึดไบมีด, เขียงคู่ และ ทิศทางการเคลื่อนที่ของไบมีด



ภาพที่ 20 เครื่องต้นแบบ No. 2

เครื่องต้นแบบ No.2 สามารถตัดทางใบขาดครั้งเดียว 73.3 % ด้วยเวลาเฉลี่ย 8.9 วินาที/ทางใบ ที่ระยะห่างจากแนวตัดปกติ $\approx 20 - 30$ ซม. ขนาดโคนทางใบกว้างเฉลี่ย 102.3 มม.

หนาเฉลี่ย 45.5 มม. พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 2,937.51 ตร.มม. น้ำหนักเครื่อง 8.2 กิโลกรัม มีปัญหาหลายประการที่ต้องแก้ไข ปรับปรุงให้เครื่องมีประสิทธิภาพ และขีดความสามารถดีขึ้น

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการตัดทางปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องต้นแบบ No.2 จำนวนการตัด 30 ทางใบ ที่ระยะห่างจากแนวตัดปกติ 20 - 30 ซม. ต้นปาล์มอายุ 6 – 8 ปี ความสูงของต้น $\approx$ 3 เมตร

ค่าต่างๆ	เวลาตัด (วินาที/ทางใบ)	ขนาดทางใบ			ความสูงจาก พื้นถึงรอยตัด (ม.)	จำนวนครั้ง ของการตัดต่อ หนึ่งกิ่งปาล์ม
		กว้าง (มม.)	หนา (มม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)		
ค่าเฉลี่ย	9.26	102.30	45.50	2,336.68	3	1.04
SD	5.21	11.34	4.12	385.49	-	-
ค่าน้อยสุด	2.09	74.70	35.70	1,333.40	-	1
ค่ามากที่สุด	23.13	118.80	51.40	2,970.00	-	2

ปัญหา

1. ใบมีดหนีจากแนวเชิงเวลาตัดโดยไม่ตั้งฉากกับทางใบ
2. เชียงลื่นเนื่องจากไม่มีคมทำให้ทางใบลื่นหนีใบมีด
3. สอดใบมีดเข้าตัดทางใบยากเนื่องจากไม่มีที่กั้นด้านในสุดชุดใบมีด
4. ตัวเชิงมีน้ำหนักมาก(เป็นเหล็กเชิงคู่)

วิธีแก้ไข

ทำการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นทั้งหมดในเครื่องต้นแบบ No.2 และสร้างเครื่องต้นแบบ No.3

เครื่องต้นแบบ No.3 (ภาพที่ 21) กลไกการตัดเป็นมีด (ทำจากเหล็กมาเลเซีย) เคลื่อนที่ลงมาตัดทางใบ โดยเชิงอยู่กับที่ เครื่องประกอบด้วย ใบมีดบนยึดติดลูกสูบชุปเปอร์เลนต่อกับแกนเหล็กถ่ายทอดกำลังและมีสปริงรองรับด้านล่างลูกสูบ (ช่วยดันให้ใบมีดบนอ้าออก) สำหรับเชิงทำจากเหล็กแผ่นหนา 3 มม. ขึ้นรูปเป็นมีดมีคมด้านเดียว โดยมีเหล็กประคองอีกด้านระยะห่างเท่ากับความหนาของใบมีด ตัวยึดชุดใบมีดทั้งหมดทำจากท่ออลูมิเนียม $\varnothing$ 38.10 มม. หนา 3 มม. ยาว 350 มม. อุปกรณ์ต้นกำลังและด้ามใช้ชุดเดียวกับ เครื่องต้นแบบ No.1 และ เครื่องต้นแบบ No.2



ภาพที่ 21 เครื่องต้นแบบ No.3

เครื่องต้นแบบ No.3 สามารถตัดทางใบขาดครั้งเดียว 93.3 % ด้วยเวลาเฉลี่ย 6.9 วินาที/ทางใบ ที่ระยะห่างจากแนวตัดปกติ $\approx 20 - 30$ ซม. ขนาดโคนทางใบกว้างเฉลี่ย 100.2 มม. หนาเฉลี่ย 47.1 มม. พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 2,368.55 ตร.มม. น้ำหนักเครื่อง 8.1 กิโลกรัม มีปัญหาหลายประการที่ต้องแก้ไข ปรับปรุงให้เครื่องมีประสิทธิภาพ และขีดความสามารถดีขึ้น

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการตัดทางปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องต้นแบบ No.3 จำนวนการตัด 30 ทางใบ ที่ระยะห่างจากแนวตัดปกติ 20 - 30 ซม. ต้นปาล์มอายุ 6 – 8 ปี ความสูงของต้น ≈ 3 เมตร

ค่าต่างๆ	เวลาตัด (วินาที/ทางใบ)	ขนาดทางใบ			ความสูงจาก พื้นถึงรอยตัด (ม.)	จำนวนครั้ง ของการตัดต่อ หนึ่งกิ่งปาล์ม
		กว้าง (มม.)	หนา (มม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)		
ค่าเฉลี่ย	6.90	100.20	47.10	2,368.55	3	1
SD	4.86	8.59	5	388.75	-	-
ค่าน้อยสุด	2.21	83.70	40.00	1,595.94	-	1
ค่ามากที่สุด	25.00	122.00	58.00	3,538	-	1

ปัญหา

1. การอ้าของใบมีดตัดจากเขียงน้อยเกินไป ทำให้ยากในการสอดใบมีดเข้าตัดทางใบ
2. น้ำหนักยังสูง 8.1 กิโลกรัม
3. ยังใช้คน Operate 2 คน

วิธีแก้ไข

ทำการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นทั้งหมดในเครื่องต้นแบบ No.3 และสร้างเครื่องต้นแบบ No.4

เครื่องต้นแบบ No.4 (ภาพที่ 22) กลไกการตัดเป็นมีด (ทำจากเคียวมาเลย์) เคลื่อนที่ลงมาตัดทางใบ โดยเขียงอยู่กับที่ เครื่องประกอบด้วยใบมีดบนยึดติดกับลูกสูบซูเปอร์เลนต่อกับแกนเหล็กถ่ายทอดกำลังและมีสปริงรองรับด้านล่างลูกสูบ(ช่วยดันให้ใบมีดบนอ้าออก) สำหรับเขียงทำจากเหล็กแผ่นหนา 3 มม. ขึ้นรูปเป็นมีดมีคมด้านเดียวโดยมีเหล็กแผ่นประกองอีกด้านโดยมีช่องว่างเท่ากับความหนาของใบมีดบน ตัวยึดชุดใบมีดทั้งหมดทำจากท่ออลูมิเนียม $\varnothing$ 38.10 มม. หนา 3 มม. ยาว 600 มม. แกนถ่ายทอดกำลังทำจากเหล็กเส้น $\varnothing$ 6 มม. ต่อกับกระบอกลูกสูบ $\varnothing$ ภายใน 30 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางแกน 16 มม. ระยะชัก 125 มม. รับแรงดัน สูงสุด 117 บาร์ ชุดปั๊มไฮดรอลิก 900 วัตต์ 12 โวลต์ ดีซี ใช้กำลังไฟฟ้า จากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 50 แอมป์ ควบคุมโดยสวิตช์ ไฟฟ้าแบบกดติดปลั๊ก



ภาพที่ 22 เครื่องต้นแบบ No. 4

เครื่อง No.4 สามารถตัดทางใบขาดครั้งเดียว 100 % ด้วยเวลาเฉลี่ย 5.39 วินาที/ทางใบ ที่ระยะห่างจากแนวตัดปกติ 10 ซม. และ เวลาเฉลี่ย 4.38 วินาที/ทางใบ ที่แนวตัดปกติ ขนาดโคนทางใบกว้างเฉลี่ย 108.28 มม. หนา เฉลี่ย 47.41 มม. พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 2,592.19 ตร.มม. (ที่ระยะห่างจากแนวตัดปกติ 10 ซม.) และ ขนาดโคนทางใบกว้างเฉลี่ย 107.92 มม. หนา เฉลี่ย 48.73 มม. พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 2,638.68 ตร.มม (ที่แนวตัดปกติ) อัตราการทำงานต่อเนื่อง $\approx$ 175 ทางใบต่อชั่วโมง มีปัญหาที่ต้องแก้ไขและ ปรับปรุงให้เครื่องมีประสิทธิภาพ และขีดความสามารถดีขึ้น

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบการตัดกิ่ง(ทางใบ)ปาล์มน้ำมันด้วย เครื่องต้นแบบ No. 4 จำนวนการตัด 50 ทางใบ (ที่ระยะห่างจากแนวตัดปกติ 10 ซม.) กับต้นปาล์มอายุ 6-8 ปี ความสูงของต้นเฉลี่ย 2.7 เมตร

ค่าต่างๆ	เวลาตัด (วินาที/ทางใบ)	ขนาดทางใบ			ความสูงจาก พื้นถึงรอยตัด (ม.)	จำนวนครั้ง ของการตัดต่อ หนึ่งกิ่งปาล์ม
		กว้าง (มม.)	หนา (มม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)		
ค่าเฉลี่ย	5.39	108.28	47.41	2,592.19	2.69	1
SD	4.63	12.21	5.68	557.45	0.37	0
ค่าน้อยสุด	1.47	83.80	38.85	1,617.34	2.16	1
ค่ามากที่สุด	34.00	130.40	60.00	3,607.63	3.60	1

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบการตัดทางใบปาล์มน้ำมันด้วย เครื่องต้นแบบ No. 4 จำนวนการตัด 39 ทางใบ(ที่ระยะห่างจากแนวตัดปกติ) กับต้นปาล์มอายุ 6-8 ปี ความสูงของต้นเฉลี่ย 3.2 เมตร

ค่าต่างๆ	เวลาตัด (วินาที/ทางใบ)	ขนาดทางใบ			ความสูงจาก พื้นถึงรอยตัด (ม.)	จำนวนครั้ง ของการตัดต่อ หนึ่งกิ่งปาล์ม
		กว้าง (มม.)	หนา (มม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)		
ค่าเฉลี่ย	4.38	107.92	48.73	2,638.68	3.18	1
SD	1.59	10.30	5.37	603.79	1.07	0
ค่าน้อยสุด	1.62	84.30	40.40	1,702.86	2.41	1
ค่ามากที่สุด	8.34	133.80	65.50	3,970.25	3.51	1

ปัญหา

1. มีดบนเมื่ออยู่ในจังหวะตัดเคลื่อนที่ลงมาต่ำสุดไม่ถึงเชิงเนื่องจากระยะดิ่งใบมีดไม่สุด เนื่องจากด้ามอุมิเนียมมีความหนาเพียง 1.5 มม. ทำให้รู้ที่เจาะสำหรับยึดด้ามกับกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกเกิน ทำให้ระยะดิ่งใบมีดสั้นลง
2. เศษผงเข้าไปติดในช่องว่างระหว่างลูกสูบและปลอกสูบอุมิเนียมยึดชุดใบมีด
3. การหล่อลื่นชุดลูกสูบและปลอกสูบเมื่อใช้จารบี เป็นสารหล่อลื่นยังมีความผิด

วิธีแก้ไข

ทำการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นทั้งหมดในเครื่องต้นแบบ No.4 และสร้าง เครื่องต้นแบบ No.5

เครื่องต้นแบบ No.5 (ภาพที่ 23) กลไกการตัดเป็นมีด(ทำจากเคียวมาเลย) มีความยาว 340 มม.เคลื่อนที่ลงมาตัดทางใบ โดยเขียงอยู่กับที่ เครื่องประกอบด้วยใบมีดบนยึดติดกับลูกสูบ เหล็กต่อกับแกนเหล็กถ่ายทอดกำลังและมีสปริงรองรับด้านล่างลูกสูบ(ช่วยดันให้ใบมีดบนเด้งออก) สำหรับเขียงทำจากเหล็กแผ่นกว้าง 35 มม.ยาว 230 มม.หนา 3 มม. ขึ้นรูปเป็นมีดมีคมสองด้าน โดยมีเหล็กแผ่นประคองอีกด้านโดยมีช่องว่างเท่ากับความหนาของใบมีดบน ตัวยึดชุดใบมีดทั้งหมดทำจากท่ออลูมิเนียม $\varnothing$ 38.10 มม. หนา 3 มม. ยาว 600 มม. แกนถ่ายทอดกำลังทำจากเหล็กเส้น $\varnothing$ 6 มม. ต่อกับกระบอกไฮดรอลิก $\varnothing$ ภายใน 32 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางแกน 18 มม. ระยะชัก 200 มม. รับแรงดัน สูงสุด 117 บาร์ ชุดปั๊มไฮดรอลิก 900 วัตต์ 12 โวลต์ ดีซี ใช้กำลังไฟฟ้า จากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 50 แอมป์ ควบคุมโดยสวิตช์ ไฟฟ้าแบบกดติดปล่อยดับ



ภาพที่ 23 เครื่องต้นแบบ No.5

เครื่อง No.5 สามารถตัดทางใบขาดครั้งเดียว 60 % ด้วยเวลาเฉลี่ย 6.95 วินาที/ทางใบ (ที่แนวตัดปกติ)ขนาดโคนทางใบกว้างเฉลี่ย 127.87 มม. หนา เฉลี่ย 84.42 มม. พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 5,292.36 ตร.มม. ซึ่งใหญ่เป็นประมาณ สองเท่าของพื้นที่หน้าตัดทางใบที่ No.4 เคยทำงาน ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้น 75.13 % มาตรฐานเปียก อัตราการทำงานของเครื่อง 176 ทางใบ/ชั่วโมง มีการหยุดซ่อมเครื่องระหว่างการทำงานเป็นเวลา 4 นาที 10 วินาที คิดเป็นจำนวนครั้งของการหยุดซ่อมต่อการทำงาน 1 ชั่วโมง $\approx$ 1.75 ครั้ง น้ำหนักเครื่อง 8.5 กิโลกรัม มีปัญหาที่ต้องแก้ไขและ ปรับปรุงให้เครื่องมีประสิทธิภาพ และขีดความสามารถดีขึ้น

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบการตัดทางใบปาล์มน้ำมันด้วย เครื่องต้นแบบ No. 5 จำนวนการตัด 150 ทางใบ กับต้นปาล์มอายุ 6-8 ปี ความสูงของต้นเฉลี่ย 3 เมตร

ค่าต่างๆ	เวลาตัด (วินาที/ทางใบ)	ขนาดทางใบ			ความสูงจาก รอยตัดถึงพื้น (ม.)	จำนวนครั้ง ของการตัดต่อ หนึ่งกิ่งปาล์ม
		กว้าง (มม.)	หนา (มม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)		
ค่าเฉลี่ย	6.95	127.87	84.42	5,292.36	3.00	1.53
SD	4.63	13.78	14.91	1,220.91	0.34	0.73
ค่าน้อยสุด	1.25	100.50	61.00	3,509.91	2.22	1
ค่ามากที่สุด	30.19	166.00	120.1	8,431.75	3.5	4

ปัญหา

1. การเคลื่อนย้ายชุดปั๊มไฮดรอลิกยากเนื่องจากล้อมีขนาดเล็ก (ภาพที่ 24)
2. สวิตช์อยู่ในตำแหน่งยากต่อการควบคุมและปลั๊กต่อสวิตช์หลุดง่าย(คุณภาพไม่ดี)
3. ปลอกกอลูมิเนียมเกิดการโป่งบวม (ภาพที่ 25)
4. การหักбинของคมมีด (ช่วง L1 – L2 มีรอยหักของคมมีดยาว 46 มม. ลึก 5.7, 3.8 และ 2 มม.) (ภาพที่ 26)

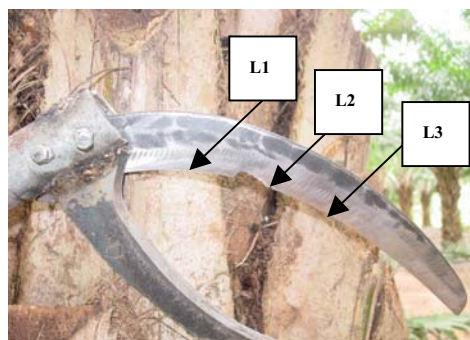
ตำแหน่งที่	ก่อนตัด (มม.)	หลังตัด (มม.)	หมายเหตุ
L1	54	54	
L2	43	42.2	มีรอยหักбин
L3	36.6	36.6	



ภาพที่ 24 ชุดปั๊มไฮดรอลิกมีล้อขนาดเล็ก



ภาพที่ 25 ปลอกอลูมิเนียมเกิดการโป่งพวม



ภาพที่ 26 ตำแหน่ง L1, L2 และ L3

วิธีแก้ไข

ทำการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นทั้งหมดในเครื่องต้นแบบ No.5 และสร้างเครื่องต้นแบบ No.6

เครื่องต้นแบบ No.6 (ภาพที่ 27) กลไกการตัดเป็นมีด(ทำจากเคียวมาเลย)ยาว 340 มม. เคลื่อนที่ลงมาตัดทางใบ โดยเขียงอยู่กับที่ เครื่องประกอบด้วยใบมีดเชื่อมต่อกับแกนเหล็กและต่อกับแกนเหล็กถ่ายทอดกำลังและมีสปริงรองรับด้านล่างลูกสูบ(ช่วยดันให้ใบมีดบนอ้าออก) สำหรับเขียงทำจากเหล็กแผ่นกว้าง 35 มม. ยาว 230 มม.หนา 5 มม. ขึ้นรูปเป็นมีดมีคมสองด้านโดยมีเหล็กแผ่นประคองอีกด้านโดยมีช่องว่างเท่ากับความหนาของใบมีดบน ตัวยึดชุดใบมีดและบังคับการเคลื่อนที่ของใบมีดทำจากเหล็กแผ่น S45C กว้าง 25 มม. ยาว 250 มม.หนา 5 มม. ต่อเชื่อมกับท่อเหล็ก $\varnothing 42$ มม. หนา 2 มม. ยาว 250 มม. และท่อลูมิเนียม $\varnothing 38.10$ มม. หนา 3 มม. ยาว 350 มม. ต่อด้วยแกนถ่ายทอดกำลังทำจากเหล็กเส้น $\varnothing 6$ มม. ต่อกับกระบอกไฮดรอลิก $\varnothing$ ภายใน 32 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางแกน 18 มม. ระยะชัก 200 มม. รับแรงดัน สูงสุด 117 บาร์ ชุดปั๊มไฮดรอลิก 900 วัตต์ 12 โวลต์ ดีซี ใช้กำลังไฟฟ้า จากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 50 แอมป์ ติดตั้งบนรถที่ปรับปรุงแก้ไขใช้ล้อจักรยานเส้นผ่าศูนย์กลางวงล้อ 16 นิ้ว (ภาพที่ 28) ควบคุมโดยสวิตช์ ไฟฟ้าแบบกดติดปล่อยดับ



ภาพที่ 27 เครื่องต้นแบบ No.6



ภาพที่ 28 ชุดปั๊มไฮดรอลิกที่แก้ไขเปลี่ยนเป็นล้อใหญ่

เครื่อง No.6 สามารถตัดทางใบขาดครั้งเดียว 98.67 % ด้วยเวลาเฉลี่ย 3.38 วินาที/ทางใบ (ที่แนวตัดปกติ)ขนาดโคนทางใบกว้างเฉลี่ย 133.73 มม. หน้า เฉลี่ย 61.21 มม. พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 4,127.25 ตร.มม. ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้น 75.98 % มาตรฐานเปียก อัตราการทำงานของเครื่อง 202 ทางใบ/ชั่วโมง มีการหยุดซ่อมเครื่องระหว่างการทำงานเป็นเวลา 15 นาที 40 วินาที คิดเป็นจำนวนครั้งของการหยุดซ่อมต่อการทำงาน 1 ชั่วโมง $\approx$ 8 ครั้ง น้ำหนักเครื่อง 9 กิโลกรัม มีปัญหาที่ต้องแก้ไขและ ปรับปรุงให้เครื่องมีประสิทธิภาพ และขีดความสามารถดีขึ้น

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบการตัดทางใบปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องต้นแบบ No. 6 จำนวนการตัด 150 ทางใบ กับต้นปาล์มอายุ 8-10 ปี ความสูงต้นเฉลี่ย 3.9 เมตร

ค่าต่างๆ	เวลาตัด (วินาที/ทางใบ)	ขนาดทางใบ			ความสูงจาก รอยตัดถึงพื้น (ม.)	จำนวนครั้ง ของการตัดต่อ หนึ่งกิ่งปาล์ม
		กว้าง (มม.)	หนา (มม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)		
ค่าเฉลี่ย	3.38	133.73	61.21	4,127.25	3.87	1.02
SD	2.03	14.73	8.97	939.08	0.53	0.14
ค่าน้อยสุด	1.09	101.75	43.00	2,187.63	2.97	1
ค่ามากที่สุด	12.78	173.30	76.60	6,251.40	4.85	2

ปัญหา

1. ใบมีดใบอันที่1(No.6/1)หักบริเวณแนวเชื่อมต่อระหว่างใบมีดกับเหล็กเพื่อต่อกับชุดถ่ายทอดกำลัง (ภาพที่ 29)ช่วง L2- L3 (No.6/1)เกิดรอยหักบิ่น ยาว 20 มม. ลึก 3.4 มม. และช่วง ช่วง L1- L2 ของใบมีดอันที่ 2 (No.6/2)เกิดรอยเยินยาว 5 มม. ลึก 1.6 มม.

ตำแหน่งที่	ก่อนตัด (มม.)	หลังตัด (มม.)	หมายเหตุ
L1(No.6/1)	52.3	52.30	No.6/1 หมายถึงใบมีดใบที่1, No.6/2 หมายถึงใบมีดใบที่ 2 (อะไหล่)
L2(No.6/1)	43.35	43.00	
L3(No.6/1)	38.00	37.90	
L1(No.6/2)	55.25	52.25	
L2(No.6/2)	44.80	44.80	
L3(No.6/2)	39.55	38.85	