การออกแบบและพัฒนาเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น

นายสุธรรม ดวนสันเทียะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2561

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A CASSAVA STEM SOAKING MACHINE

Sutham Duansanthia

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Agricultural and Food Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2018

การออกแบบและพัฒนาเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน)
ประธานกรรมการ

(อ. ดร.สามารถ บุญอาจ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร)
กรรมการ

(ศ. ดร.สันติ แม้นศิริ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ
และพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สุธรรม ดวนสันเทียะ : การออกแบบและพัฒนาเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น (DESIGN AND DEVELOPMENT OF A CASSAVA STEM SOAKING MACHINE) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.สามารถ บุญอาจ, 107 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง พัฒนา ทดสอบและประเมินผลเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น ผลการวิจัยพบว่าเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นมีขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 1.2 x 3 x 3 เมตร รองรับอ่างชุบขนาด 2,400 ลิตร ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 2,500 วัตต์ เป็นต้นกำลังให้กับรอกสลิงไฟฟ้ายกท่อนพันธุ์และมอเตอร์เกียร์ควบคุมการหมุนของชุดเครน พร้อมจุดต่อพ่วงสำหรับลากเครื่องเข้าพื้นที่ทำงาน

ผลการทดสอบสมรรถนะพบว่า เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังมีความสามารถในการทำงาน 137.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (320 ท่อนต่อชั่วโมง) การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.42 ลิตรต่อชั่วโมง อัตราความเสียหายของท่อนพันธุ์จากการทำงานของเครื่องมีค่าน้อยมากและอัตราของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบอยู่ที่ร้อยละ 20 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเปรียบเทียบกับแรงงานคน 27.76 ไร่ต่อปี และระยะเวลาในการคืนทุนภายใน 2.2 ปี ในพื้นที่การทำงาน 100 ไร่ต่อปี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร ลายมือชื่อนักศึกษา สุธรรม

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

SUTHAM DUANSANTHIA : DESIGN AND DEVELOPMENT OF A CASSAVA STEM SOAKING MACHINE : SAMART BUN-ART, Ph.D.,107 PP.

CASSAVA/STEM SOAKING/CASSAVA STEM SOAKING

In this research aims to designed, created, developed, tested and evaluated cassava stem soaking machine. The research found that cassava stem soaking machine dimensions (width x length x height) 1.2 x 3 x 3 meter support soaking bath size 2,400 liter. Installation with 2,500 watts generator used with electric hoist lift the stem and the motor gear control rotation of a crane. With trailer hitch for travelling.

Performance test results found that the field capacity of machine was 137.28 kg/hour (320 stem/hour). The fuel consumption was found to be 0.42 liter/hour. The cassava stem damage was little value. The cassava stem with no soaking was 20%. Economic analysis showed that the break-even point of the machine was 27.76 rai/year with a consequence of payback period within 2.2 years at working area 100 rai/year.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Agricultural Engineering

Academic Year 2018

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลต่าง ๆ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

อาจารย์ ดร.สามารถ บุญอาจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้โอกาสทางการศึกษาให้คำแนะนำปรึกษาด้านวิชาการในการทำวิจัย ช่วยแก้ปัญหารวมทั้งให้คำแนะนำในการดำเนินชีวิตด้วยความเมตตามาโดยตลอด และสละเวลาตรวจสอบแก้ไขให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการอันเป็นประโยชน์

คุณกรรณิกา ประเสริฐสังข์ และพี่ - น้องสาขาวิชาวิศกรรมเกษตรและอาหารที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครูบาอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้วิจัยตลอดมาและสำคัญที่สุดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่ให้การเลี้ยงดู อบรม ส่งเสริมการศึกษา ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา

สุธรรม ดวนสันเทียะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 บทนำ 4
2.2 วงจรมันสำปะหลัง 4
2.2.1 ชนิดของมันสำปะหลัง 5
2.2.2 พันธุ์มันสำปะหลัง 6
2.2.3 ฤดูกาลปลูกมันสำปะหลัง 9
2.2.4 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง 9
2.2.5 การปลูกมันสำปะหลัง 10
2.2.6 การเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 11
2.2.7 วิธีการปลูกมันสำปะหลัง 11
2.2.8 ระยะปลูกมันสำปะหลัง 11

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 เพลี้ยแป้งสีชมพู 12
2.4 รอก 14
2.5 เครน 20
2.5.1 เครนเหนือศีรษะและเครนขาสูง (Overhead-Gentry Cranes) 20
2.5.2 เครนหอสูง (Tower Cranes) 26
2.5.3 รถเครน เรือเครน (Mobile Cranes) 26
2.6 เพลา 30
2.6.1 เพลา 30
2.6.2 การออกแบบเพลาเครื่องจักรกลเกษตร 30
2.7 โซ่ส่งกำลัง 32
2.8 การออกแบบคานเหล็ก 37
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 40
2.10 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย 42
3 วิธีดำเนินการวิจัย 44
3.1 วิธีดำเนินการศึกษาข้อมูลในการออกแบบเครื่อง 44
3.1.1 ศึกษาข้อมูลเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 44
3.1.2 ศึกษาข้อมูลลักษณะทางกายภาพของต้นมันสำปะหลัง 44
3.1.3 หาขนาดของอ่างชุบของเครื่อง 44
3.1.4 หาขนาดของน้ำหนักการยก 45
3.1.5 หาขนาดของมอเตอร์เกียร์ 45
3.1.5 หาขนาดของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า 45
3.2 การออกแบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 45
3.3 การสร้างเครื่องต้นแบบ 48
3.3.1 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องต้นแบบ 48
3.3.2 เครื่องมือที่ใช้สำหรับสร้างเครื่องต้นแบบ 49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเครื่อง 49
3.3.4 สถานที่สร้างเครื่องต้นแบบ 49
3.4 การทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบ เก็บข้อมูลและสรุปผลวิจัย 49
3.4.1 ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบ 49
3.4.2 การเก็บข้อมูลในระหว่างการทดสอบ 50
3.4.3 การเก็บข้อมูลหลังการทดสอบ 50
3.4.4 สถานที่ทำการทดสอบ 50
3.4.5 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย 50
3.5 วิธีดำเนินการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องต้นแบบ 52
4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 53
4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการออกแบบเครื่องต้นแบบ 53
4.1.1 ความสามารถในการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 53
4.1.2 จำนวนต้นพันธุ์มันสำปะหลังต่อไร่ 53
4.1.3 จำนวนต้นพันธุ์ต่อรอบการชุบ 53
4.1.4 ขนาดของอ่างชุบของเครื่องต้นแบบ 54
4.1.5 ขนาดของน้ำหนักการยก 55
4.1.6 ขนาดของมอเตอร์เกียร์ 55
4.1.7 ขนาดของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า 56
4.2 ผลการออกแบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Solid works 56
4.2.1 ออกแบบเครื่องต้นแบบที่ 1 56
4.2.2 ออกแบบเครื่องต้นแบบที่ 2 57
4.2.3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบที่ 2 57
4.3 ผลการสร้างเครื่องต้นแบบ 59
4.4 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบ 65
4.4.1 ความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบ 65
4.4.2 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 66

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.3 ร้อยละความเสียหายของท่อนพันธุ์ที่เกิดการทำงานของเครื่อง 66
4.4.4 ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบ 67
4.4.5 การซึมของน้ำยาเคมีและปริมาณน้ำยาเคมีในอ่างชุบ 67
4.5 ผลการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้เครื่องต้นแบบ 68
4.5.1 ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่าย 68
4.5.2 ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 69
4.5.3 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 70
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 71
5.1 สรุปผลการวิจัย 71
5.2 ข้อเสนอแนะ 72
รายการอ้างอิง 73
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. ตารางผลการทดสอบ 74
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างการคำนวณ 79
ภาคผนวก ค. แบบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 95
ภาคผนวก ง. รูปประกอบการทดสอบ 101
ภาคผนวก จ. ตารางอ้างอิง 105
ประวัติผู้เขียน 107

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงข้อมูลพันธุ์มันสำปะหลังจากการพัฒนาพันธุ์โดยมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ 7
2.2 แสดงพันธุ์มันสำปะหลังจากการพัฒนาพันธุ์ โดยศูนย์ วิจัยพืชไร่ระยอง..... 8
2.3 ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปลูกมันสำปะหลังแต่ละภาค..... 9
4.1 การทดสอบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น 65
4.2 แสดงค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่องต้นแบบ..... 68
ก.1 ลักษณะทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ขนาด 1 มัด (20 ต้นต่อมัด) ที่ใช้นำมาทดสอบ 75
ก.2 น้ำหนักของต้นมันก่อนการชุบและหลังชุบ 76
ก.3 เวลาในการนำต้นมันเข้าออกเครื่องและปริมาณน้ำยาเคมีในอ่างชุบ มีจำนวน 4 มัดต่อหนึ่งรอบการชุบ 76
ก.4 ความเสียหายของต้นพันธุ์ที่เกิดจากการทำงานของเครื่อง..... 77
ก.5 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงหลังการทดสอบเครื่อง 1 ชั่วโมง 77
ก.6 ผลการคำนวณต้นทุนในการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังต่อพื้นที่นำท่อนพันธุ์ไปปลูก 78
ก.7 ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนในการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังต่อพื้นที่การทำงาน..... 78
จ.1 ตัวประกอบการใช้งานสำหรับสภาวะสิ่งแวดล้อมทำงาน N_{s2} 106
จ.2 ค่าความปลอดภัย..... 106
จ.3 ตัวประกอบความล้า C_m และ C_t 106

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แสดงลักษณะของต้นมันสำปะหลังเป็นมันสำปะหลังชนิดหวานจะมีก้านสีแดง 5
2.2 แสดงลักษณะของต้นมันสำปะหลังเป็นมันสำปะหลังชนิดขมจะมีก้านสีเขียว.....6
2.3 แสดงลักษณ์การปลูกมันในพื้นที่ราบ.....12
2.4 แสดงการระบาดของเพลี้ยแป้งสีชมพู (กรมวิชาการเกษตร).....12
2.5 แสดงการชุบท่อนพันธุ์เพื่อป้องกันเพลี้ยแป้งสีชมพู (กรมวิชาการเกษตร).....13
2.6 แสดงรอกสลิงไฟฟ้า.....14
2.7 แสดงรอกโซ่.....15
2.8 แสดงรอกมือสาว 15
2.9 แสดงรอกมือโยก 16
2.10 แสดงรอกโซ่ไฟฟ้า.....17
2.11 แสดงรอกโซ่ทรงกลม 17
2.12 แสดงรอกเชือกรางเดี่ยว.....17
2.13 แสดงรอกพร้อมลูกหมุน 18
2.14 แสดงรอกทด 18
2.15 แสดงรอกสลิงมือหมุน.....19
2.16 แสดงรอกพวง.....19
2.17 แสดง Overhead Cranes (Single Girder) 20
2.18 แสดง Overhead Cranes (Double Girder) 21
2.19 แสดง Gantry Cranes (Single Girder) 21
2.20 แสดง Gantry Cranes (Double Girder) 22
2.21 แสดง Semi Gantry Cranes (Single Girder) 23
2.22 แสดง Semi Gantry Cranes (Double Girder) 23
2.23 แสดง Pillar Jib Cranes 24
2.24 แสดง Wall Jib Cranes 25

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.25 แสดงเครนหอสูง (Tower Crane) 26
2.26 แสดงเครนตีนตะขาบ (Crawler Crane) 27
2.27 แสดง Truck Crane 27
2.28 แสดง เครน 4 ล้อ (Rough Terrain Cranes) 28
2.29 แสดงเครนใหญ่ (All Terrain Cranes) 28
2.30 แสดงเครนติดรถบรรทุก 29
2.31 แสดงเรือเครน 29
2.32 แสดงการขบกันของโซ่โรลเลอร์กับเฟืองโซ่ 33
2.33 ความสัมพันธ์ระหว่าง F_c และ F_{ct} 35
2.34 เครื่องชุบท่อนพันธุ์อ้อยก่อนปลูก (สุกรี และ พักตร์วิภา, 2548) 40
2.35 แสดงการทำงานเครื่องชุบท่อนพันธุ์อ้อยก่อนปลูก (สุกรี และ พักตร์วิภา, 2548) 41
2.36 แสดงเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นตามกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย 43
4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพมัดมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 54
4.2 แสดงขนาดของอ่างชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น 54
4.3 แสดงรอกไฟฟ้าขนาดการยก 200 กิโลกรัม 55
4.4 แสดงการออกแบบเครื่องต้นแบบที่ 1 56
4.5 การออกแบบเครื่องต้นแบบที่ 2 57
4.6 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบที่ 2 58
4.7 แสดงการสร้างเครื่องต้นแบบตามการออกแบบ 59
4.8 แสดงชุดโครงสร้างเครื่องต้นแบบ 60
4.9 แสดงชุดอ่างน้ำยาเคมี 61
4.10 แสดงชุดเครน 62
4.11 แสดงชุดแท่นมอเตอร์เกียร์และแท่นเครน 62
4.12 แสดงชุดจุดต่อพ่วง 63
4.13 แสดงชุดล้อ 63
4.14 แสดงชุดส่งกำลังขับกลไก 64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.15 แสดงการวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงหลังการทดสอบเครื่อง 1 ชั่วโมง 66
4.16 แสดงท่อนพันธุ์ที่ไม่ผ่านการชุบจากเครื่องชุบมันสำปะหลังทั้งต้น 67
4.17 แสดงจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง 69
4.18 แสดงระยะเวลาคืนทุนเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังต่อพื้นที่ปลูก 70
ค.1 แสดงแบบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น 96
ค.2 แสดงแบบโครงสร้างรับเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น 97
ค.3 แสดงแบบแท่นรับเครนเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น 98
ค.4 แสดงแบบเครนเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น 99
ค.5 แสดงอ่างชุบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น 100
ง.1 เหล็กโครงสร้างเครื่องชุบท่อนพันธุ์ 102
ง.2 ประกอบ ติดตั้ง อุปกรณ์ต่าง ๆ บนโครงสร้างเครื่องต้นแบบ 102
ง.3 ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าลงเครื่องต้นแบบ 103
ง.4 เคลื่อนย้ายเครื่องต้นแบบ 103
ง.5 ทดสอบการยกท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 104
ง.6 ทดสอบการชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 104

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

F	=	แรงที่กำทำกับวัตถุ (N)
M	=	โมเมนต์บิด (Nm)
n	=	ความเร็วรอบการหมุน (rpm)
n_c	=	ความเร็ววิกฤตเพลา (m/s)
P	=	ระยะพิตช์ของโซ่ (mm)
R	=	ระยะทางบนวัตถุ (m)
r	=	รัศมี (m)
S_u	=	ความต้านแรงดึง (N)
S_{sy}	=	ความต้านแรงเฉือนคราก (N)
S_y	=	ความต้านแรงดึงคราก (N)
T	=	โมเมนต์บิด (Nm)
V	=	แรงเฉือน (N)
W_p	=	กำลังที่ต้องการส่ง (W)
x	=	จำนวนข้อโซ่ (ข้อ)
Z	=	จำนวนฟันของพิเนียน (ฟัน)
z	=	จำนวนฟันเฟืองโซ่ (ฟัน)
τ	=	ความเค้นเฉือน (N/m^2)
σ	=	ความเค้นดัด (N/m^2)
θ	=	มุมบิดของเพลา ($^\circ$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมันสำปะหลังจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในประเทศไทย มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 6.7 ล้านไร่กระจายตัวอยู่เกือบทั่วทุกพื้นที่ของประเทศ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภาคที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด รองลงมาคือภาคกลางและภาคเหนือตามลำดับ ซึ่งในปัจจุบันนี้ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกมันสำปะหลังอันดับหนึ่งของโลกโดยมีส่วนแบ่งทางการตลาดประมาณร้อยละ 56 ของการส่งออกมันสำปะหลังทั่วโลก ผลผลิตมันสำปะหลังที่ได้จะถูกนำไปแปรรูปเป็นมันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมันเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตอื่น ๆ ต่อไป โดยผลผลิตส่วนหนึ่งจะถูกใช้เพื่อการบริโภคภายในประเทศและส่วนที่เหลือจะถูกส่งออกไปยังต่างประเทศ นอกจากจะใช้เพื่อการบริโภคแล้ว ยังสามารถนำมันสำปะหลังมาใช้ในการผลิตเอทานอลซึ่งเป็นส่วนผสมของน้ำมันแก๊สโซฮอล์เพื่อนำไปทดแทนน้ำมันที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศได้อีกด้วย

ส่วนใหญ่กระบวนการผลิตพืชเศรษฐกิจในประเทศไทยจะเริ่มจากการเตรียมดิน การปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ ในประเทศไทยแล้วจะพบว่ามันสำปะหลังเป็นพืชที่มีขั้นตอนในกระบวนการผลิตมากที่สุดเนื่องจากผลผลิตของมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นเหง้าที่อยู่ในดิน และยังต้องมีการตัดลำต้นเพื่อนำไปเป็นท่อนพันธุ์อีกด้วย กระบวนการผลิตจึงประกอบไปด้วย การเตรียมดิน การปลูก การดูแลรักษา การใส่ปุ๋ย เมื่อผลผลิตพร้อมเก็บเกี่ยวแล้วจะต้องมีการตัดลำต้น การขุดเหง้ามันสำปะหลัง การสับเหง้า และการลำเลียงหัวมันสำปะหลังออกจากแปลงเพาะปลูก

ปัญหาประการหนึ่งซึ่งพบมากในกระบวนการผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทยคือการระบาดของโรคพืชและแมลงศัตรูพืช สำหรับในกระบวนการผลิตมันสำปะหลังก็เช่นเดียวกัน ปัจจุบันปัญหาที่พบมากคือการระบาดของเพลี้ยแป้ง ซึ่งในปีหนึ่ง ๆ จะส่งผลให้ผลผลิตมันสำปะหลังต้องลดลงเป็นอย่างมากอีกทั้งเมื่อเกิดการระบาดของเพลี้ยแป้งขึ้นแล้วมักจะควบคุมได้ยากลำบาก ส่งผลให้เกิดการระบาดออกไปเป็นวงกว้าง สำหรับสาเหตุที่เกิดการระบาดขึ้นนั้นจากการศึกษาพบว่ามาจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและเกษตรกรจะใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจากหลายแหล่งปลูกทั่วประเทศ ทำให้ท่อนพันธุ์ที่ใช้อาจเกิดการติดเชื้อของเพลี้ยแป้งได้

และเมื่อเกษตรกรนำไปปลูกในพื้นที่ปลูกของตนเองเพลี้ยแป้งเหล่านี้ก็จะระบาดออกไปสู่พื้นที่ข้างเคียงและขยายวงกว้างออกไปในที่สุด

สำหรับวิธีการควบคุมและลดการระบาดของเพลี้ยแป้งนั้น กรมวิชาการเกษตรได้ศึกษาและพบว่า ควรชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังด้วยสารเคมีก่อนทำการปลูกจะได้ผลดีที่สุด ซึ่งจะสามารถลดการระบาดของเพลี้ยแป้งในช่วง 1 เดือนแรกของการปลูกได้ โดยสารเคมีที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำให้ใช้คือไทอะมีโทแซม จำนวน 4 กรัม ผสมกับน้ำ 20 ลิตร และชุบท่อนพันธุ์ในแนวนอนโดยใช้เวลาประมาณ 15 นาทีจึงนำท่อนพันธุ์ไปปลูก วิธีการดังกล่าวเกษตรกรจะใช้กับท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ตัดเป็นท่อนแล้ว ชุบในถังหรือในอ่างน้ำ แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความปลอดภัยต่อตัวเกษตรกรเองจึงต้องใส่ถุงมือตลอดขั้นตอนการทำงานและต้องทำที่บ้านหรือสถานที่ที่เตรียมไว้เท่านั้น

จากการที่ในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์นั้น ท่อนพันธุ์ที่จะนำมาใช้กับเครื่องปลูกมันสำปะหลังจะเป็นท่อนพันธุ์ที่ยังไม่หั่นเป็นท่อนสั้นซึ่งมีข้อดีในด้านความสะดวกและง่ายต่อการทำงาน หากแต่ปัญหาที่พบคือการนำท่อนพันธุ์ขนาดยาวไปชุบในสารเคมีเพื่อป้องกันและกำจัดเพลี้ยแป้งนั้นไม่สามารถทำได้โดยสะดวกนัก เนื่องจากต้องชุบในแนวนอน ดังนั้นจึงเกิดปัญหาขึ้นในระหว่างการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง และในอนาคตเครื่องปลูกมันสำปะหลังจะเป็นเครื่องจักรกลเกษตรที่จะเข้ามาแทนการปลูกด้วยมือของเกษตรกร การชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังแบบชุบทั้งต้นจึงเป็นปัญหาที่จะต้องมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือเพื่อเข้ามาช่วยในกระบวนการดังกล่าว

ในปัจจุบันมีการออกแบบเครื่องชุบท่อนพันธุ์อ้อยเพื่อป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชเช่นเดียวกัน หากแต่เครื่องชุบท่อนพันธุ์ดังกล่าวยังไม่เหมาะสมและไม่สามารถนำมาใช้งานกับมันสำปะหลังได้เนื่องจากอ้อยจะใช้น้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียสในการชุบท่อนพันธุ์เท่านั้น ไม่มีการนำสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องและตัวเครื่องสำหรับอ้อยมีขนาดใหญ่และไม่เหมาะสมในการนำมาใช้งานกับมันสำปะหลังซึ่งมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันส่งผลให้เครื่องชุบท่อนพันธุ์อ้อยมีราคาสูงและไม่เหมาะกับเกษตรกรโดยทั่วไป

จากปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นจึงนำมาสู่แนวความคิดในการดำเนินการวิจัยนี้ โดยจะเป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังก่อนปลูกซึ่งสามารถชุบท่อนพันธุ์ได้ทั้งต้นเพื่อสามารถนำไปใช้งานกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังได้ และจากปัญหาในเรื่องของความปลอดภัยในการทำงานของเกษตรกรที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เครื่องที่จะดำเนินการวิจัยนี้จึงควรมีความปลอดภัยในการทำงานของเกษตรกรและควรจะสามารถเคลื่อนที่ได้เพื่อนำเข้าไปในแปลงให้ใกล้กับเครื่องปลูกมันสำปะหลังเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการทำงานส่งผลให้สามารถลดปัญหาการระบาด

ของเพลี้ยแป้งหรือโรคพืชต่าง ๆ เกษตรกรสามารถที่จะได้ผลผลิตทันต่อฤดูกาลเก็บเกี่ยวและนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังของประเทศในภาพรวมได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น

1.2.2 เพื่อทดสอบและประเมินผลเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นใช้แรงงานจำนวน 1 คนในการปฏิบัติงาน

1.3.2 เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นสามารถทำงานได้โดยใช้แหล่งจ่ายพลังงานภายในตัวเครื่อง

1.3.3 เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นชุบท่อนพันธุ์แบบเคลือบผิวนอกเท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องชุบท่อนมันสำปะหลังแบบชุบทั้งต้น

1.4.2 เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

1.4.3 ลดปัญหาการสัมผัสสารเคมีโดยตรงให้กับเกษตรกร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย จากข้อมูลการส่งออกปี พ.ศ. 2555 พบว่าไทยส่งออกมันสำปะหลังอัดเม็ด 84,215.2 ตัน และแป้งมันสำปะหลัง 1,056,508.2 ตัน มีมูลค่าการส่งออกทั้งสองรายการมากถึง 31,378.5 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกได้ในดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวและทนแล้งได้ดี ดังนั้นพื้นที่ปลูกมากกว่าร้อยละ 50 จึงอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ โดยเฉพาะในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่อยู่ในอำเภอหนองบุญมาก ครบุรีและเสิงสาง มันสำปะหลังนอกจากจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปต่างๆ การผลิตอาหารสัตว์และอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆแล้ว ยังมีศักยภาพสูงที่จะนำไปผลิตเอทานอลในเชิงพาณิชย์เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนพลังงานปิโตรเลียม ดังนั้นมันสำปะหลังจึงเป็นพืชที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมาก เพราะมีความเสี่ยงในเรื่องราคาหรือการตลาดและความเสียหายจากความแห้งแล้งน้อยกว่าพืชไร่ชนิดอื่นๆ โดยในขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลัง แบ่งเป็นการเตรียมดิน การปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยว ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดนี้ ในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องจักรกลการเกษตรเข้ามามีบทบาทอย่างมากเพื่อใช้ทดแทนแรงงานคน โดยได้เริ่มมีงานวิจัยเรื่องเครื่องปลูกมันสำปะหลังขึ้นเพื่อทดแทนแรงงานคน แต่ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งคือ เครื่องปลูกมันสำปะหลังได้ถูกออกแบบให้ใช้ท่อนพันธุ์แบบทั้งต้นเพื่อความรวดเร็วและสะดวกในการทำงาน ส่วนการปลูกด้วยแรงงานมักจะมีการเตรียมท่อนพันธุ์โดยการตัดท่อนให้มีขนาดสั้นเหมาะสมกับการปลูกไว้แล้ว ส่งผลให้กระบวนการชุบท่อนพันธุ์ต้องใช้วิธีการที่แตกต่างกัน

2.2 วงจรมันสำปะหลัง

วงจรมันสำปะหลัง (อรุณี, 2547) มันสำปะหลังเป็นพืชหัวชนิดหนึ่งมีชื่อเรียกกันทั่วไปในภาษาอังกฤษว่า แคสซาวา (Cassava) หรือ ทาปิโอก้า (Tapioca) ประเทศแถบแอฟริกา เรียกชื่อ ภาษาฝรั่งเศส ว่า แมนิออค (Manioc) ประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังเชิงการค้ามาเป็นเวลานานกว่า 30 ปี มันสำปะหลังได้นำเข้ามาปลูกครั้งแรกที่ภาคใต้เพื่อใช้ทำแป้งและสาคู ต่อมาได้ขยายพื้นที่ปลูกมายังภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยองและจังหวัดใกล้เคียง เนื่องจากมีสภาพดิน ฟ้า

อากาศ และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูก ยกเว้นในแถบที่ชุ่ม ฝนตก หรือดินเกลือเค็ม ดังนั้นจึงมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็วไปสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งปัจจุบันได้กลายเป็นแหล่งปลูกที่ใหญ่ที่สุดของประเทศไทย การเพาะปลูกมันสำปะหลังได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว เนื่องจากได้มีการพัฒนานำหัวมันสดส่วนหนึ่งมาแปรรูปเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ดใช้เป็นอาหารสัตว์ เพื่อการบริโภคเป็นอาหารมนุษย์และในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญเป็นอันดับสามของประเทศ รองจากข้าวและยางพารา อีกทั้งยังเป็นหนึ่งในห้าชนิดของพืชอาหารจำพวกแป้งที่สำคัญของโลกรองจาก ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวและมันฝรั่ง จุดเด่นของมันสำปะหลังในด้านการค้าของตลาดโลกก็คือเป็นพืชไร่ที่มีกระบวนการผลิตที่สะอาดจนได้รับการยอมรับว่าเป็นสินค้าสีเขียว (Green Product) และเป็นพืชที่ไม่มีการตัดต่อสารทางพันธุกรรม (Non-GMOs) ปัจจุบันประเทศไทยถือได้ว่าเป็นผู้ผลิตมันสำปะหลังรายใหญ่รายหนึ่งของโลกและมีการส่งออกมันสำปะหลังมากที่สุดในโลก

2.2.1 ชนิดของมันสำปะหลัง

1) ชนิดหวาน (Sweet type) เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ ไม่มีรสขม ใช้เพื่อการบริโภคของมนุษย์ เช่น นำไปนึ่ง เชื่อมหรือทอด มันสำปะหลังชนิดนี้มีทั้งชนิดเนื้อร่วนนุ่มและชนิดเนื้อเหนียวแน่น แต่ไม่มีการปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่ ๆ เนื่องจากมีตลาดจำกัด ในประเทศไทยมี 3 พันธุ์ ได้แก่มันสวน มันห้านาทีหรือก้านแดงและระยอง 2 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรปรับปรุงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของต้นมันสำปะหลังเป็นมันสำปะหลังชนิดหวานจะมีก้านสีแดง

2) ชนิดขม (Bitter type) เป็นมันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์สูงเป็นพิษต่อร่างกายและมีรสขมไม่เหมาะสำหรับการบริโภคของมนุษย์หรือใช้หัวมันสดเลี้ยงสัตว์โดยตรง ต้องนำไปแปรรูปเป็นมันอัดเม็ดหรือมันเส้นแล้วจึงนำไปเลี้ยงสัตว์ได้ แต่เนื่องจากมีปริมาณแป้งสูง จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปต่าง ๆ เช่น แป้งมัน มันเส้น มันอัดเม็ดและแอลกอฮอล์ พันธุ์มันสำปะหลังชนิดขม ได้แก่ ระยอง 1 ,ระยอง 2 ,ระยอง 3 ,ระยอง 5 ,ระยอง 60 ,ระยอง 72 ,ระยอง 90 , ระยอง 9 ,เกษตรศาสตร์ 50 ,ศรีราชา 1 ,ห้วยบง 60และระยอง 7 มันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิดขม ดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของต้นมันสำปะหลังเป็นมันสำปะหลังชนิดขมจะมีก้านสีเขียว

2.2.2 พันธุ์มันสำปะหลัง

เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย กรมวิชาการเกษตรและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงได้มีการวิจัยพัฒนามันสำปะหลังสายพันธุ์ใหม่ ๆ ขึ้น เพื่อเพิ่มผลผลิตที่ป้อนสู่ตลาดทั้งการเพิ่มปริมาณผลผลิตหัวสดและการเพิ่มปริมาณ (เปอร์เซ็นต์) แป้งในหัวมันสำปะหลัง โดยการพัฒนาพันธุ์ด้วยการใช้วิธีธรรมชาติและไม่มีการใช้เทคนิคการตัดต่อพันธุกรรม ปัจจุบันประเทศไทยมีพันธุ์ที่พัฒนาและได้รับการรับรองแนะนำพันธุ์แล้วจำนวน 13 พันธุ์ด้วยกัน คือ ระยอง 1 ,ระยอง 2 ,ระยอง 3 ,ระยอง 5 ,ระยอง 60 ,ระยอง 90 ,เกษตรศาสตร์ 50 , ศรีราชา 1 ,ห้านาที ,ระยอง 72 ,ห้วยบง 60 ,ระยอง 9 และระยอง7 ซึ่งมีข้อมูลโดยสังเขปดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลพันธุ์มันสำปะหลังจากการพัฒนาพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะพันธุ์	เกษตรศาสตร์ 50	ศรีราชา 1	ห้วยบง 60	ห้วยบง 80
สีต้น	เขียวเงิน	เขียวเงิน	เขียวเงิน	เขียวเงิน
สีก้านใบ	เขียว	เขียวปนม่วง	เขียวปนม่วง	เขียวอ่อน
สียอดอ่อน	ม่วง (ไม่มีขนอ่อน)	เขียวปนม่วง	ม่วงอ่อน (ไม่มีขนอ่อน)	เขียวอ่อน
ความสูงต้น (ซ.ม.)	200 - 300	231	180 - 230	-
ระดับการแตกกิ่งแรก (ซ.ม.)	สูง (150)	สูง (170)	สูง (90 - 140)	
จำนวนแตกกิ่ง	น้อย	น้อย	ปานกลาง	น้อย
สีเปลือกหัว	น้ำตาล	ขาวนวล	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอ่อน
สีเนื้อหัว	ขาว	ครีม	ขาว	ขาว
ผลผลิต (ตัน /ไร่)	5.4	-	5.8	5.5
เปอร์เซ็นแป้ง (%)	25.0	21.9	25.5	27.3

ที่มา : (อรุณี, 2547)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.2 แสดงพันธุ์มันสำปะหลังจากการพัฒนาพันธุ์โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง

ลักษณะพันธุ์	ระยอง 1	ระยอง 2	ระยอง 3	ระยอง 5	ระยอง 60	ระยอง 72	ระยอง 90
สีต้น	เขียวเงิน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอมเขียว	น้ำตาลอ่อน	เขียวเงิน	น้ำตาลอมส้ม
สีก้านใบ	เขียวปนม่วง	เขียวอมม่วง	เขียวอมแดง	แดงเข้ม	เขียวอมแดง	แดงเข้ม	เขียวอ่อน
สียอดอ่อน	ม่วง (มีขน)	เขียวอมม่วง	เขียวอ่อน	ม่วงอ่อน	เขียวน้ำตาล	ม่วง	เขียวอ่อน
ความสูงต้น (ซ.ม.)	200 - 300	180 – 220	130 - 180	170 - 220	175 - 250	180 - 200	160 - 200
ระดับการแตกกิ่งแรก (ซ.ม.)	สูง (180)	กลาง (150)	ต่ำ (80)	สูง (100)	สูง (150)	กลาง (140)	สูง (120)
จำนวนแตกกิ่ง	น้อย	ปานกลาง	มาก	น้อย	ปานกลาง	ปานกลาง	มาก
สีเปลือกหัว	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอ่อน	นวลขาว	น้ำตาลเข้ม
สีเนื้อหัว	ขาว	เหลือง	ขาว	ขาว	ครีม	ขาว	ขาว
ผลผลิต (ตัน / ไร่)	3.22	3	2.73	4.02	3.52	5.09	3.65
เปอร์เซ็นแป้ง (%)	18.3 - 24	18.3 - 24	23 - 28	22.3	18.5	20.0	23.7

ที่มา : (อรุณี, 2547)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.3 ฤดูกาลปลูกมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ตลอดปี โดยมากกว่าร้อยละ 65 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมดเกษตรกรจะทำการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน คือประมาณเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม และร้อยละ 20 ปลูกในช่วงฤดูแล้ง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์ ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 13 จะปลูกในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง ตุลาคม สำหรับการปลูกในช่วงต้นฤดูฝนนี้ ผลผลิตหัวสดที่ได้จะสูงกว่าการปลูกในช่วงอื่นๆ แต่ในดินที่มีลักษณะเนื้อดินค่อนข้างหยาบการปลูกในช่วงฤดูแล้งจะให้ผลผลิตสูงที่สุด ดังนั้นในการตัดสินใจเลือกช่วงการปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมจึงต้องพิจารณาทั้งปริมาณน้ำฝน และลักษณะของดิน สำหรับพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในภาคต่างๆ ของประเทศไทย กับช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมปรากฏดังนี้

ตารางที่ 2.3 ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปลูกมันสำปะหลังแต่ละภาค

ภาค	ช่วงที่เหมาะสม
ภาคเหนือตอนบน	ปลายมิถุนายน
ภาคเหนือตอนล่าง	ต้น - กลางกรกฎาคม
ภาคกลาง	ต้น – กลางกรกฎาคม
ภาคตะวันตก	กลาง - ปลายกรกฎาคม
ภาคตะวันออก	ต้น - กลางกรกฎาคม
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	กลาง- ปลายมิถุนายน
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง	ต้น - กลางกรกฎาคม

ที่มา : (อรุณี, 2547)

2.2.4 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลัง

มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 200 เมตร ไม่มีน้ำท่วมขัง เป็นดินร่วน ดินร่วนปนทราย หรือดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่าร้อยละ 1 ระบายน้ำดีและถ่ายเทอากาศดี ระดับหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรดด่างระหว่าง 5.5 – 7.5 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต 25 - 37 องศาเซลเซียสและปริมาณน้ำฝนกระจายสม่ำเสมอ 1,000 -1,500 มิลลิเมตรต่อปี

2.2.5 การปลูกมันสำปะหลัง

1) การเตรียมดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง ก่อนการเพาะปลูก เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังจะทำการเตรียมดินทำการเพาะปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์ โดยเกษตรกรจะปลูกมันสำปะหลังได้หลายวิธี เช่น การปลูกแบบวางนอน-ฝังและการปลูกแบบปักแล้วทำการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ย มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกอยู่ในเขตร้อนสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นพืชทนแล้งจึงสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิดตั้งแต่ดินเหนียวถึงดินทราย แม้แต่ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งปลูกพืชไร่ชนิดอื่นไม่ได้ผล เช่น ข้าวโพดและถั่วต่าง ๆ ก็สามารถปลูกมันสำปะหลังได้ แต่จะให้ผลผลิตสูงในดินเนื้อหยาบและดินร่วนซุย ที่มีการระบายน้ำได้ดี ดินที่ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบและมีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ สภาพพื้นที่มีลักษณะลาดชัน จึงมักเกิดปัญหาเรื่องการชะล้างพังทลายของดินสูงดินเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว ผลผลิตมันสำปะหลังลดลงเรื่อย ๆ หากไม่มีการป้องกันการชะล้างจะเกิดการสูญเสียหน้าดินและธาตุอาหารของพืชไปเป็นจำนวนมากในแต่ละปี ควรหลีกเลี่ยงการปลูกมันสำปะหลังในดินที่ชื้นแฉะเพราะหัวมันจะเน่าเสียได้ง่ายและมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคสูง การเตรียมดินควรไถ 2 ครั้ง ด้วยผาน 3 และไถลึกประมาณ 8-12 นิ้ว โดยไถกลบมันสำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวในฤดูเพาะปลูกที่ผ่านมา สำหรับพื้นที่ปลูกที่ลาดเอียง การไถควรขวางทิศทางของความลาดเอียง เพื่อลดการสูญเสียหน้าดิน และพื้นที่ปลูกที่มีน้ำท่วมขัง ก็ควรทำร่องระบายน้ำและยกร่องปลูก

2) การปรับปรุงดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ เป็นดินทรายอินทรียวัตถุต่ำ ไม่อุ้มน้ำ รากมันสำปะหลังไม่สามารถหาอาหารได้ไกล การเจริญเติบโตไม่ดี ผลการผลิตจะต่ำลง เมื่อปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันเป็นเวลานานหลายปี ถึงแม้ว่าจะมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยก็ตามซึ่งนับเป็นปัญหาที่สำคัญของเกษตรกรในปัจจุบัน เกษตรกรควรมีการปรับปรุงดินเพื่อรักษาระดับผลผลิตในระยะยาวด้วยการใส่ปุ๋ยคอกปุ๋ยหมักเปลือกมันชนิดเก่าค้างปีจากโรงแป้งทั่วไปที่หาได้ในท้องถิ่นหรือปลูกพืชตระกูลถั่วต่าง ๆ หมุนเวียนบำรุงดิน ในกรณีที่พื้นที่ประเภทหญ้าคาควรใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ฉีดพ่นจำกัดเสียก่อนการไถ จากนั้นไถครั้งแรกโดยไถกลบวัชพืชก่อนปลูกด้วยผาน 3 (อย่าเผาทำลายวัชพืช) ให้ลึกประมาณ 20 – 30 เซนติเมตร แล้วทิ้งระยะไว้ประมาณ 20 - 30 วัน เพื่อหมักวัชพืชเป็นปุ๋ยในดินไถพรวนด้วยผาน 7 อีก 1-2 ครั้งตามความเหมาะสมและรีบปลูกในขณะที่ดินยังมีความชื้นอยู่

2.2.6 การเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยลำต้น ทำให้การขยายพันธุ์เป็นไปอย่างช้า และไม่สามารถเก็บรักษาท่อนพันธุ์ไว้ได้นานท่อนพันธุ์จะเสียหายได้ง่าย จึงแตกต่างจากพืชอื่นๆที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด โดยอายุของท่อนพันธุ์ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 8-12 เดือน ซึ่งเมื่อนำไปปลูกจะมีเปอร์เซนต์อยู่รอดถึงร้อยละ 90-64 ขนาดความยาวของท่อนพันธุ์ ประมาณ 20-25 เซนติเมตร มีจำนวนตาประมาณ 10 ตาขึ้นไปต่อ 1 ท่อนพันธุ์ และต้นพันธุ์ที่ตัดมานั้น หากยังไม่นำไปปลูกเลยก็ควรตั้งกองไว้ในที่ร่มมีแดดผ่านได้เล็กน้อยและไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 7-15 วัน เพราะคุณภาพของท่อนพันธุ์จะเสื่อมและอัตราการงอกจะลดลงได้

2.2.7 วิธีการปลูกมันสำปะหลัง

วิธีการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรมี 2 วิธี คือ การปลูกแบบนอนและการปลูกแบบปัก โดยการปลูกแบบปักจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกแบบนอน เนื่องจากมันสำปะหลังจะงอกได้เร็วกว่า สะดวกต่อการปลูกซ่อม และกำจัดวัชพืช การปลูกแบบปักสามารถปลูกได้ทั้งปักตรงและปักเอียง โดยปักท่อนพันธุ์ลึกลงไปในดินประมาณ 10-15 เซนติเมตร แต่ไม่ควรปักลึกมากและควรมีการตรวจสอบความงอกหลังปลูกเพื่อทำการปลูกซ่อมได้ทันเวลา

2.2.8 ระยะปลูกมันสำปะหลัง

1) พื้นที่ราบ ไม่ต้องยกร่องใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 80 - 100 เซนติเมตรระหว่างต้น 80- 100 เซนติเมตร ซึ่งมีจำนวนต้น ประมาณ 1,600 – 2,500 ต้นต่อไร่ ดังแสดงในรูปที่ 2.3

2) พื้นที่ลุ่ม หรือลาดเอียง ให้ยกร่องขวางแนวลาดเอียง ความสูงสันร่องประมาณ 30 - 40 เซนติเมตร ใช้ระยะปลูกระหว่างร่อง 80 เซนติเมตร ระหว่างต้น 80 เซนติเมตรเพื่อช่วยลดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน

3) พื้นที่ลาดเอียงมากกว่าร้อยละ 3 ควรปลูกหญ้าแฝกตามแนวระดับ ระหว่างแถวมันสำปะหลัง เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดินทุกระยะ 20 - 30 เมตร ระยะระหว่างหลุมแฝก 10 เซนติเมตร หลุมละ 1 ต้น

รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการปลูกมันในพื้นที่ราบ

2.3 เพลี้ยแป้งสีชมพู

นวลศรี โชตินันทน์ (2553) กล่าวว่า เพลี้ยแป้งสีชมพูของมันสำปะหลังระบาดรุนแรงช่วงเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม เมื่อเข้าสู่ฤดูฝน การระบาดจะลดลงไปชั่วระยะหนึ่งและจะระบาดอีกครั้งช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน โดยเพลี้ยแป้งสีชมพูจะกำจัดได้ยากกว่าเพลี้ยแป้งธรรมดา เนื่องจากในช่วงฤดูฝนเพลี้ยแป้งจะหลบลงไปอยู่ที่บริเวณโคนต้น หลังจากฝนทิ้งช่วงเพลี้ยแป้งจะเคลื่อนย้ายขึ้นมาอยู่ที่ยอดทำลายใบให้หงิกงอ ดังแสดงในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 แสดงการระบาดของเพลี้ยแป้งสีชมพู (กรมวิชาการเกษตร)

กรมวิชาการเกษตรจึงได้ทำการศึกษาวิจัยการป้องกันและกำจัดทั้งในระยะสั้นและในระยะยาว โดยในระยะสั้นการแก้ปัญหาเพื่อยับยั้งการระบาดมิให้กระจายออกอย่างกว้างขวาง ได้ศึกษาการใช้สารเคมีโดยการวิจัยของกลุ่มกีฏและสัตววิทยาพบว่า สารเคมีที่มีประสิทธิภาพที่สุดได้แก่ ไทอะมีโทแซมในอัตรา 2 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตรผสมกับสารไวท์ออย 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นติดต่อกันอย่างน้อย 2 ครั้ง

หลังจากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังแล้ว กลุ่มกีฏและสัตววิทยาได้ทำการศึกษาและวิจัยแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังด้วยสารเคมีก่อนปลูก โดยศึกษาการแช่ท่อนพันธุ์ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน โดยได้แนะนำให้ใช้สารเคมีสำหรับแช่ท่อนพันธุ์คือ

1.ไทอะมีโทแซม 25 เปอร์เซนต์ ดับเบิลยู จี 4 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร

2.อิมิดาคลอพริด 70 เปอร์เซนต์ ดับเบิลยู จี 4 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร

3.ไดโนทีฟูแรม10 เปอร์เซนต์ ดับเบิลยู พี 40 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร

อย่างใดอย่างหนึ่งนาน 5 - 10 นาที หลังจากแช่แล้วนำไปปลูก ได้ทดสอบแล้วจะสามารถป้องกันกำจัดเพลี้ยแป้งได้อย่างน้อยประมาณ 1 เดือน

การแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังด้วยสารเคมีที่ได้ผลที่สุด คือ ตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพร้อมปลูกแล้วนำไปแช่สารเคมีข้างต้นประมาณ 5 - 10 นาที สารเคมีจะถูกดูดซึมเข้าไปในเซลล์พืชได้มากที่สุดและไม่ทำให้พืชเกิดอาการเป็นพิษ จากการทดลองแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังในแนวนอนจะต้องใช้เวลา 15 นาที สารเคมีจึงจะซึมเข้าได้หมด ขณะเดียวกันได้ทดลองแช่ท่อนพันธุ์ในแนวตั้งปรากฏว่าใช้เวลาแช่ 24 ชั่วโมง พบว่าสารเคมียังซึมไม่ถึงยอด ดังแสดงในรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 แสดงการชุบท่อนพันธุ์เพื่อป้องกันเพลี้ยแป้งสีชมพู (กรมวิชาการเกษตร)

2.4 รอก

รอก เป็นอุปกรณ์ช่วยอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายสิ่งของ มีลักษณะเป็นล้อ โดยร้อยไว้กับเชือกหรือเคเบิล (เอส เจ สกรูไทย, 2558) รอกถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายสิ่งของให้สะดวกขึ้น หรือในระบบรอกบางชนิดใช้ในการผ่อนแรง สามารถแบ่งตามการใช้งานได้ดังนี้

1) รอกสลิงไฟฟ้า เป็นรอกที่มีการติดตั้งง่าย และน้ำหนักเบา ซึ่งจะมีความสะดวกสบายในการติดตั้งระบบไฟฟ้า ลักษณะการใช้งานจะเป็นแบบเสียบปลั๊ก เหมาะสำหรับงานก่อสร้าง โรงงานอุตสาหกรรม ห้องเย็นโรงงานแปรรูปอาหารทะเล อู่ซ่อมรถยนต์ และอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 แสดงรอกสลิงไฟฟ้า

2) รอกโซ่ จะใช้สำหรับเคลื่อนย้ายสินค้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เช่น ใช้ติดตั้งเครื่องปั๊มน้ำ การวางท่อร้อยสายไฟ ใช้ถอนรากต้นไม้ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 แสดงรอกโซ่

3) รอกโซ่มือสาว เป็นอุปกรณ์ชักรอกแบบชักมือ โดยจะไม่มีชิ้นส่วนที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ จึงไม่ต้องใช้ไฟฟ้า รอกโซ่มือสาวสามารถติดตั้งได้ง่าย ลักษณะการใช้งาน จึงเหมาะสำหรับงานยกแบบครั้งคราว หรือในงานที่ไม่มีไฟฟ้าให้ใช้ดังแสดงในรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 แสดงรอกมือสาว

4) รอกโซ่มือโยก ลักษณะการใช้งานควรคำนึงถึงน้ำหนักสูงสุดที่ต้องการยก โดยสามารถเลือกรอกโยกโซ่ที่รองรับน้ำหนักสูงสุดที่ต้องการได้ ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของรอกโยกโซ่รวมถึงอะไหล่ด้วย รอกชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ยกย้ายสินค้าหรือวัสดุจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งดังแสดงในรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 แสดงรอกมือโยก

5) รอกโซ่ไฟฟ้า มีการออกแบบให้มีความยืดหยุ่นและทนทานในการยก ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมและสถานีงานต่างๆ โดยรอกโซ่ไฟฟ้ามีขนาดกะทัดรัด มีระบบรองรับตะขอ และคุณลักษณะอื่นๆ ทำให้รอกปรับเปลี่ยนได้ง่ายตามความต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 แสดงรอกโซ่ไฟฟ้า

6) รอกโซ่ทรงกลม โดยตัวรอกจะออกแบบให้มีรูปทรงกระทัดรัด โครงสร้างของตัวรอกทำจากเหล็กแผ่น มีความทนทาน แข็งแรง น้ำหนักเบา ไม่แตกร้าว และทนการกัดกร่อนสูง ใช้แรงในการสาวน้อยลง เมื่อยกน้ำหนักเต็มพิกัด ดังแสดงในรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 แสดงรอกโซ่ทรงกลม

7) รอกเชือกรางเดี่ยว จะใช้สำหรับร้อยเชือกดึงสิ่งของต่างๆ จากที่ต่ำขึ้นสู่ที่สูงตามความต้องการสามารถรับน้ำหนักได้ 50 กิโลกรัมโดยตัวรอกเชือกรางเดี่ยวนี้มีอายุการใช้งานยาวนาน น้ำหนักเบา กระทัดรัด ดังแสดงในรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 แสดงรอกเชือกรางเดี่ยว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

8) รอกพร้อมลูกหมุน จะออกแบบมาเพื่อลดจำนวนอุปกรณ์ต่อพ่วงลงจากเดิมที่ต้องใช้คาราบิเนอร์+ลูกหมุน+คาราบิเนอร์+รอก มาใช้เป็นคาราบิเนอร์ต่อกับรอก โดยลักษณะจะมีแผ่นข้างรอกสามารถกดปุ่มเปิดหรือปิดล็อคได้ทั้ง 2 ด้าน ซึ่งจะช่วยให้ใส่และถอดเชือกออกจากรอก ในระหว่างใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้สะดวกและรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 แสดงรอกพร้อมลูกหมุน

9) รอกทด สามารถใช้งานได้หลากหลาย มีความแข็งแรง ทนทาน และสะดวกเพียงสไลด์แผ่นก็ใส่ลวดสลิงได้แล้ว สามารถนำไปใช้งานร่วมกับ วินซ์ หรือ ประยุกต์ใช้ในงานอื่นๆ ได้ โดยรอกทดสามารถรองรับน้ำหนักในการดึงได้เป็น 2 เท่าของสายวินซ์ โดยจะช่วยผ่อนน้ำหนักที่จุดหมุนลงครึ่งหนึ่ง และช่วยในการดึงที่มีมุมที่แตกต่างกันมากๆในกรณีที่จุดหมุนดึงในแนวตรงไม่ได้ ลักษณะการใช้งาน เช่น ใช้ลากรถที่ติดหล่ม ดังแสดงในรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 แสดงรอกทด

10) รอกสลิงมือหมุน ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ลากจูง เรือขึ้นฝั่ง ยกสิ่งของขึ้น-ลง ในแนวดิ่งและแนวราบ โดยใช้ร่วมกับรอกทดเสริม รอกสลิงมือหมนุจะมีขนาดเล็กใช้งานง่ายและติดตั้งง่าย ดังแสดงในรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 แสดงรอกสลิงมือหมุน

11) รอกพวง คือ รอกเดี่ยวหลายๆ ตัวที่ถูกนำมาประกอบกัน เพื่อช่วยผ่อนแรงในการทำงาน โดยจะมีเชือกคล้องรอกทุกตัว ซึ่งช่วยให้สามารถผ่อนแรงได้มาก ดังแสดงในรูปที่ 2.16

รูปที่ 2.16 แสดงรอกพวง

2.5 เครน

เครน หมายถึงเครื่องจักรกลที่ใช้ยกวัตถุขึ้นลงตามแนวดิ่งและเคลื่อนย้ายวัตถุเหล่านั้นในลักษณะแขวนลอยไปตามแนวราบ (รุ่งเรือนเครน, 2558) สามารถแบ่งเป็นประเภทหลักๆ ได้ดังนี้

2.5.1 เครนเหนือศีรษะและเครนขาสูง (Overhead-Gentry Cranes)

1) Overhead Cranes (Single Girder) เครนเหนือศีรษะแบบคานเดี่ยว มีความเหมาะสมใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้งานยกน้ำหนักไม่หนักมาก ซึ่งควรมีความกว้างใช้งานตั้งแต่ 6-25 เมตร และควรมีน้ำหนักยกตั้งแต่ 0.1 ตัน ถึง 12.5 ตัน เป็นมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 2.17

รูปที่ 2.17 แสดง Overhead Cranes (Single Girder)

2) Overhead Cranes (Double Girder) เครนเหนือศีรษะแบบคานคู่ มีความเหมาะสมใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้งานยกน้ำหนักที่หนักมาก ซึ่งควรมีความกว้างใช้งานตั้งแต่ 10-30 เมตร และควรมีน้ำหนักยกตั้งแต่ 5 ตัน ถึง 50 ตัน เป็นมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.18 แสดง Overhead Cranes (Double Girder)

3) Gantry Cranes (Single Girder) เครนสนามขาสูง 2 ข้าง แบบคานเดี่ยว มีความเหมาะสมใช้ติดตั้งบนพื้นที่กลางแจ้ง และในร่มใต้หลังคาโรงงาน สำหรับโรงงานที่ไม่ได้เตรียมโครงสร้างเสาไว้เพื่อรับเครนเหนือศีรษะ ซึ่งมีความจำเป็นต้องติดตั้งเครนสนามขาสูง 2 ข้าง วางบนพื้นโรงงาน และลักษณะเช่นเดียวกับเครนเหนือศีรษะ แบบคานเดี่ยวที่มีความเหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมที่ใช้งานยกน้ำหนักไม่มากนัก ควรมีความกว้างใช้งานตั้งแต่ 6-20 เมตร และควรมีน้ำหนักยกตั้งแต่ 0.1 ตัน ถึง 12.5 ตัน เป็นมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 แสดง Gantry Cranes (Single Girder)

4) Gantry Cranes (Double Girder) เครนสนามขาสูง 2 ข้าง แบบคานคู่ มีความเหมาะสมใช้ติดตั้งบนพื้นที่กลางแจ้ง และในร่มใต้หลังคาโรงงาน สำหรับโรงงานที่ไม่ได้เตรียมโครงสร้างเสาไว้เพื่อรับเครนเหนือศีรษะ ทุกประการเช่นเดียวกับเครนสนามขาสูง 2 ข้าง แบบคานเดี่ยว และลักษณะเช่นเดียวกับเครนเหนือศีรษะแบบคานคู่ ที่มีความเหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรม ที่ใช้งานยกน้ำหนักที่หนักมาก ควรมีความกว้างใช้งานตั้งแต่ 10-30 เมตร และควรมีน้ำหนักยกตั้ง แต่ 5 ตัน ถึง 50 ตัน เป็นมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 2.20

รูปที่ 2.20 แสดง Gantry Cranes (Double Girder)

5) Semi Gantry Cranes (Single Girder) เครนสนามขาสูงข้างเดียว แบบคานเดี่ยว มีความเหมาะสมใช้บนพื้นที่กลางแจ้ง โดยติดตั้งรางวิ่งชั้นบนไว้ที่เสาด้านข้าง-นอกตัวอาคารโรงงาน หรือใช้ติดตั้งในร่ม โดยติดตั้งรางวิ่งชั้นบนไว้ที่เสา ด้านข้าง-ในตัวอาคารโรงงาน หรือผู้ใช้งานสามารถออกแบบเครนในโรงงานเป็น 2 ระดับได้อีกด้วย โดยใช้ติดตั้งใต้ชุดเครนเหนือศีรษะเพื่อทำงานเฉพาะเครื่องจักร หรือใช้งานกับพื้นที่ในอาคารโรงงาน ด้านใดด้านหนึ่ง หรือติดตั้งไว้ทั้ง 2 ฝั่ง ของตัวอาคารโรงงานเดียวกันก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.21

รูปที่ 2.21 แสดง Semi Gantry Cranes (Single Girder)

6) Semi Gantry Cranes (Double Girder) เครนสนามขาสูงข้างเดียว แบบคานคู่ มีความเหมาะสมใช้ติดตั้งบนพื้นที่กลางแจ้ง และในร่มภายในตัวอาคารโรงงาน มีคุณสมบัติทุกประการเช่นเดียวกันกับเครนสนามขาสูงขาเดียวแบบคานเดี่ยว และกรณีที่ต้องการออกแบบคานคู่ เพราะส่วนมากผู้ใช้งานต้องการประสิทธิภาพ ในการยกวัตถุ และสินค้าที่หนักกว่า และพื้นที่ใช้งานในพื้นที่ที่กว้างกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.22

รูปที่ 2.22 แสดง Semi Gantry Cranes (Double Girder)

7) Pillar Jib Cranes เครนตั้งเสายื่นแขนหมุน มีความเหมาะสมใช้สำหรับงานยกวัตถุงาน หรือสินค้าเฉพาะพื้นที่รอบวงรัศมี ความยาวของวงแขนที่ยื่นหมุนของชุดเครน ซึ่งการออกแบบเครนชนิดนี้ ต้องคิดถึงความต้องการ 4 ประการ 1.ขนาดน้ำหนักที่ต้องการยกวัตถุ 2.ระยะความสูง 3.ระยะแขนยื่น 4.ระยะรัศมีของวงแขนหมุน ที่นิยมใช้กันอยู่ที่ 180, 270, 360 องศา ดังแสดงในรูปที่ 2.23

รูปที่ 2.23 แสดง Pillar Jib Cranes

8) Wall Jib Cranes เครนติดผนังยื่นแขนหมุน มีความเหมาะสมใช้สำหรับงานยกวัตถุงาน หรือสินค้าเฉพาะพื้นที่รอบวงรัศมี ความยาวของวงแขนที่ยื่นหมุนของชุดคานเครน เช่นเดียวกันกับเครนตั้งเสายื่นแขนหมุน แต่สิ่งที่แตกต่างกัน คือการใช้เสาของอาคารโรงงานเป็นตัวยึดโครงสร้าง เพื่อให้แขนหมุนเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.24

รูปที่ 2.24 แสดง Wall Jib Cranes

9) Wall Cranes เครนติดผนังยื่นแขนยก สามารถออกแบบได้ทั้งคานเดี่ยว และแบบคานคู่ ตามความเหมาะสม ใช้สำหรับงานยกวัตถุงาน หรือสินค้าตามความยาวตลอดแนวด้านข้างผนังตัวอาคารโรงงาน ซึ่งแตกต่างกับเครนติดผนังยื่นแขนหมุนที่ สามารถทำงานได้เฉพาะบริเวณเสาที่ยึดติดเท่านั้น และมีลักษณะแตกต่างกับเครนสนามขาสูงข้างเดียว ตรงที่เครนสนามขาสูงข้างเดียว มีขาเครนข้างหนึ่งวิ่งบนรางด้านบนติดกับเสาโรงงาน แต่เครนติดผนังนั้นมีชุดขาเครน 3 ขา 6 ล้อ วิ่งอยู่บนราง 2 ชั้น โดยชุดขาเครนทั้งหมดติดตั้งไว้ที่รางวิ่งทั้ง 2 ชั้นติดตั้งกับเสาข้างผนังโรงงาน และชุดขาเครนยื่นตัวออกมาอิสระเพื่อยกวัตถุหรือสินค้า ซึ่งการใช้งานยกสินค้าตลอดแนวด้านข้างของโรงงาน

10) Under hung Cranes เครนเหนือศีรษะแขวนวิ่งใต้ราง สามารถออกแบบสร้างได้ทั้งแบบคานเดี่ยว และแบบคานคู่ ตามความเหมาะสมด้านการใช้งานเกี่ยวกับการยกน้ำหนัก และความกว้างในตัวอาคารโรงงาน ดังที่ได้กล่าวอธิบายไว้แล้วในส่วนของเครนเหนือศีรษะ ที่วิ่งด้านบนรางวิ่ง เครนลักษณะนี้ มีความเหมาะสมใช้กับอาคารโรงงานอุตสาหกรรมบางอย่าง ที่ต้องการใช้งานพื้นที่ด้านล่างกว้างมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เช่นอาคารโรงจอดซ่อมเครื่องบินขนาดใหญ่ หรือโรงงานสร้างเรือยอร์ชในร่ม และโรงงานประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างที่มีความกว้างยาวใหญ่โตเพื่อใช้งานยกชิ้นส่วนประกอบติดตั้งเป็นชิ้นๆไป

2.5.2 เครนหอสูง (Tower Cranes)

1) เครนหอสูง (Tower Crane) ใช้ในงานก่อสร้าง ความสามารถสูงสุดและความสมดุลในการยกจะถูกออกแบบเป็นไปตามทฤษฎีของคาน ภาระงาน = แรง x ระยะทาง ฉะนั้นจะออกแบบให้มีน้ำหนักถ่วง (Counter Weight) ส่วนปลายตรงกันข้ามกับแขนบูมยก ดังแสดงในรูปที่ 2.25

รูปที่ 2.25 แสดงเครนหอสูง (Tower Crane)

2.5.3 รถเครน เรือเครน (Mobile Cranes)

1) เครนตีนตะขาบ (Crawler Crane) คือ เครนที่มีการเคลื่อนที่ด้วยตีนตะขาบ และส่วนใหญ่มีบูมเป็นแบบบูมสาน (Lattices Boom) เหมาะสมกับการใช้ในไซด์งานที่บุกเบิกใหม่ พื้นที่ยังไม่ถูกบดอัดติดหล่มยากแต่ไม่แนะนำให้ใช้งานแบบวิ่งต่อเนื่องเป็นระยะทางคราวละหลายร้อยเมตร เพราะจะทำให้ชุดกลไกของล้อสึกเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 2.26

รูปที่ 2.26 แสดงเครนตีนตะขาบ (Crawler Crane)

2) Truck Crane คือ รถเครนที่มีเครนติดตั้งอยู่บนรถบรรทุก สามารถวิ่งด้วยความเร็วสูง สามารถวิ่งได้เร็วคล้ายรถบรรทุก วิ่งเคลื่อนที่ได้ด้วยตนเอง ข้ามอำเภอ-ข้ามจังหวัดได้ เลี้ยวได้มุมแคบและพื้นที่ใช้งานต้องถูกบดอัดแล้วเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.27

รูปที่ 2.27 แสดง Truck Crane

3) เครน 4 ล้อ (Rough Terrain Cranes) คือ รถเครนที่ออกแบบเพื่อใช้งานในสภาพพื้นที่ที่ขรุขระ ขับเคลื่อน 2 ล้อ หรือ 4 ล้อ ไม่เหมาะสมกับงานระยะทางที่วิ่งไกล ทำงานในพื้นที่บุกเบิกใหม่ได้ หากติดหล่มมีชุดกว้านช่วยเหลือตัวเองได้ แต่ไม่สมบุกสมบันเหมือนเครนล้อตีนตะขาบ วิ่งข้ามอำเภอ ข้ามจังหวัดได้ แต่ใช้ความเร็วได้ต่ำกว่า Truck Crane ดังแสดงในรูปที่ 2.28

รูปที่ 2.28 แสดง เครน 4 ล้อ (Rough Terrain Cranes)

4) เครนใหญ่ (All Terrain Cranes) คือ เครนรถล้อยางขับเคลื่อนทุกล้อ สามารถวิ่งได้เร็วคล้ายรถบรรทุก ทำงานในพื้นที่ขรุขระหรือพื้นที่สมบุกสมบันได้ หากเทียบจะสมบุกสมบันได้น้อยกว่าเครนรถแบบตีนตะขาบ บูมเฟรมเป็นท่อนๆ เคลื่อนที่เข้าออกภายในบูมท่อนแรก มุมเลี้ยวแคบควบคุมให้เคลื่อนที่เข้าพื้นที่กีดขวางมุมหักศอกและองศาเลี้ยวน้อย ๆ ได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 2.29

รูปที่ 2.29 แสดงเครนใหญ่ (All Terrain Cranes)

5) **เครนติดรถบรรทุก** มีสภาพทั่วไปเป็นรถบรรทุกทั่วไป การออกแบบทั้งหมดเป็นรถบรรทุกใช้งานเพื่อบรรทุกเพียงแต่ติดตั้งเครนร่วมด้วย สามารถยกของขึ้นลงได้ด้วยตนเอง คนไทยมักเรียกว่า รถเฮียบ เพราะรถบรรทุกติดเครนที่นำเข้ามาใช้ในประเทศไทยในคราวแรกเป็นยี่ห้อเฮียบดังแสดงในรูปที่ 2.30

รูปที่ 2.30 แสดงเครนติดรถบรรทุก

6) เรือเครน มีสภาพทั่วไปเหมือนเรือทุกประการ เพียงติดตั้งเครนเข้า มีความสามารถในการทำงานในท้องน้ำ งานก่อสร้างสะพาน ก่อสร้างแท่นขุดเจาะ และงานขนส่งสินค้าทางเรือ ดังแสดงในรูปที่ 2.31

รูปที่ 2.31 แสดงเรือเครน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.6 เพลา

2.6.1 เพลา

เพลา เป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลัง หรือทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง ขณะใช้งานเพลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่าเพลา ไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่ก็ตาม

สพินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้น เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง (Head-Stock spindle)เป็นต้น

สตับชาฟ (Stub Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมา สำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่น ๆ

เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft)หรือเพลาเมน (Main shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง ใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆ โดยเฉพาะ

แจ๊คชาฟ (Jack Shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล

เพลาอ่อน (Fixable Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้เพลาประเภทนี้ทำด้วย สายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่ แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

2.6.2 การออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร

พยุงศักดิ์ (2552) กล่าวว่า เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ใช้เพื่อส่งผ่านโมเมนต์บิดและความเร็วรอบ เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด แรงดัด หรือแรงหลาย ๆ อย่างพร้อมกัน และแรงเหล่านี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การคำนวณออกแบบเพลาจึงต้องอาศัยหลักการของการแตกหักเพราะความล้า เนื่องจากความเค้นผสม นอกจากนี้ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาที่เกิดจากน้ำหนักของเพลา เฟือง ล้อสายพาน และอื่น ๆ ที่ติดอยู่บนเพลา ก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดของเพลา วิธีการออกแบบเพลาตามเกณฑ์สมาคมวิศวกรรมเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society of Mechanical Engineering, ASME) การคำนวณหาขนาดของ

เพลาส่งกำลังโดยใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดเป็นหลัก แต่วิธีการนี้ไม่ได้คำนึงถึงความเข้มของความเค้นและความล้าที่เกิดขึ้นบนเพลา กรณีเพลากลวง แสดงดังนี้

ความเค้นดึงหรือความเค้นกด

$$\sigma_a = \frac{4F}{\pi(d^2-d_i^2)} \quad (2.1)$$

ความเค้นดัด

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{32Md}{\pi(d^4-d_i^4)} \quad (2.2)$$

ความเค้นเฉือน

$$\tau = \frac{Tr}{j} = \frac{16Td}{\pi(d^4-d_i^4)} \quad (2.3)$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวมกันได้ดังนี้

$$\sigma_a = \sigma_a + \sigma_b \quad (2.4)$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดความเค้นใช้งาน τ_d สามารถถูกกำหนดให้อยู่ในรูปของ

$$\tau_d = \frac{Ssy}{N} = \left(\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2\right)^{1/2} \quad (2.5)$$

จัดรูปแบบสมการจะได้สมการหาขนาดของเพลาดังนี้

$$d = \left\{\frac{16}{\pi\tau_d}\left[(C_tT)^2+(C_mM)^2\right]^{1/2}\right\}^{1/3} \quad (2.6)$$

เมื่อ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

τ_d = ความเค้นเฉือนใช้งาน (N/mm^2)

T = โมเม้นบิดจากการส่งกำลัง (Nm)

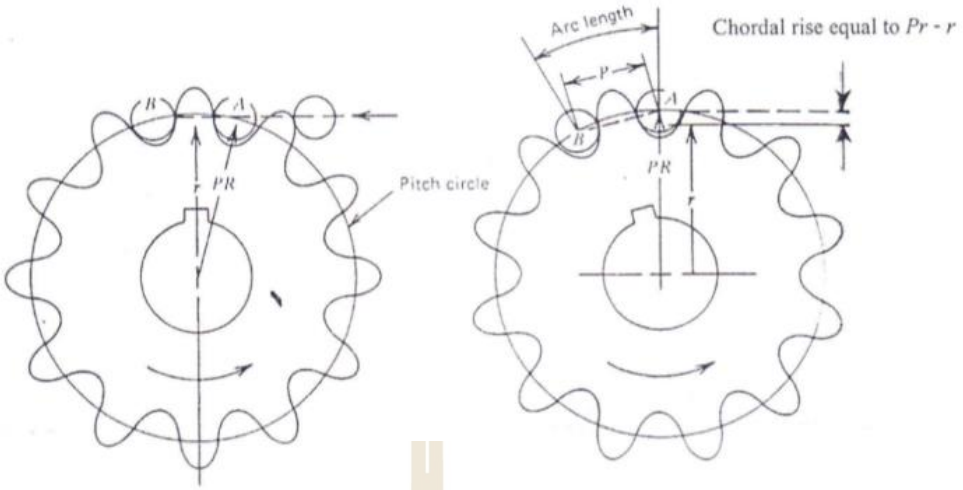
2.7 โซ่ส่งกำลัง

พยุงศักดิ์ (2552) กล่าวว่า การส่งกำลังด้วยโซ่ คล้ายการส่งกำลังด้วยสายพานนิยมใช้ในระบบส่งกำลังของเครื่องจักรกลเกษตร เพราะมีข้อดีหลายประการ เช่น มีอัตราทดที่แน่นอน ไม่มีการสลิป ขณะส่งกำลังชนิดของโซ่ส่งกำลัง (Power transmission chain) แบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

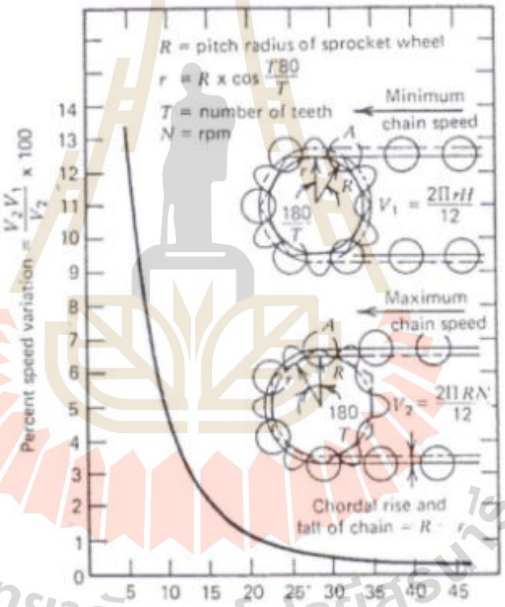
1) โซ่โรลเลอร์ (Roller chains) เป็นที่นิยมในการส่งกำลังของเครื่องจักรกลเกษตร ส่วนประกอบหลัก ๆ ของโซ่โรลเลอร์ คือ โรลเลอร์ (Roller) แผ่นต่อ (Link) และสลัก (Pin) ขนาดของโซ่โรลเลอร์ถูกกำหนดด้วยระยะพิตช์ ความกว้างของโซ่ และเส้นผ่านศูนย์กลางของโรลเลอร์

2) โซ่บูช (Bushed chains) โซ่ชนิดนี้แตกต่างจากโซ่โรลเลอร์ตรงที่ไม่มี โรลเลอร์ จึงทำให้สามารถออกแบบให้บูชและสลักมีขนาดใหญ่ขึ้น และสามารถรับแรงได้มากกว่า และแข็งแรงกว่าโซ่โรลเลอร์ที่มีระยะพิตช์เท่ากัน เนื่องจากโซ่บูชมีเสียงดังในการใช้งานจึงไม่ค่อยนิยมใช้

3) โซ่ฟัน (toothed/leaf chains) เป็นโซ่ที่ประกอบด้วยแผ่นต่อหลายแผ่นเรียงซ้อนกันและยึดติดกันด้วยสลักในการทำงานมีเสียงเบา จึงมีชื่อเรียกว่า Silent chain การส่งกำลังด้วยโซ่ขณะที่โซ่เคลื่อนที่ผ่านฟันเฟืองของโซ่ (Sprocket) ระยะรัศมีที่วัดจากจุดศูนย์กลางของเฟืองโซ่ถึงจุดกึ่งกลางของข้อโซ่จะมีขนาดไม่คงที่ ซึ่งแตกต่างจากลักษณะการขับสายพานบนล้อสายพาน ลักษณะการยกตัวขึ้นและลดต่ำลงของตำแหน่งจุดกึ่งกลางของข้อโซ่แต่ ละอันนี้ ถูกเรียกว่า Chordal action ดังแสดงในรูปที่ 2.32 (ก) Chordal action จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วของข้อโซ่ โดยการเปลี่ยนแปลงของความเร็วนี้จะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนฟันของเฟืองโซ่มีเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.32 (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.32 การขบกันของโซ่โรลเลอร์กับเฟืองโซ่ (ก) chordal action ของโซ่โรลเลอร์ (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงความเร็วกับจำนวนฟันเฟืองโซ่

ในการส่งกำลังด้วยโซ่ที่มีความเร็วคงที่ v แรงดึงที่เกิดขึ้นในโซ่จะประกอบด้วยแรงในแนวสัมผัส F_t และแรงหนีศูนย์กลางในแนวของข้อต่อโซ่ F_{ct}

ความเร็วของโซ่สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$v = \pi dn \quad \text{หรือ} \quad pzn \tag{2.7}$$

โดยที่ d = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเฟืองโซ่ (mm)

z = จำนวนฟันของเฟืองโซ่

n = ความเร็วรอบของเฟืองโซ่ (rpm)

ดังนั้น แรงดึงในแนวสัมผัสสามารถคำนวณได้จากกำลังที่ส่ง w_p และความเร็วของโซ่ดังนี้

$$F_t = \frac{w_p}{v} = \frac{2\pi nT}{pzn} = \frac{2T}{d} \tag{2.8}$$

โดยที่ T = โมเมนแรงบิด

แรงหนีศูนย์กลางของข้อโซ่ที่เกิดขึ้นในแนวรัศมีของเฟืองโซ่ ดังแสดงในรูปที่ 2.33 ดังสมการ

$$F_c = mr\omega^2 = \frac{mv^2}{r} = mv^2 2\sin\alpha \tag{2.9}$$

โดยที่ m = มวลของโซ่ต่อความยาว 1 m ,(kg)

r = รัศมีพิตช์ของเฟืองโซ่ ซึ่งมีค่า $r = \frac{1}{2\sin\alpha}$, (mm)

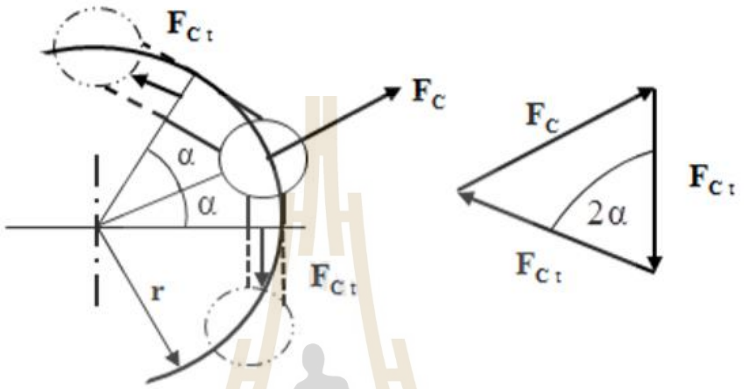
α = มุมของเฟืองโซ่ (องศา)

เมื่อแยกแรง F_c ออกเป็นแรงย่อยในแนวของข้อต่อโซ่ F_{ct} ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{0.5F_c}{F_{ct}} = \sin\alpha \tag{2.10}$$

ดังนั้นแรงหนีศูนย์กลางในแนวของข้อต่อโซ่ สามารถหาได้จาก สมการดังนี้

$$F_{ct} = \frac{F_c}{2\sin\alpha} = mv^2 \qquad (2.11)$$



รูปที่ 2.33 ความสัมพันธ์ระหว่าง F_c และ F_{ct}

การเลือกใช้โซ่โรลเลอร์ในการเลือกจำเป็นต้องทราบข้อมูลเบื้องต้นบางประการ คือกำลังที่ใช้ส่งความเร็วรอบของเพลาขับและเพลาตาม และสภาวะการใช้งาน สำหรับงานทางการเกษตรบ่อยครั้งโซ่โรลเลอร์ต้องทำงานในสภาวะที่ค่าความเค้นการใช้งานมีค่าสูงกว่าความเค้นที่ออกแบบไว้และสภาวะสิ่งแวดล้อมของการทำงานที่สกปรก ดังนั้นควรพิจารณาการใช้งานของโซ่ สำหรับเครื่องจักรกลเกษตรให้น้อยกว่า 2,000 ชั่วโมง แทนที่เป็น 15,000 ชั่วโมงตามคำแนะนำของ ผู้ผลิต การเลือกใช้โซ่มี 10 ขั้นตอนดังนี้

1) จำนวนฟันของพีเนียน ควรเป็นเลขคี่และจำนวนข้อโซ่ควรเป็นเลขคู่ ถ้าการขับโซ่เป็นไปอย่างราบเรียบ พีเนียนควรมีฟันไม่น้อยกว่า 17 ฟัน แต่ถ้าการขับมีการกระตุกเล็กน้อย พีเนียนควรมีฟันอย่างน้อย 23 ฟัน สำหรับการขับโซ่ โดยทั่วไปจะยึดอายุการใช้งานของโซ่ พีเนียนควรมีฟัน 19 ฟัน หรือ 21 ฟัน

2) ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำ N_{sl} สำหรับงานทางการเกษตรควร เพิ่มตัวประกอบใช้งานสำหรับสภาวะสิ่งแวดล้อม N_{s2}

3) อัตราทด คำนวณจากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$m_w = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.12)$$

โดยที่ n_1 คือ ความเร็วรอบของเฟืองรอบสูง (rpm)

n_2 คือ ความเร็วรอบของเฟืองรอบต่ำ (rpm)

4) จำนวนฟันของเฟืองโซ่ใหญ่ คำนวณหาจำนวนฟันของเฟืองโซ่ใหญ่โดยใช้การคูณจำนวนฟันของพีเนียนด้วยอัตราทด แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าจำนวนฟันของเฟือง ถ้าค่าจำนวนฟันที่ได้ไม่เหมาะสม ก็ให้เลือกใช้พีเนียนที่มีจำนวนฟันมากขึ้น จำนวนฟันเฟืองของเฟืองโซ่ใหญ่ไม่ควรมากกว่า 120 ฟัน

5) กำลังที่เลือก คำนวณได้จากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$P = w_P N_{sl} N_{s2} \quad (2.13)$$

โดยที่ w_P = กำลังที่ส่ง (w)

N_{sl} = ตัวประกอบการใช้งานสำหรับแรงกระทำ

N_{s2} = ตัวประกอบการใช้งานสำหรับสภาวะสิ่งแวดล้อม

6) ขนาดของโซ่ เลือกขนาดของโซ่โดยพยายามเลือกที่ใช้โซ่ที่มีระยะพิตช์น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ และให้โซ่มีอายุใช้งานประมาณ 2,000 ชั่วโมง

7) ค่าความปลอดภัย โดยตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของโซ่ได้ตามสมการ ดังต่อไปนี้

$$N_b = \frac{F_b}{F} \quad (2.14)$$

โดยที่ F_b = แรงที่แตกหักของโซ่ (N)

F = แรงดึงในโซ่ (N)

N_b = ค่าความปลอดภัย สภาวะใช้งานปกติควรมีค่าระหว่าง 7-15

8) ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่โดยประมาณ โดยทั่วไปนั้นจะใช้ที่ค่าของระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเฟืองโซ่ประมาณ 30-50 เท่าของระยะพิตช์ของโซ่ ค่าระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเฟืองโซ่ที่แนะนำ

9) จำนวนข้อโซ่ สามารถคำนวณหาได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$x = \frac{2C}{P} + \frac{Z+z}{2} + \left(\frac{Z-z}{2\pi}\right)^2 \frac{P}{C} \qquad (2.15)$$

โดยที่ x = จำนวนข้อโซ่

C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่ (mm)

P = ระยะพิตช์ของโซ่ (mm)

z = จำนวนฟันของพีเนียน

Z = จำนวนฟันของเฟืองโซ่

10) ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่ สามารถคำนวณหาได้จากสมการดังนี้

$$C = \frac{P}{4}\left(x - \frac{Z-z}{2} + \sqrt{\left\{x - \frac{Z+z}{2}\right\}^2 + 2\left\{\frac{Z-z}{\pi}\right\}^2}\right) \qquad (2.16)$$

2.8 การออกแบบคาน (Design of Beams)

คาน (สิทธิชัย, 2546) เป็นองค์อาคารของโครงสร้างที่ถูกออกแบบเพื่อรองรับน้ำหนักบรรทุกตามขวาง (transverse loads) น้ำหนักบรรทุกดังกล่าวจะทำให้เกิดแรงเฉือน (shear) และโมเมนต์ดัด (bending moment) ขึ้นภายในคาน ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามแนวแกนของคาน ดังนั้น คานจะต้องถูกออกแบบคานให้มีกำลังที่พอเพียงในการต้านทานต่อหน่วยแรง ที่เกิดจากแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดดังกล่าว การออกแบบคานในลักษณะนี้มักจะถูกเรียกว่า การออกแบบคานโดยใช้ พื้นฐานของกำลัง (design on the basis of strength) ในการออกแบบคานโดยใช้พื้นฐานของกำลังนั้น เราจะสมมุติให้

1) คานทำด้วยวัสดุที่มีเนื้อเดียวกันตลอด (homogeneous material) และมีพฤติกรรมอยู่ในช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้น (linear-elastic)

2) หน้าตัดของคานมีแกนสมมาตรรอบระนาบที่แรงภายนอกกระทำ ในทางปฏิบัติ เมื่อคานจะถูกออกแบบโดยใช้พื้นฐานของกำลังแล้ว คานดังกล่าวจะต้องถูกตรวจสอบไม่ให้มีการ โก่งตัวมากกว่าที่ระบุไว้ในมาตรฐานการออกแบบ (design code) ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าคานดังกล่าวสามารถที่จะใช้งานได้ ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

การออกแบบคาน (Beam Design) คานจะต้องถูกออกแบบให้มีกำลังที่เพียงพอในการต้านทานแรงกระทำภายนอกโดยให้หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ (allowable bending stress) และหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ (allowable shear stress) ของวัสดุที่ใช้ทำคาน (ซึ่งมักจะถูก ระบุอยู่ในมาตรฐานการออกแบบ) มีค่ามากกว่าหน่วยแรงดัด (bending stress) สูงสุดและหน่วยแรงเฉือน (shear stress) สูงสุดที่เกิดจากแรงกระทำภายนอกหรือ

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{allow}$$

$$\tau_{max} \leq \tau_{allow}$$

เมื่อคานมีระยะที่ค่อนข้างยาวเมื่อเทียบกับความลึกของคานแล้ว ค่าโมเมนต์สูงสุดภายในที่เกิดขึ้นในคานจะควบคุมการออกแบบคาน ดังนั้นโดยปกติแล้วเราจะออกแบบคานโดยให้คานมีกำลังรับหน่วยแรงดัดที่พอเพียงก่อน จากนั้นทำการตรวจสอบว่าคานดังกล่าวมีกำลังพอเพียงในการรองรับแรงเฉือนหรือไม่และสุดท้ายทำการตรวจสอบการ โก่งตัว (deflection) ของคาน

จาก flexural formula $\sigma = \frac{Mc}{I}$ เราจะลดรูปตัวแปรของหน้าตัดของคาน ซึ่งประกอบด้วยค่า c และค่า I ลงได้ โดยกำหนดให้อัตราส่วนของ I / c เป็น section modulus (S) ของหน้าตัดของคาน ดังนั้น เราจะได้ว่า section modulus ที่ต้องการใช้ในการรองรับหน่วยแรงดัดจะหาได้จากสมการ

$$S_{req'd} = \frac{M_{max}}{\sigma_{allow}} \qquad (2.17)$$

โดยที่ M_{max} = ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เกิดขึ้นบนคาน ซึ่งหาได้จากแผนภาพ moment diagram

σ_{allow} = ค่า allowable bending stress ของวัสดุที่ใช้ทำคานซึ่งระบุอยู่ในมาตรฐานการออกแบบ

เมื่อเราทราบค่า $S_{req'd}$ แล้ว เราจะทำการเลือก section modulus (S) ของหน้าตัดของคานมาตรฐานจาก มาตรฐานการออกแบบ (design code) เช่น มาตรฐานการออกแบบของ AISC เป็นต้น โดยให้

$$S > S_{req'd}$$

ถ้าเราไม่พิจารณาการโก่งตัวของคานแล้ว เราจะเลือกใช้หน้าตัดของคานมาตรฐานที่มีค่า S ที่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ที่มากที่สุด ซึ่งจะเป็นคานที่มีน้ำหนักเบาที่สุดและจะทำให้ค่าก่อสร้างคานมีราคาถูกที่สุด แต่เมื่อเราต้องพิจารณาค่าการโก่งตัวของคานแล้ว หน้าตัดของคานดังกล่าวอาจจะมีความแกร่งไม่พอเพียงตามที่กำหนดอยู่ในมาตรฐานก็ได้ ในกรณีนี้เราจะต้องเลือกใช้หน้าตัดของคานมาตรฐานที่ใหญ่ขึ้น ในกรณีที่วัสดุมีค่า allowable bending stress เท่ากันทั้งในกรณีของหน่วยแรงดึงและหน่วยแรงกดอัด เช่น เหล็ก และ aluminum เป็นต้น แล้วเราจะเลือกใช้คานที่มีหน้าตัดที่สมมาตรรอบแกนสะเทิน (neutral axis) ของหน้าตัดของคาน แต่ในกรณีที่ค่า allowable bending stress ดังกล่าวของวัสดุมีค่าที่ไม่เท่ากันแล้ว เราอาจจะต้องใช้หน้าตัดของคานที่ไม่สมมาตร เพื่อให้การออกแบบคานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

หลังจากที่ได้ขนาดของคานที่มีกำลังพอเพียงในการต้านทานต่อหน่วยแรงดัด (flexural stress) แล้ว เราจะทำการ หาหน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกระทำภายนอกโดยใช้ shear formula $\tau = \frac{VQ}{It}$ จากนั้น ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่า allowable shear stress (τ_{allow}) ของวัสดุที่ระบุอยู่ในมาตรฐานการออกแบบ ถ้า $\tau \leq \tau_{allow}$ แล้ว หน้าตัดของคานดังกล่าวจะมีกำลังเพียงพอที่จะต้านทานต่อแรงเฉือนสูงสุด แต่ถ้า $\tau > \tau_{allow}$ แล้วเราจำเป็นจะต้องเลือกขนาดหน้าตัดของคานให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วหน่วยแรงเฉือนจะควบคุมการออกแบบคานในกรณีที่

1. คานมีระยะที่สั้น เมื่อเปรียบเทียบกับความลึกของคาน (ระยะ / ความลึก < 10)
2. คานที่ออกแบบเป็นคานที่รองรับแรงกระทำเป็นจุดที่มีค่าค่อนข้างสูง
3. เมื่อคานเป็นคานที่ทำด้วยไม้ เนื่องจากว่าไม่จะมีกำลังรับแรงเฉือนน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังรับแรงดึง และแรงกดอัด

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุกรี และ พักตร์วิภา (2548) ได้พัฒนาเครื่องชุบท่อนพันธุ์อ้อยก่อนปลูก โดยใช้วิธีการชุบท่อนพันธุ์แบบเป็นมัดลงไปให้น้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 52 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 30 นาที ตัวเครื่องมีขนาดความจุ 12,000 ลิตร สามารถชุบท่อนพันธุ์ได้ครั้งละ 1,500 กิโลกรัม สามารถนำไปปลูกในพื้นที่ประมาณ 1 ไร่หรือมากกว่านี้ โดยเครื่องชุบท่อนพันธุ์มีระบบการทำความร้อนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด และสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยการต่อพ่วง ลากจูง โดยมีหลักการให้ความร้อนอย่างต่อเนื่อง แสดงในรูปที่ 2.34

รูปที่ 2.34 เครื่องชุบท่อนพันธุ์อ้อยก่อนปลูก (สุกรี และ พักตร์วิภา, 2548)

ผลการทดลองพบว่าเครื่องมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 4.6 ลิตรต่อชั่วโมง ใช้อ้อยอายุ 8 เดือนชุบด้วยน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำและอุณหภูมิบริเวณส่วนกลางของมัดอ้อยโดยใช้เทอร์โมคับเปิล พบว่าอุณหภูมิมีการแพร่กระจายอย่างคงที่และทั่วถึงกันซึ่งสามารถนำไปใช้ในการช่วยแก้ปัญหาเรื่องการขาดแคลนพันธุ์อ้อยปลอดโรคได้ แสดงในรูปที่ 2.35

รูปที่ 2.35 แสดงการทำงานเครื่องชุบท่อนพันธุ์อ้อยก่อนปลูก (สุกรี และ พักตร์วิภา, 2548)

เนื่องจากเครื่องชุบท่อนพันธุ์อ้อยมีราคาแพงจึงไม่คุ้มทุนที่จะเผยแพร่ให้เกษตรกรซื้อไปใช้โดยตรง สมควรนำไปใช้ในการผลิตท่อนพันธุ์หลัก จากการคำนวณพบว่าทำการชุบท่อนพันธุ์อ้อยได้ครั้งละ 1,500 กิโลกรัม สามารถนำไปปลูกได้ในพื้นที่ 1 ไร่ จะให้ผลผลิตท่อนพันธุ์หลัก 10,000 กิโลกรัม และเมื่อนำท่อนพันธุ์ดังกล่าวไปปลูกเป็นท่อนพันธุ์ขยายจะสามารถผลิตท่อนพันธุ์ขยายได้ 66,700 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อเกษตรกรนำท่อนพันธุ์ขยายไปปลูกเชิงพาณิชย์จะปลูกได้ในพื้นที่ 44.5 ไร่

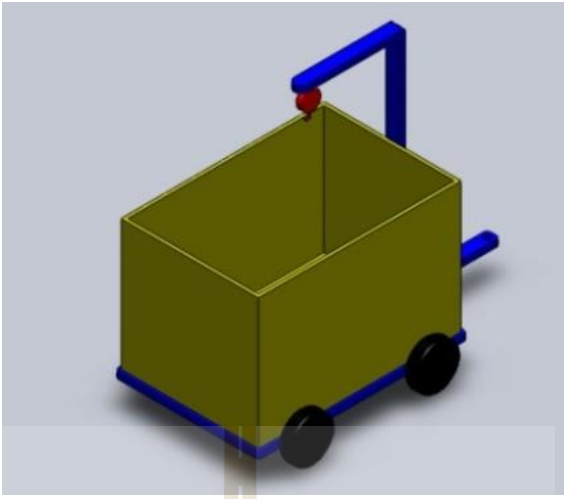
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.10 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของการวิจัย

กระบวนการผลิตมันสำปะหลังนั้นมีความจำเป็นต้องใช้แรงงานคนเข้ามาทำงานตลอดช่วงเวลาในการผลิต เนื่องจากเป็นพืชที่ใช้ประโยชน์จากหัวมันสำปะหลังที่อยู่อยู่ใต้ดิน ทำให้กระบวนการผลิตมีความยากลำบากเป็นอย่างมาก จึงมีความจำเป็นที่ต้องนำเครื่องจักรกลทางการเกษตรที่เหมาะสมเข้ามาช่วยในกระบวกการเตรียมดิน กระบวกการเพราะปลูก กระบวนการดูแลรักษาและกระบวนการเก็บเกี่ยว ถือเป็นการลดแรงงาน ลดระยะเวลา ลดความเหนื่อยยากและเป็นการเพิ่มความสามารถในการผลิตมันสำปะหลังให้สูงยิ่งขึ้น การปลูกมันสำปะหลังในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องปลูกมันสำปะหลังเข้ามาใช้ทดแทนแรงงาน แต่การปลูกด้วยเครื่องนั้นต้องใช้ท่อนพันธุ์ทั้งต้น ซึ่งปัญหาอย่างหนึ่งในขั้นตอนการชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืช ยังไม่มีการพัฒนาเครื่องชุบที่สามารถชุบท่อนพันธุ์ได้ทั้งต้น ทำให้การปลูกมันโดยเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ใช้ท่อนพันธุ์ที่ไม่ผ่านการชุบเสี่ยงต่อการเกิดโรคและแมลงศัตรูพืชระบาดในอนาคต อีกทั้งในกระบวนการชุบท่อนพัธุ์นั้นมีการใช้สารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้อง รวมถึงน้ำหนักและความยาวของมัดท่อนพันธุ์ที่มาก ทำให้กระบวนการชุบนั้นทำได้อย่างยากลำบากท ไม่มีความสะดวกและความปลอดภัยในการทำงาน ดังนั้นเพื่อการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการวิจัยการออกแบบและพัฒนาเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น

การวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องชุบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้วสร้างเป็นเครื่องต้นแบบที่มีความสามารถในการชุบท่อนพันธุ์ทั้งต้นได้ ซึ่งตัวเครื่องจะประกอบไปด้วยชุดแขนจับยกเป็นกลไกใช้แทนแรงงานคน เพื่อความสะดวกและปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังก่อนปลูก มีชุดล้อและชุดต่อพ่วงสำหรับลากจูงเข้าพื้นที่เพราะปลูกทำงานร่วมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังได้อย่างคล่องตัว โดยออกแบบเป็นกรอบแนวความคิดของเครื่องต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.36

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.36 แสดงเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นตามกรอบแนวความคิดของการวิจัย

จากรูปที่ 2.36 แสดงให้เห็นว่าตัวเครื่องสามารถเคลื่อนที่โดยใช้ล้อมีจุดต่อพ่วงเพื่อใช้ต้นกำลังจากภายนอกลากเครื่องได้ มีชุดแขนสำหรับจับยกมัดท่อนพันธุ์ ทำให้เกิดความสะดวกและปลอดภัยในการทำงาน ชุดแขนจับยกจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง มีชุดอ่างสารเคมีสำหรับชุบท่อนพันธุ์ที่สามารถทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้ โดยอ่างชุบนี้ออกแบบให้มีขนาดเหมาะสมกับมัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังและมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นแหล่งให้พลังงานกับชุดแขนจับยก ถ้าเปรียบเทียบกับเครื่องชุบท่อนพันธุ์อ้อยแล้วจะพบได้ว่าเครื่องชุบมีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานกับท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไม่มีระบบให้ความร้อน เนื่องจากการชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนในกระการชุบเหมือนกับท่อนพันธุ์อ้อย จึงไม่ต้องใช้ระบบให้ความร้อนส่งผลให้เครื่องต้นแบบมีราคาที่ถูกลง ทำให้เกษตรกรมีโอกาสครอบครองและนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตมันสำปะหลังได้จริง ถือเป็นการเพิ่มความสะดวกและความปลอดภัยในการทำงานมากยิ่งขึ้น อีกทั้งเป็นการลดจำนวนแรงงาน ลดระยะเวลา ลดต้นทุนในกระบวนการผลิตมันสำปะหลังลงได้และเป็นประโยชน์นำไปสู่การเพิ่มมูลค่าผลผลิตมันสำปะหลังให้กับเกษตรกรต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น มีขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้ คือ 1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่อง 2.คำนวณและออกแบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3.สร้างเครื่องต้นแบบ 4.ทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบ เก็บข้อมูล และสรุปผลการวิจัย 5.การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องต้นแบบ โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

3.1 วิธีดำเนินการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่อง

3.1.1 ศึกษาข้อมูลเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเป็นเครื่องเตรียมท่อนพันธุ์ให้กับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง เพื่อให้การทำงานที่สอดคล้องกันจึงต้องใช้ข้อมูลความสามารถในการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังเป็นตัวกำหนดจำนวนท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูกต่อไร่และจำนวนท่อนพันธุ์ที่เครื่องต้องชุบต่อหนึ่งรอบ

3.1.2 ศึกษาข้อมูลลักษณะทางกายภาพของต้นพันธุ์มันสำปะหลัง

เมื่อทราบความสามารถในการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแล้ว สามารถที่จะหาจำนวนต้นพันธุ์ที่ใช้ปลูกต่อไร่และกำหนดจำนวนต้นพันธุ์ต่อรอบการชุบได้ เพื่อการออกแบบเครื่องชุบให้สามารถใช้งานได้อย่างครอบคลุมกับพันธุ์มันสำปะหลังทุกชนิดจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลขนาดของความยาวของต้นมันสำประหลังที่มากสุดมากำหนดขนาดความยาวของอ่างชุบ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเมื่อนำต้นมันสำปะหลังมามัดรวมกันเพื่อนำไปกำหนดความกว้างของอ่างชุบและข้อมูลจำนวนมัดต่อรอบการชุบไปกำหนดความสูงของอ่างชุบ รวมถึงน้ำหนักของท่อนพันธุ์ต่อรอบการชุบไปกำหนดขนาดของรอกและขนาดของมอเตอร์เกียร์ต่อไป

3.1.3 หาขนาดของอ่างชุบของเครื่อง

ใช้ข้อมูลจากลักษณะทางกายภาพมัดต้นพันธุ์มันสำปะหลังนำมาออกแบบอ่างชุบ โดยใช้ข้อมูลขนาดของความยาวมากำหนดขนาดความยาวอ่าง ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมากำหนดความกว้างอ่างและจำนวนการชุดต่อรอบมากำหนดความสูงของอ่าง

3.1.4 หาขนาดของน้ำหนักการยก

หาน้ำหนักการยกต่อรอบการเพื่อนำไปเลือกชนิดและขนาดของรอกไฟฟ้า

3.1.5 หาขนาดของมอเตอร์เกียร์ หาได้จากสมการ

$$W_p = 2\pi nT \quad (3.1)$$

W_p = กำลังของมอเตอร์ (วัตต์)

n = ความเร็วรอบการหมุน (รอบต่อนาที)

T = โมเมนต์บิด (นิวตันต่อเมตร)

3.1.6 หาขนาดของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า หาได้จากผลรวมขนาดของมอเตอร์รอกไฟฟ้าและขนาดของมอเตอร์เกียร์

3.2 การออกแบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการออกแบบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นตามหัวข้อที่ 3.1 คือ การออกแบบเครื่องที่สามารถเคลื่อนที่โดยใช้รถแทรกเตอร์หรือรถยนต์ลากจูงเข้าพื้นที่การทำงาน เพื่อสะดวกต่อผู้ปฏิบัติงาน 1-2 คน และมีความสะดวก รวดเร็ว ในการเตรียมท่อนพันธุ์สำหรับใช้กับเครื่องปลูกมันสำปะหลังรวมถึงการหลีกเลี่ยงการโดนสารเคมีโดยตรงเพื่อความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงาน โดยใช้โปรแกรมเขียนแบบทางด้านวิศวกรรม Solid Works มีส่วนประกอบหลัก ดังนี้

1) การออกแบบชุดโครงสร้างของเครื่องต้นแบบ

โครงสร้างของตัวเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นนั้นเป็นโครงสร้างหลักในการติดตั้งชิ้นส่วนอื่นๆของเครื่อง มีพื้นที่สำหรับการติดตั้งอ่างชุบสารเคมี เครน แท่นมอเตอร์เกียร์ จุดต่อพ่วง ชุดขับเคลื่อนและชุดส่งกำลังกลไก ดังนั้นโครงสร้างเครื่องต้องสามารถรับแรงภายนอกที่มากระทำต่อเครื่องได้ โดยมีลักษณะการคำนวณออกแบบตามลำดับต่อไปนี้

- หาน้ำหนักที่เครื่องจะต้องรับทั้งหมด (W)
- หาแรงที่กระทำต่อโครงสร้างเครื่องต้นแบบ (F)
- หาขนาดพื้นที่หน้าตัดของโครงสร้างที่รับแรงกระทำ (A) เพื่อเลือกขนาดของเหล็กรูปพรรณในการสร้างโครงสร้างเครื่องต้นแบบ

2) การออกแบบชุดอ่างชุบน้ำยาเคมี

ชุดอ่างชุบน้ำยาเคมีออกแบบให้มีลักษณะเป็นอ่างสี่เหลี่ยมโดยอาศัยข้อมูลลักษณะทางกายภาพของตันมันสำปะหลังเพื่อกำหนดขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง พร้อมจุดยึดสลักสำหรับติดตั้งบนโครงสร้างของเครื่องต้นแบบและเลือกวัสดุในการสร้างพื้นอ่างให้ทนต่อสารเคมีที่ใช้ในการชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

3) การออกแบบชุดเครน

ชุดเครนออกแบบให้มีลักษณะแบบ Pillar Jib Cranes เป็นเครนตั้งเสามีจุดหมุนและมีแขนยืนสำหรับยกวัตถุ มีพื้นที่สำหรับติดตั้งรอกไฟฟ้าสำหรับยกท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเข้าเครื่องชุบได้ และชุดเครนต้องสามารถรับค่าแรงภายนอกที่มากระทำได้ โดยมีลักษณะการคำนวณการออกแบบตามลำดับดังนี้

- หาน้ำหนักที่ชุดเครนจะต้องรับทั้งหมด (W)
- หาแรงที่กระทำต่อชุดเครน (F)
- หาขนาดของเพลาที่จะนำมาใช้เป็นเสาชุดเครน (d)

4) การออกแบบชุดแท่นมอเตอร์เกียร์และแท่นเครน

ชุดแท่นมอเตอร์เกียร์และแท่นเครนออกแบบเป็นแท่นเหล็กสำหรับติดตั้งเครน มอเตอร์เกียร์ ชุดตลับลูกปืนของชุดกลไกการส่งกำลัง และมีพื้นที่สำหรับติดตั้งเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้เป็นต้นกำลังภายในตัวเครื่องชุบ มีขนาดความกว้างตามขนาดของโครงสร้างเครื่องต้นแบบ มีขนาดความสูงตามอ่างชุบสารเคมี มีจุดยึดสลักสำหรับติดตั้งบนโครงสร้างเครื่องต้นแบบ

5) การออกแบบชุดจุดต่อพ่วง

ชุดจุดต่อพ่วงออกแบบเป็นแขนลากเชื่อมต่อกับโครงสร้างเครื่อง 2 จุด ร้อยสลักเพื่อให้แขนลากหมุนได้ มีจุดต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์หรือรถลาก 1 จุด สำหรับเคลื่อนย้ายเครื่องเข้าพื้นที่ทำงาน

6) การออกแบบชุดล้อ

ชุดล้อออกแบบเป็นจุดติดตั้งล้อจำนวน 4 ล้อ เพื่อใช้เคลื่อนย้ายตัวเครื่องต้นแบบ ชุดล้อเป็นส่วนที่รับน้ำหนักทั้งหมดของตัวเครื่อง โดยเลือกใช้ชุดล้อของเทรลเลอร์ทางการเกษตรที่มีจำหน่ายในพื้นที่สร้างเครื่องต้นแบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7) การออกแบบชุดส่งกำลังขับกลไก

ชุดส่งกำลังขับกลไกการหมุนของเครนมากจากมอเตอร์เกียร์ ส่งกำลังผ่านโซ่ไปยังเพลาขับ ซึ่งจะประกอบด้วย พิเนียน เฟืองโซ่และส่งกำลังไปขับกลไกที่ออกแบบขึ้น สามารถแบ่งการออกแบบระบบส่งกำลังจำแนกได้ 2 ประเภทคือ การออกแบบเพลาส่งกำลัง และการออกแบบโซ่ส่งกำลัง สามารถดำเนินการคำนวณการออกแบบตามลำดับดังนี้

7.1) การออกแบบโซ่ส่งกำลังดำเนินการคำนวณการออกแบบตามลำดับดังนี้

- กำหนดค่าต่าง ๆ คือ
  - กำลังที่ต้องการส่ง (W_p)
  - อัตราเร็วรอบเฟืองขับ (N_1) และ เฟืองตาม (N_2)
- พิจารณาลักษณะการใช้งาน เพื่อเลือกตัวประกอบการใช้งานสำหรับ แรงกระทำ (N_{S1})
- พิจารณาลักษณะการใช้งานเพื่อเลือกตัวประกอบการใช้งานสำหรับ สิ่งแวดล้อม (N_{S2})
- กำหนดจำนวนฟันบนเฟืองโซ่ (z)
- กำหนดอัตราทดที่ต้องการ (m_W)
- หากำลังที่ใช้เลือกโซ่ (p)
- เลือกขนาดโซ่จากค่ากำลังออกแบบของโซ่ โดยเลือกใช้โซ่ที่มีระยะพิตช์น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้
- หาค่าความปลอดภัย (N_b)
- หาจำนวนข้อโซ่ (x)
- หาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่โดยประมาณ (C)

7.2) การออกแบบเพลาส่งกำลังดำเนินการคำนวณการออกแบบตามลำดับดังนี้

- กำหนดค่าต่างๆ คือ
  - กำลังที่ต้องการถ่ายทอด (W_p)
  - อัตราความเร็วรอบของเพลา (Z)
- กำลังที่ใช้ในการออกแบบเพลา (P)
- หาโมเมนต์บิดที่ใช้ในการออกแบบ (T)
- หาโมเมนต์ดัดที่ใช้ในการออกแบบ (M)
- หาความเค้นเฉือนใช้งาน (τ_d)
- เขียนไดอะแกรมแสดงแรงในแนวราบแกน X และแนวราบแกน Z
- หาแรงที่เกิดขึ้นในแนวราบแกน X และแนวราบแกน Z

- หาแรงปฏิกิริยาที่จุดหมุนในแนวราบแกน X และแนวราบแกน Z
- เขียนไดอะแกรมโมเมนต์ดัด
- จากไดอะแกรมโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในตำแหน่งของเฟือง รวมโมเมนต์ดัดในแนวราบแกน X และแนวราบแกน Z ของเฟืองใช้ค่ามากที่สุดเพื่อใช้ในการหาขนาดของเพลา
- กำหนดค่าตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด (C_m)
- กำหนดค่าตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด (C_t)
- หาขนาดของเพลา (d)
- ตรวจสอบมุมที่เพลาบิด (องศา)
- หาอายุการใช้งานของแบริ่ง (ชั่วโมง)

3.3 การสร้างเครื่องต้นแบบ

การสร้างเครื่องต้นแบบตามออกแบบจากข้อ 3.2 โดยมีวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบ มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องต้นแบบ

1) เหล็กรูปพรรณต่างๆ สำหรับสร้างโครงสร้างโดยรวมของเครื่องได้แก่
   - เหล็กหน้าตัดรูปตัว C
   - เหล็กกล่อง
   - เหล็กฉาก
   - เหล็กแผ่น
   - เหล็กพื้นแบบ
   - เหล็กเพลา และอื่นๆ
2) วัสดุสำหรับระบบส่งกำลัง ได้แก่
   - เฟืองโซ่
   - โซ่
   - ตลับลูกปืน
   - เพลา
   - รอก และอื่นๆ
3) วัสดุสำหรับจับยึดชิ้นงาน ได้แก่
   - Nut, Bolt, สลัก และอื่นๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้สำหรับสร้างเครื่องต้นแบบ

1) เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
2) เครื่องตัดเหล็ก
3) เครื่องเจาะชิ้นงาน
4) เครื่องเจียระไน
5) ชุดเครื่องมือช่าง เครื่องมือวัด และอื่นๆ

3.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องต้นแบบ

1) เครื่องชั่งน้ำหนัก
2) นาฬิกาจับเวลา
3) ตลับเมตร
4) กระบอกตวงน้ำมัน
5) กล้องถ่ายรูป
6) เชือกฟาง
7) สารเคมี

3.2.4 สถานที่สร้างเครื่องต้นแบบ

ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ ณ บ้านป่าพะยอม ตำบลเหล่าหมี อำเภอดอนตาล จังหวัดมุกดาหาร

3.4 การทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบ เก็บข้อมูล และสรุปผลการวิจัย

3.4.1 ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบ

1) เตรียมแปลงการทดสอบตามที่วางแผนไว้
2) นำเครื่องต้นแบบเข้าพื้นที่เพื่อทำการทดสอบ
3) เตรียมสารเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร
4) ติดเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า
5) จัดเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสำหรับการทดสอบ
6) ดำเนินการทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ
   - ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
   - การสิ้นเปลืองพลังงาน (ลิตร/ชั่วโมง)
   - ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่เสียหายจากการทำงานของเครื่อง
   - ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบ

3.4.2 การเก็บข้อมูลในระหว่างการทดสอบ

1) ปริมาณน้ำยาเคมีในอ่างชุบ

เพื่อหาปริมาณน้ำยาเคมีที่หายไปจากการชุบ โดยวัดจากการแถบบอกระดับความสูงในอ่างชุบ

2) ปริมาณต้นพันธุ์ที่เครื่องไม่สามารถชุบได้ โดยนับจำนวนต้นพันธุ์ที่ไม่แช่ในอ่างชุบและต้นพันธุ์ที่หลุดออกจากอ่างในช่วงการทดสอบเครื่อง

3.4.3 การเก็บข้อมูลหลังการทดสอบ

1) ความสามารถในการทำงาน

โดยคิดจากน้ำหนักรวมของท่อนพันธุ์รวมกันทั้งหมด เมื่อเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทำงานครบ 1 ชั่วโมง

2) การสิ้นเปลืองพลังงาน

โดยคิดจากการวัดปริมาณน้ำมันในถังด้วยอุปกรณ์กระบอกตวง เมื่อเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทำงานครบ 1 ชั่วโมง

3) ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่เสียหายจากการทำงานของเครื่อง

โดยคิดจากท่อนพันธุ์ที่เสียหายจากการทำงานของเครื่องแล้วนำมาคิดเป็นร้อยของจำนวนท่อนพันธุ์ทั้งหมด

4) ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบ

โดยคิดจากท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบจากการทำงานของเครื่องแล้วนำมาคิดเป็นร้อยของจำนวนท่อนพันธุ์ทั้งหมด

3.4.4 สถานที่ทำการทดสอบ

ทำการทดสอบที่แปลงเกษตรกรบ้านป่าพะยอม ตำบลเหล่าหมี อำเภอดอนตาล จังหวัดมุกดาหาร

3.4.5 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

เมื่อทำการทดสอบสมถรรนะเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นเสร็จ ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนำมาวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบเพื่อเรียบเรียงวิทยานิพนธ์และตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ การวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1) ความสามารถในการทำงาน

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = \frac{\text{น้ำหนักทั้งหมด}}{\text{เวลาในการทดสอบ}} \quad (3.2)$$

เมื่อ ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

2) การสิ้นเปลืองพลังงาน

$$\text{การสิ้นเปลืองพลังงาน} = \frac{\text{เชื้อเพลิงที่ใช้ไป}}{\text{เวลาในการทดสอบ}} \quad (3.3)$$

เมื่อ การสิ้นเปลืองพลังงาน (ลิตร/ชั่วโมง)

3) ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่เสียหายจากการทำงานของเครื่อง

$$\text{ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่เสียหายจากการทำงานของเครื่อง} = \left(\frac{\text{ท่อนพันธุ์ทั้งหมด} - \text{ท่อนพันธุ์ที่ดี}}{\text{ท่อนพันธุ์ทั้งหมด}}\right) \times 100 \quad (3.4)$$

เมื่อ ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่เสียหายจากการทำงานของเครื่อง (ร้อยละ)

4) ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบ

$$\text{ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบ} = \left(\frac{\text{ท่อนพันธุ์ทั้งหมด} - \text{ท่อนพันธุ์ที่ชุบ}}{\text{ท่อนพันธุ์ทั้งหมด}}\right) \times 100 \quad (3.5)$$

เมื่อ ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบ (ร้อยละ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.5 วิธีดำเนินการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องต้นแบบ

การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องต้นแบบ ซึ่งประกอบด้วย วิเคราะห์จุดคุ้มทุน วิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break - even point) เป็นการคำนวณเปรียบเทียบการเตรียมท่อนพันธุ์มันสำปะหลังโดยนับตั้งแต่กระบวนการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไปจนกระทั่งการชุบท่อนพันธุ์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องต้นแบบจะสามารถใช้ต้นทุนในการทำงานเท่ากับต้นทุนของการชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง โดยใช้แรงงานคนที่พื้นที่เท่าไรในระยะเวลา 1 ปี

3.5.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period, PBP) เป็นการคะเนว่าระยะเวลาจากการเริ่มต้นลงทุนถึงเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits) ของการใช้เครื่องต้นแบบมีค่าเท่ากับการลงทุนและทำการคำนวณหาระยะเวลาในการคืนทุนต่อพื้นที่การทำงานต่อปีของการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังต้นแบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

ในบทนี้จะนำเสนอผลการวิจัย และวิเคราะห์ผล ซึ่งแบ่งออก 5 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 แสดงผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการออกแบบเครื่อง ส่วนที่ 2 แสดงผลการออกแบบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ส่วนที่ 3 แสดงผลการสร้างเครื่องต้นแบบ ส่วนที่ 4 แสดงผลการทดสอบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นและส่วนที่ 5 แสดงผลการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้เครื่องต้นแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการออกแบบเครื่องต้นแบบ

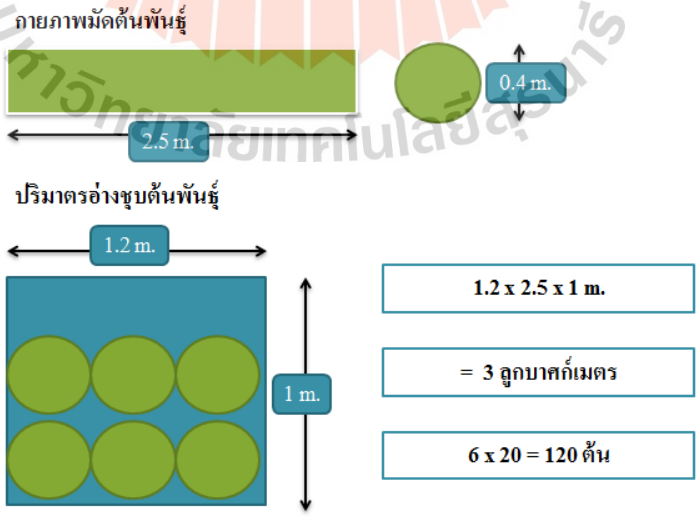
4.1.1 ความสามารถในการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง เนื่องจากเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเป็นเครื่องเตรียมท่อนพันธุ์ให้กับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งในปัจจุบันเครื่องปลูกมันสำปะหลังมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.5 - 1 ไร่ต่อชั่วโมง เพื่อการออกแบบให้มีความครอบคลุมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังจึงเลือกใช้ความสามารถในการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ 1 ไร่ต่อชั่วโมง เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น

4.1.2 จำนวนต้นพันธุ์มันสำปะหลังต่อไร่ ในการปลูกมัน 1 ไร่ ถ้าปลูกในระยะ 0.8 เมตร x 1.2 เมตร ต้องใช้พันธุ์มันสำปะหลัง 1,670 ท่อน ซึ่งแต่ละท่อนยาว 20 – 25 เซนติเมตร และความยาวของต้นพันธุ์มีความยาว 1 – 2.5 เมตร ถ้าใช้ต้นพันธุ์ที่มีความยาวเฉลี่ย 1.5 เมตร ต้องใช้ต้นพันธุ์ 280 ต้น

4.1.3 จำนวนต้นพันธุ์ต่อรอบการชุบ การชุบต้นพันธุ์ที่เวลา 10 นาทีต่อหนึ่งรอบการชุบ รวมเวลาในการนำต้นพันธุ์มันสำปะหลังเข้าและออกไม่เกิน 5 นาที รวมเป็นเวลา 15 นาที จะสามารถชุบได้ 4 รอบในเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้น 1 รอบการชุบต้องใช้ต้นพันธุ์ 280 / 4 = 70 ต้น ต่อการชุบ 1 ครั้ง

4.1.4 ขนาดของอ่างชุบของเครื่องต้นแบบ ใน 1 มัดของต้นมันสำปะหลัง มีต้นพันธุ์มันสำปะหลัง 20 – 25 ต้น ต้องใช้ 3 – 4 มัดต่อการชุบ 1 รอบ และจากศึกษาทางกายภาพของมัดต้นมันสำปะหลังพบว่า ขนาดของความยาวของต้นมันสำปะหลังอยู่ที่ 1 - 2.5 เมตร และขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมัดอยู่ที่ 0.3 – 0.4 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ดังนั้นเพื่อการรองรับจำนวนมัดและความยาวของต้นมันสำปะหลัง จึงสามารถออกแบบขนาดของอ่างชุบคือ 1.2 x 2.5 x 1 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ดังแสดงในรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพมัดมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์50



รูปที่ 4.2 แสดงขนาดของอ่างชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น

4.1.5 ขนาดของน้ำหนักการยก น้ำหนักจากการทดลองชั่งน้ำหนักต้นมันสำปะหลัง จำนวน 10 - 20 ต้น ความยาว 1 - 1.5 เมตร ต่อ 1 มัด น้ำหนักอยู่ที่ 5 – 15 กิโลกรัมต่อมัด และในการชุบต่อรอบ 4 - 7 มัด (70 ต้นต่อ 1 รอบการชุบ) ดังนั้นในการชุบต่อรอบโดยคิดจากน้ำหนักคิดที่ 15 กิโลกรัมต่อมัด ใน 1 รอบจะยกน้ำหนักที่มากกว่า 100 กิโลกรัม สามารถนำข้อมูลไปเลือกรอกสลิงไฟฟ้าที่มีตามท้องตลาดที่รองรับการยกสูงสุด 200 กิโลกรัม ซึ่งระบุขนาดมอเตอร์ 800 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 แสดงรอกสลิงไฟฟ้าขนาดการยก 200 กิโลกรัม

4.1.6 ขนาดของมอเตอร์เกียร์ การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ต้นกำลังขับชุดเกียร์ของกลไกขับเคลื่อนชุดเครนหาได้จากสมการ

สามารถคำนวณหาขนาดมอเตอร์ได้จาก

- น้ำหนักท่อนพันธุ์รวมโครงสร้างและอุปกรณ์ 180 กิโลกรัม
- รัศมีเฟืองโซ่ขับเพลา 75 มิลลิเมตร
- มีรอบการใช้งานที่ความเร็ว 1.4 รอบต่อวินาที

ดังนั้น จากการคำนวณในภาคผนวก ข มีกำลังของมอเตอร์เกียร์เท่ากับ 1,164.41 วัตต์ เลือกใช้ขนาดมอเตอร์ 2 แรงม้า หรือ 1,492 วัตต์

4.1.7 ขนาดของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า หาได้จากการนำขนาดของมอเตอร์รอกสลิงไฟฟ้าและขนาดของมอเตอร์เกียร์มารวมกัน เนื่องจากในการชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังนั้นอาจมีบางช่วงที่ต้องใช้งานรอกสลิงไฟฟ้าและมอเตอร์เกียร์พร้อมกัน ดังนั้นขนาดของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าหาได้จาก

1) ขนาดมอเตอร์รอกสลิงไฟฟ้า มีขนาด 800 วัตต์

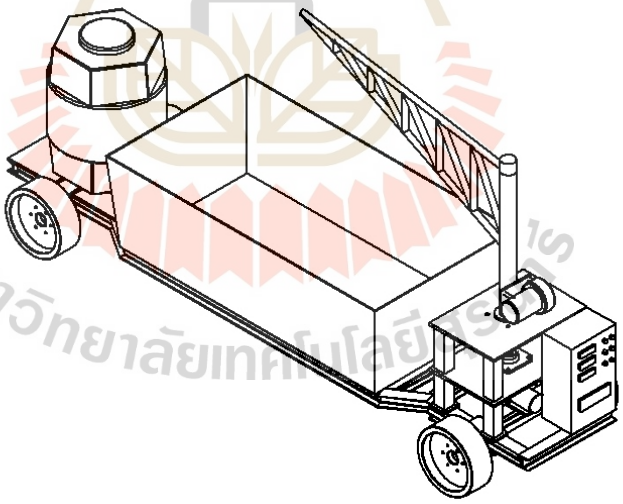
2) ขนาดของมอเตอร์เกียร์มีขนาด 1,492 วัตต์

ดังนั้น ขนาดของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า 800 + 1,492 = 2,292 วัตต์

จึงเลือกเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าขนาด 2,500 วัตต์

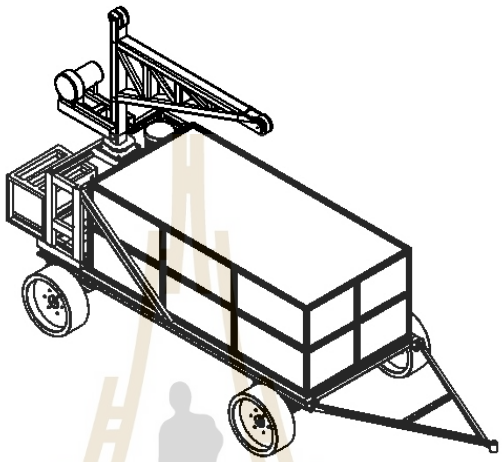
4.2 ผลการออกแบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Solid works

4.2.1 ออกแบบเครื่องต้นแบบที่ 1 การออกแบบประกอบไปด้วยโครงสร้างเครื่อง รองรับอ่างชุบ กลไกลการยก ถังเติมน้ำยาชุบและชุดล้อขับเคลื่อน มีขนาด 1.5 x 5 x 3 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) จึงทำให้ขนาดของเครื่องต้นแบบมีขนาดใหญ่เกินไป ซึ่งอาจทำให้เคลื่อนย้ายลำบาก ไม่สะดวกต่อการสร้างและการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 จึงได้ทำการออกแบบใหม่ตามข้อ 4.2.2



รูปที่ 4.4 แสดงการออกแบบเครื่องต้นแบบที่ 1

4.2.2 ออกแบบเครื่องต้นแบบที่ 2 ได้ทำการออกแบบให้เครื่องมีขนาดกะทัดรัดและมีความคล่องตัว จึงได้ทำการลดขนาดเครื่องลงให้มีขนาด 1.3 x 3 x 3 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมต่อการติดตั้งชุดอ่างน้ำยาเคมี ชุดเครน ชุดมอเตอร์เกียร์ ชุดขับเคลื่อน ชุดกลไกและมีพื้นที่สำหรับติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.5

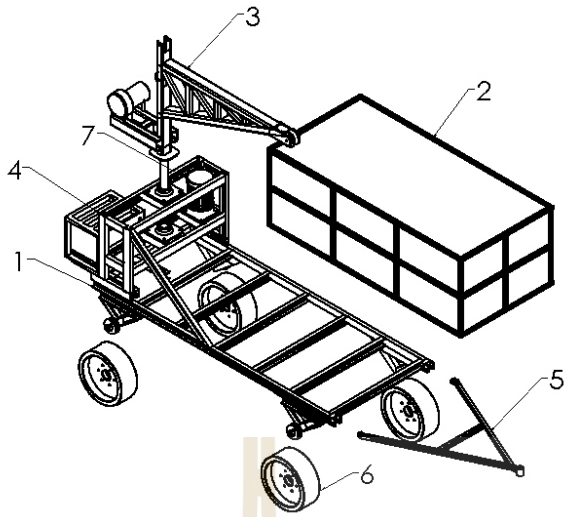


รูปที่ 4.5 การออกแบบเครื่องต้นแบบที่ 2

4.2.3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบที่ 2 มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1) ชุดโครงสร้างเครื่องต้นแบบ
2) ชุดอ่างน้ำยาเคมี
3) ชุดเครน
4) ชุดแท่นมอเตอร์เกียร์และแท่นเครน
5) ชุดจุดต่อพ่วง
6) ชุดขับเคลื่อน
7) ชุดส่งกำลังขับกลไก

ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบที่ 2

รายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบที่ 2

1) ชุดโครงสร้างเครื่องต้นแบบ ออกแบบเป็นโครงสร้างเหล็กรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด 1.3 x 3 เมตร (กว้าง x ยาว) เป็นโครงสร้างหลักสำหรับการติดตั้งส่วนประกอบและอุปกรณ์อื่น ๆ ลงบนเครื่องต้นแบบ

2) ชุดอ่างน้ำยาเคมี ออกแบบตามข้อมูลข้อ 4.1.4 เป็นโครงสร้างเหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด 1.2 x 2.5 x 0.8 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) เป็นส่วนรับน้ำยาเคมีมีขนาดความจุ 2,400 ลิตร และชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

3) ชุดเครน ออกแบบเป็นโครงสร้างเหล็กลักษณะแบบ Pillar Jib Cranes เป็นเครนตั้งเสามีขนาดความสูง 2 เมตร มีแขนยื่นยาว 1.5 เมตร สำหรับติดตั้งลูกรอกเหล็ก ด้านตรงข้ามมีแขนยื่น 0.5 เมตร สำหรับติดตั้งรอกสลิงไฟฟ้า และส่วนเสาเครนเป็นเหล็กเพลากลมยื่นลงไปยังชุดส่งกำลังเพื่อขับกลไกการเคลื่อนที่ของเครน

4) ชุดแท่นมอเตอร์เกียร์และแท่นเครน ออกแบบเป็นแท่นโครงสร้างเหล็กมีขนาด 0.5 x 1.3 x 0.8 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) โครงสร้างตรงกลางด้านบนออกแบบเป็นเหล็กฉากสำหรับติดตั้งตลับลูกปืนเม็ดกลมสำหรับเป็นจุดหมุนของชุดเครน ด้านข้างออกแบบเป็นเหล็กฉากสำหรับติดตั้งชุดมอเตอร์เกียร์และชุดส่งกำลังขับกลไก และด้านล่างออกแบบเป็นแขนเหล็กยื่นสำหรับติดตั้งเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า

5) ชุดจุดต่อพ่วง ออกแบบเป็นโครงสร้างเหล็กคล้ายตัวอักษร A มีขนาด 1.2 x 1.5 เมตร (กว้าง x ยาว) มีจุดต่อพ่วงแบบหมุนเข้ากับตัวเครื่องต้นแบบ 2 จุด และจุดต่อพ่วงแบบหมุนเข้ากับรถลากจูง 1 จุด สำหรับลากเครื่องต้นแบบเข้าพื้นที่ทดสอบ

6) ชุดล้อ ออกแบบเป็นเพลาเหล็กมีขนาดความยาว 1.2 เมตร จำนวน 2 ชุด ปลายเพลาทั้งสองด้านติดตั้งล้อจำนวน 4 ล้อ เพื่อเคลื่อนย้ายเครื่องต้นแบบเข้าพื้นที่ทดสอบ

7) ชุดส่งกำลังขับกลไก ออกแบบเป็นชุดส่งกำลังด้วยเฟืองโซ่ โดยรับกำลังจากมอเตอร์เกียร์แล้วส่งกำลังผ่านเฟืองโซ่ไปยังเพลาขับของเครนเพื่อเคลื่อนย้ายต้นพันธุ์ เข้าและออก เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

4.3 ผลการสร้างเครื่องต้นแบบ

ผลจากการออกแบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และผลจากการคำนวณสามารถนำข้อมูลมาสร้างเครื่องต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 4.7 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รูปที่ 4.7 แสดงการสร้างเครื่องต้นแบบตามการออกแบบ

1) สร้างชุดโครงสร้างเครื่องต้นแบบ ผลการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข เลือกใช้เหล็กหน้าตัดรูปตัว C ขนาด 75 x 40 x 5 มิลลิเมตร มาเชื่อมประกอบกันเป็นโครงสร้างเครื่องต้นแบบมีขนาดความยาว 3 เมตรและขนาดความกว้าง 1.3 เมตร ด้านล่างเจาะรูสำหรับร้อยสลักประกอบชุดล้อด้านบนเจาะรูร้อยสลักสำหรับประกอบชุดอ่างชุดน้ำยาเคมี ชุดแท่นเครนและเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ด้านหน้าใช้เหล็กแผ่น ขนาด 75 x 100 x 5 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด 16 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบกันสำหรับติดตั้งชุดจุดต่อพ่วงดังแสดงในรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 แสดงชุดโครงสร้างเครื่องต้นแบบ

2) สร้างชุดอ่างน้ำยาเคมี ใช้เหล็กกล่อง ขนาด 37 x 37 x 5 มิลลิเมตร ประกอบเชื่อมเป็นโครงสร้างหลักขนาดความกว้าง 1.2 เมตร ความยาว 2.5 เมตร และความสูง 0.8 เมตร แล้วถักโครงสร้างด้วยเหล็กกล่อง ขนาด 25 x 25 x 3.2 มิลลิเมตร ทั้งสี่ด้านของผนังอ่างรวมถึงพื้นอ่างด้านล่าง ในส่วนผนังอ่างด้านในสร้างจากเหล็กแผ่นเรียบ ขนาด 1,220 x 2,440 x 1.5 มิลลิเมตรแล้วทาด้วยสีกันการกัดกร่อนจากน้ำยาเคมี มีความจุของอ่าง 2,400 ลิตร และบริเวณรอบนอกอ่างด้านล่างมีจุดร้อยสลักเพื่อใช้สำหรับติดตั้งบนโครงเครื่องต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 4.9

รูปที่ 4.9 แสดงชุดอ่างน้ำยาเคมี

3) สร้างชุดเครน ใช้เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 25 x 3.2 มิลลิเมตรมาเชื่อมประกอบกันจะได้เหล็กกล่อง ขนาด 50 x 50 x 3.2 มิลลิเมตร มาสร้างเป็นเครนแบบ Pillar Jib Cranes โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.1) ตัวเครน สร้างเป็นแขนโครงเหล็กถักรูปสามเหลี่ยมมุมฉากยื่น ยาว 1.5 เมตร เชื่อมประกอบกับเสาเครนส่วนบนสูง 1.5 เมตร ปลายแขนยื่นและปลายเสาเครนส่วนบนติดตั้งลูกรอกขนาด 4 นิ้วไว้สำหรับร้อยสลิงรอกไฟฟ้า ส่วนตรงกลางเสาเครนส่วนบนใช้เหล็กหน้าตัดรูปตัว C ขนาด 75 x 40 x 5 มิลลิเมตร ประกอบเชื่อมกับเสาเครนยื่นยาว 0.5 เมตรพร้อมเจาะรูร้อยสลักติดตั้งรอกสลิงไฟฟ้า

3.2) เสาเครนด้านล่าง ผลการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข ใช้เหล็กเพลากลม St 37 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตรยาว 0.68 เมตร ประกอบเชื่อมกับเสาเครนส่วนบน เป็นส่วนจะนำไปติดตั้งบนแท่นเครนถูกรองรับด้วยตลับลูกปืน อนุกรมมิติ 02 จำนวน 2 ตลับ ปลายเพลาด้านล่างเป็นจุดติดตั้งเฟืองตาม เพื่อเป็นจุดรับกำลังจากมอเตอร์เกียร์ขับกลไกการเคลื่อนที่ของเครน ดังแสดงในรูปที่ 4.10

รูปที่ 4.10 แสดงชุดเครน

4) ชุดแท่นมอเตอร์เกียร์และแท่นเครน ใช้เหล็กหน้าตัดรูปตัว C ขนาด 75 x 40 x 5 มิลลิเมตร สร้างเป็นแท่นเหล็ก มีขนาดความกว้าง 1.3 เมตร ความยาว 0.5 เมตร และความสูง 0.8 เมตร โครงสร้างส่วนบนและส่วนกลางเป็นโครงเหล็กฉากรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนตรงกลางของโครงเหล็กฉากเจาะรูร้อยสลักสำหรับติดตั้งตลับลูกปืน อนุกรมมิติ 02 จำนวน 2 ชุด เพื่อติดตั้งชุดเครน ส่วนด้านล่างแท่นเครนใช้เหล็กหน้าตัดรูปตัว C ขนาด 75 x 40 x 5 มิลลิเมตร ความยาว 0.75 เมตร ประกอบเชื่อมกับแท่นเครนสำหรับติดตั้งเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า และส่วนด้านข้างใช้เหล็ก หน้าตัดรูปตัว C ขนาด 75 x 40 x 5 มิลลิเมตร ความยาว 0.3 เมตร ประกอบเชื่อมกับแท่นเครนสำหรับติดตั้งมอเตอร์เกียร์ดังแสดงในรูปที่ 4.11

รูปที่ 4.11 แสดงชุดแท่นมอเตอร์เกียร์และแท่นเครน

5) ชุดจุดต่อพ่วง ใช้เหล็กกล่องขนาด 37 x 37 x 5 มิลลิเมตร ประกอบเชื่อมเป็นโครงเหล็กคล้ายตัวอักษร A มีความกว้าง 1.2 เมตร และความยาว 1.5 เมตร ปลายด้านบนประกอบเชื่อมกับชุดสลักจุดต่อพ่วง และปลายด้านล่าง 2 จุด ประกอบเชื่อมกับชุดร้อยสลักกับโครงสร้างเครื่องแสดงในรูปที่ 4.12

รูปที่ 4.12 แสดงชุดจุดต่อพ่วง

6) ชุดล้อ เลือกใช้ชุดโครงล้อรถเทรลเลอร์ทางการเกษตรที่มีจำหน่ายในพื้นที่เป็นเหล็กเพลากลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 1.2 เมตร จำนวน 2 ชุด ปลายเพลาทั้ง 2 ด้านติดตั้งชุดลูกปืนและชุดยึดล้อสำหรับติดตั้งล้อรถยนต์เข้ากับตัวเครื่องต้นแบบจำนวน 4 ล้อดังแสดงในรูปที่ 4.13

รูปที่ 4.13 แสดงชุดล้อ

7) ชุดส่งกำลังขับกลไก ผลการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข ออกแบบเป็นชุดส่งกำลังด้วยเฟืองโซ่ได้เพลาขับเครนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ใช้วัสดุเหล็กกล้าคาร์บอน St 37 ความยาว 0.68 เมตร เลือกใช้แบริ่งอนุกรม 02 พีเนียน 40 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 220 มิลลิเมตร เฟืองโซ่ 14 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตรและโซ่ขับส่งกำลัง ISO/R606 10A-1 100 ข้อ ดังแสดงในรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 แสดงชุดส่งกำลังขับกลไก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบ

การทดสอบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นจะแบ่งเป็นการทดสอบหาความสามารถในการทำงานของเครื่อง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ร้อยละความเสียหายของท่อนพันธุ์และร้อยละท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบที่เกิดจากการทำงานของเครื่องชุบท่อนมันสำปะหลังทั้งต้น โดยทำการทดสอบในแปลงเกษตรกรหมู่บ้านป่าพะยอม ตำบลเหล่าหมี อำเภอดอนตาล จังหวัดมุกดาหาร ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดสอบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น

รายการ	ข้อมูลการชุบ			
	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	รอบที่ 4
น้ำหนักเฉลี่ยท่อนมัน 4 มัด (80 ต้น) (กิโลกรัม)	34.32	34.32	34.32	34.32
เวลาการนำท่อนมันเข้า-ออกเครื่อง (นาที)	3.54	3.24	3.18	3.56
เวลาในการชุบ (นาที)	10	10	10	10
น้ำหนักเฉลี่ยท่อนมันหลังการชุบ (กิโลกรัม)	34.42	34.42	34.42	34.42
ปริมาณน้ำในอ่างน้ำยาก่อนชุบ (มิลลิเมตร)	250	249	248	247
ปริมาณน้ำในอ่างน้ำยาหลังชุบ (มิลลิเมตร)	249	248	247	246
จำนวนท่อนพันธุ์ที่เสียหายจากการชุบ (ต้น)	น้อยมาก	น้อยมาก	น้อยมาก	น้อยมาก
จำนวนท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบ (ต้น)	16	16	16	16
การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง)	0.42	0.42	0.42	0.42

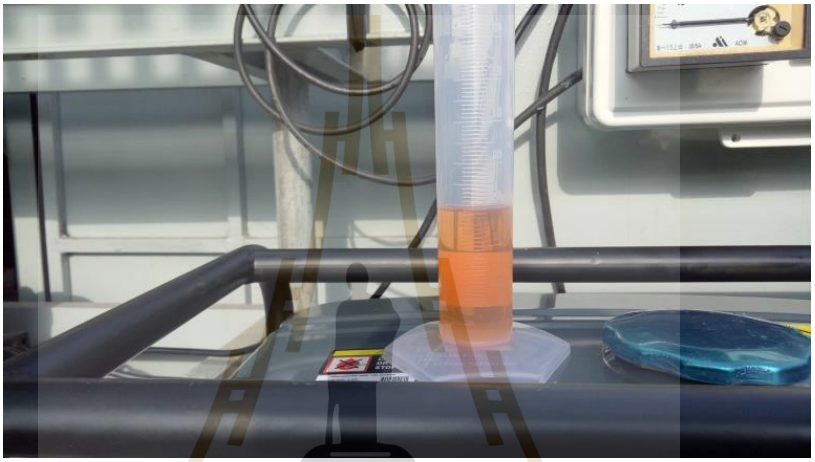
หมายเหตุ : ชุบที่ระดับน้ำ 250 มิลลิเมตร ปริมาณ 4 มัด (80 ต้น) ต่อหนึ่งรอบการชุบ ขนาดของต้นพันธุ์มีความยาวเฉลี่ย 186.63 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมัด 20.50 เซนติเมตร

4.4.1 ความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบ

จากตารางที่ 4.1 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของท่อนมันสำปะหลังจำนวน 4 มัด ต่อหนึ่งรอบการชุบเพราะฉะนั้นน้ำหนักรวมของท่อนมันสำปะหลังทั้ง 4 รอบการชุบมีจำนวน 137.28 กิโลกรัมและใช้เวลาในการทดสอบรวมทั้งหมด 1 ชั่วโมง ดังนั้น ความสามารถในการทำงานของเครื่อง อยู่ที่ 137.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

4.4.2 การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า

จากการทดสอบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น โดยมีเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับชุดเครนและมอเตอร์เกียร์โดยไม่มีแหล่งพลังงานภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องหลังจากการทดสอบไปได้ 1 ชั่วโมงพบว่าเครื่องมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอยู่ที่ 0.42 ลิตรต่อชั่วโมง วัดด้วยวิธีการตวงปริมาตรน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยกระบอกตวงในช่วงก่อนเดินเครื่องและหลังเดินเครื่องดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงการวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงหลังการทดสอบเครื่อง 1 ชั่วโมง

4.4.3 ร้อยละความเสียหายของท่อนพันธุ์ที่เกิดจากการทำงานของเครื่อง

จากการทดสอบเครื่องพบว่า ร้อยละความเสียหายของท่อนพันธุ์ที่เกิดจากการทำงานของเครื่องมีค่าน้อยมาก เนื่องจากความเสียหายของท่อนพันธุ์นั้นเกิดจากการมัดรวมกันและการทับกันเองของมัดท่อนพันธุ์ ซึ่งไม่ได้เกิดจากการทำงานของเครื่องและความเสียหายของท่อนพันธุ์จะเกิดบริเวณตาของต้นพันธุ์ในแต่ละต้นนั้นมีน้อยมากหรือไม่มีความเสียหายเลย เมื่อเทียบกับจำนวนตาในต้นพันธุ์ เมื่อนำต้นพันธุ์ไปปลูกนั้นต้องมีการตัดเป็นท่อนพันธุ์เล็กๆ แต่ละท่อนจะมีตามากกว่า 10 ตาขึ้นไป จึงทำให้ตาของต้นพันธุ์ที่เสียหายนั้นไม่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของตันมันสำปะหลัง

4.4.4 ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบ

จากการทดสอบเครื่องพบว่า ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบอยู่ที่ร้อยละ 20 เป็นท่อนพันธุ์ที่ไม่ผ่านการชุบ เนื่องจากท่อนพันธุ์ถูกทิ้งไว้นานทำให้มีน้ำหนักเบาและบางต้นมีลักษณะโค้งงอจึงไม่สามารถชุบลงในอ่างน้ำยาเคมีได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.16

รูปที่ 4.16 แสดงท่อนพันธุ์ที่ไม่ผ่านการชุบจากเครื่องชุบมันสำปะหลังทั้งต้น

4.4.5 การซึมของน้ำยาเคมีและปริมาณน้ำยาเคมีในอ่างชุบ

จากตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบน้ำหนักของท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งก่อนชุบและหลังการชุบพบว่า น้ำหนักหลังการที่ผ่านไป 10 นาทีมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 100 กรัมต่อมัด ซึ่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นน้ำหนักของสารเคมีที่ซึมเข้าไปในท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง และยังพบว่าปริมาณน้ำยาเคมีในอ่างหลังการชุบจะลดลงทุกๆ 1 มิลลิเมตรหรือคิดเป็นปริมาณน้ำยาเคมี 3 ลิตรต่อหนึ่งรอบการชุบ แสดงว่าปริมาณน้ำยาเคมีดังกล่าวถูกดูดซึมเข้าไปในท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง แต่ดูดซึมได้ไม่ทั้งหมดเพราะบางส่วนไหลออกมาจากท่อนมันหลังจากยกออกจากอ่างชุบแล้ววางที่พื้น ดังนั้นเมื่อชุบไปนานๆควรมีการเติมน้ำยาเคมีเพิ่มลงไปเพื่อประสิทธิภาพในการชุบท่อนพันธุ์อย่างทั่วถึง

4.5 ผลการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องต้นแบบ

การใช้งานเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังต้นแบบโดยใช้แรงงานคนป้อนต้นพันธุ์จำนวน 1 คน ผลการวิเคาระห์และคำนวณจุดคุ้มทุนระยะเวลาคืนทุน รายละเอียดแสดงดังนี้

4.5.1 ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่าย

เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมานี้ ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.2

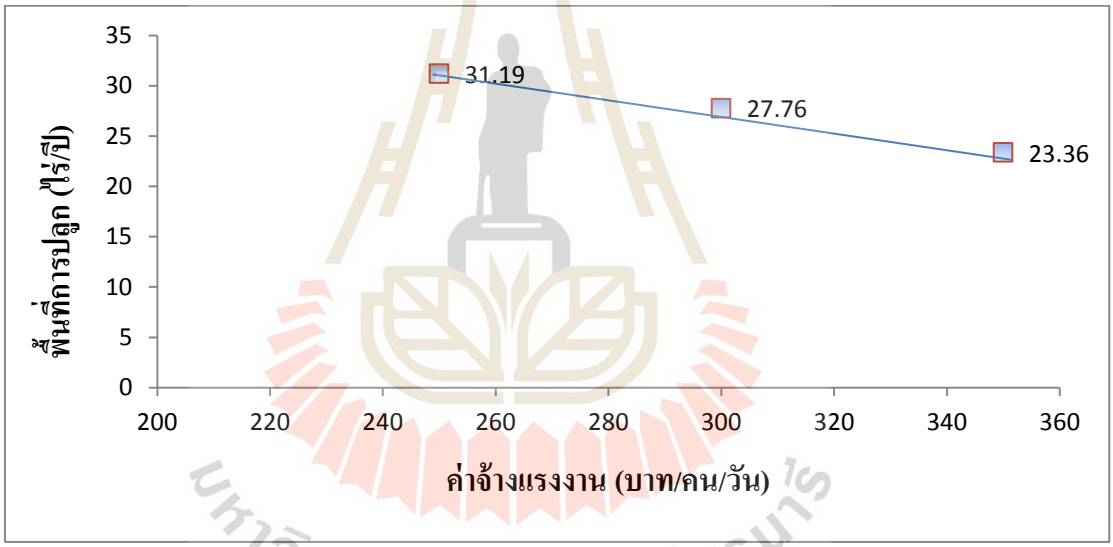
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่องต้นแบบ

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
1. วัสดุตัวเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง	
เหล็กรูปพรรณ,เหล็กเพลาและตลับลูกปืน	13,380
รองสลิงไฟฟ้าพร้อมอุปกรณ์	4,560
ชุดมอเตอร์เกียร์พร้อมอุปกรณ์	4,010
เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า	6,860
อุปกรณ์ชุดกลไกและอื่น ๆ	1,550
รวมค่าวัสดุตัวเครื่อง	33,360
2. ค่าแรงประกอบสร้างและอื่น ๆ	13,344
3. รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่องต้นแบบ	46,704

ผลจากการรวมค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ค่าวัสดุในการสร้างตัวเครื่องโดยรวม 46,704 บาท และค่าแรงประกอบสร้างและอื่น ๆ 13,344 บาทโดยคิดจาก 40% ของค่าวัสดุ ค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมดในการสร้างเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

4.5.2 ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

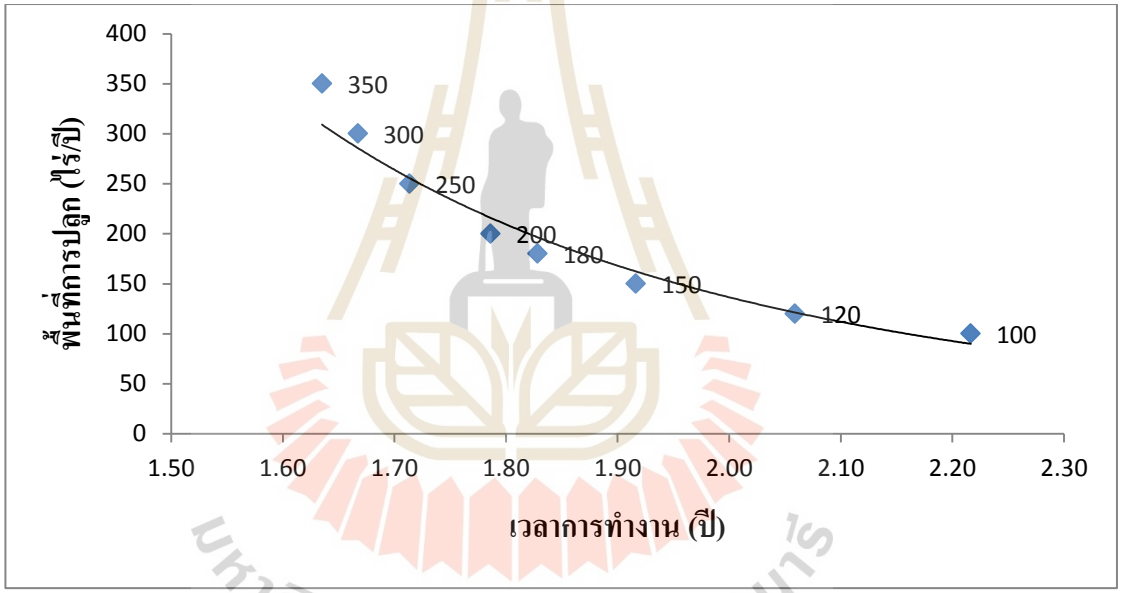
ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังต้นแบบเปรียบเทียบกับแรงงานจำนวน 16 คนในการชุบท่อนพันธุ์และเตรียมท่อนพันธุ์ โดยคิดค่าจ้าง 300 บาทต่อคนต่อวัน เนื่องจากพื้นที่การจ้างแรงงานคนในแต่ละพื้นที่นั้นมีค่าจ้างไม่เท่ากัน จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ได้ออกแบบและพัฒนามานี้ พบว่า ที่พื้นที่การจ้างแรงงาน 250 บาทต่อคนต่อวันจุดคุ้มทุน 31.19 ไร่ต่อปี ที่พื้นที่การจ้างแรงงาน 300 บาทต่อคนต่อวัน จุดคุ้มทุน 27.76 ไร่ต่อปี และพื้นที่การจ้างแรงงาน 350 บาทต่อคนต่อวัน จุดคุ้มทุน 23.36 ไร่ต่อปี ที่พื้นที่การจ้างแรงงานที่แพงขึ้นทำให้จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบนั้นสั้นลง และพื้นที่การจ้างแรงงานที่ถูกลงทำให้จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบนั้นนานขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.17 และแสดงผลการคำนวณในภาคผนวก ข



รูปที่ 4.17 แสดงจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง

4.5.3 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

ผลการดำเนินการวิเคราะห์หาระยะเวลาการคืนทุนของเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันปะหลังที่อัตราค่าจ้าง 300 บาทต่อไร่ ดังแสดงในรูปที่ 4.18 เห็นได้ว่า ที่พื้นที่การปลูก 100 ไร่ ระยะเวลาการคืนทุนในการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ 2.22 ปี ที่พื้นที่การปลูก 350 ไร่ ระยะเวลาคืนทุน 1.64 ปี ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังนั้นถ้าพื้นที่ในการปลูกเพิ่มขึ้นระยะเวลาในการคืนทุนจะน้องลงตามลำดับ การใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสามารถลดต้นทุนค่าจ้างแรงงานคนในการเตรียมชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ลดความเหนื่อยยากของเกษตรกร เพิ่มความปลอยภัยในการไม่สัมผัสกับสารเคมีโดยตรง อีกทั้งทดแทนแรงงานในกระบวนการผลิตมันสำปะหลังได้เป็นอย่างดี และส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.18 แสดงระยะเวลาคืนทุนเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังต่อพื้นที่ปลูก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นเพื่อตอบสนองกับการทำการเกษตรปัจจุบันที่ได้นำเครื่องจักรกลเข้ามาทดแทนแรงงานในภาคการเกษตร โดยเฉพาะภาคการปลูกมันสำปะหลังที่ได้นำเครื่องปลูกมันสำปะหลังเข้ามาใช้มากขึ้น ส่วนในการเพราะปลูกมันสำปะหลังนั้นหากเกษตกรใช้ท่อนพันธุ์ที่มีโรคเพลี้ยแป้งระบาดและไม่ได้ทำการชุบสารเคมีเพื่อป้องกัน ซึ่งทำให้มีความเสี่ยงต่อการระบาดของโรค สร้างความเสียหายแก่พืชในอนาคตได้ ส่วนเกษตรกรที่ทำการชุบท่อนพันธุ์สารเคมีก่อนทำการเพราะปลูกก็ทำไปอย่างยากลำบากเนื่องท่อนพันธุ์มีขนาดยาวและหนัก รวมถึงการสัมผัสสารเคมีโดยตรงซึ่งก่อให้เกิดอันตรายในระยะยาวกับตัวเกษตรกร ด้วยเหตุนี้งานวิจัยเล็งเห็นความลำบากของเกษตรกรจึงได้ทำการศึกษาและวิจัยเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นเพื่อลดความยากลำบากของเกษตรกร ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน เพิ่มความสะดวกสบายและความปลอดภัยแก่เกษตรกร

โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบและพัฒนาเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริง โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

จากการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบและพัฒนาเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นพบว่า ตัวเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังมีขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 1.3 x 3 x 3 เมตรและมีจุดต่อพ่วงสำหรับลากจูงเข้าพื้นที่ทำงานได้ สามารถเข้าทำงานพื้นที่ทางเข้าขนาดแคบได้เนื่องจากขนาดของเครื่องไม่ใหญ่มาก รองรับการชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ความยาวสูงสุด 2.5 เมตร ด้วยขนาดของอ่างชุบ(กว้าง x ยาว x สูง) 1.2 x 2.5 x 0.8 เมตร มีความจุ 2,400 ลิตร และติดตั้งเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าขนาด 2,500 วัตต์ เป็นแหล่งพลังงงานสำหรับขับมอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนกลไกการเคลื่อนที่ของเครนในการทำงานของเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

ผลการทดสอบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังโดยใช้พันธุ์มันสำปะหลังเกษตรศาสตร์ 50 มัดรวมรวมกัน 20 ต้นต่อมัด จำนวน 4 มัด (80 ต้น) ต่อหนึ่งรอบการชุบ มีขนาดความยาวเฉลี่ย 186.63 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมัด 20.50 เซนติเมตรและน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 8.58 กิโลกรัม ที่ระดับน้ำยาในอ่างชุบ 25 เซนติเมตร พบว่า ความสามารถในการทำงานของเครื่องอยู่ที่ 137.28

กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ 320 ต้นต่อชั่วโมง รองรับการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ความสามารถในการทำงาน 1 ไร่ต่อชั่วโมง ได้ 1 เครื่อง มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ 0.42 ลิตรต่อชั่วโมง วัดจากการติดเครื่องยนต์ตลอดการทำงานของเครื่องในหนึ่งชั่วโมง ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่เสียหายจากการทำงานของเครื่องมีค่าน้อยมากและร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบอยู่ที่ร้อยละ 20 ของท่อนพันธุ์ทั้งหมด เป็นท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบเนื่องจากท่อนพันธุ์บางต้นมีน้ำหนักเบาและมีลักษณะโค้งงอ จึงไม่สามารถชุบลงในน้ำยาเคมีได้ เมื่อวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเปรียบเทียบกับแรงงานคน 27.76 ไร่ต่อปี และระยะเวลาในการคืนทุนภายใน 2.2 ปี โดยพื้นที่การทำงาน 100 ไร่ต่อปี ดังนั้นการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสามารถลดต้นทุนในการจ้างแรงงานคนและไม่ต้องสัมผัสกับสารเคมีที่ใช้ชุบท่อนพันธุ์โดยตรง ส่งผลให้เกษตรกรมีความปลอดภัย ลดความเสี่ยงต่อสารเคมี ลดความเหนื่อยยาก ลดแรงงาน มีรายได้เพิ่มขึ้นและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตมันสำปะหลังเป็นอย่างดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการหยุดเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ขณะนำท่อนพันธุ์ลงไปชุบในอ่างเพื่อลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

2. ควรมีการรวมกลุ่มกันสำหรับชุบท่อนพันธุ์เพื่อความคุ้มค่าสำหรับการซื้อสารเคมี

3. ควรมีการทดสอบเครื่องกับพันธุ์มันสำปะหลังชนิดอื่น เพื่อนำข้อมูลไว้ใช้กับพันธุ์มันสำปะหลังชนิดนั้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กองพืชไร่. (2526). มันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการเล่มที่ 7. กรมวิชาการเกษตร. 117 น.

อรุณี วงศ์ราเชน. (2549). วงจรมันสำปะหลัง.เอกสารบรรยาย. 21 น.

นวลศรี โชตินันทน์. (2553). ชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังปราบเพลี้ยแป้ง [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://it.doa.go.th/pibai/pibai/n13/v_5-june/rai.html (26 สิงหาคม 2556)

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์และชาญ ฉนัดงาน. (2546). การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1. ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 451 น.

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์และชาญ ฉนัดงาน. (2546). การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 2. ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 451 น.

วินิต ชินสุวรรณ.(2530). เครื่องจักรกลเกษตรและการจัดการเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.220 น.

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. (2537). เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 210 น.

เอส เจ สกรูไทย จำกัด. รอก [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา https://www.screwthai.com (1 มกราคม 2560)

รุ่งเรืองเครน. (2558). เครน [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา http://www.rungruengservice.com (1 พฤษภาคม 2558)

สามารถ บุญอาจ. (2543). การออกแบบและพัฒนาเครื่องเก็บหัวมันสำปะหลังแบบติดพ่วงกับรถแทรคเตอร์. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 107 น.

สุกรี นันตะสุคนธ์ และ พักตร์วิภา สุทธิวารี. (2548). เครื่องชุบท่อนพันธุ์อ้อยก่อนปลูก. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2555). สถิติการส่งออก (Export) -- มันสำปะหลัง: ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน[ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php (4 กันยายน 2553)

สำนักผู้เชี่ยวชาญ. (2548). เครื่องจักรกลเกษตรและการจัดการผลิตพืช. เอกสารวิชาการลำดับที่ 13/2548. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 84 น.

พยุงศักดิ์ จุลยุเสน. (2552). ออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 259 น.

สิทธิชัย แสงอาทิตย์. (2546). กลศาสตร์วัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 392 น.

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.1 ลักษณะทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์50 ขนาด 1 มัด (20 ต้นต่อมัด) ที่ใช้นำมาทดสอบ

ลำดับที่	ขนาดความยาว (cm.)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (cm.)	น้ำหนัก (Kg.)
1	200	25	11.5
2	193	19	8.5
3	195	20	7.5
4	190	19	6.2
5	185	19	10.5
6	175	24	5.2
7	170	18	11.2
8	175	18	8.4
9	190	23	7.6
10	195	20	8.5
11	185	24	11.5
12	193	19	7.5
13	190	19	6.2
14	185	19	10.2
15	175	24	5.2
16	170	18	11.2
เฉลี่ย	186.63	20.50	8.85

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.2 น้ำหนักของต้นมันก่อนการชุบและหลังชุบ

ลำดับที่	จำนวนต้นมัน (ต้น)	น้ำหนักรวมก่อนชุบ (Kg.)	น้ำหนักรวมหลังชุบ (Kg.)
1	80	11.5	11.6
2	80	8.5	8.6
3	80	7.5	7.8
4	80	6.2	6.3
5	80	10.5	10.6
6	80	5.2	5.3
7	80	11.2	11.3
8	80	8.4	8.5
9	80	7.6	7.8
10	80	8.5	8.6
11	80	11.5	11.6
12	80	7.5	7.7
13	80	6.2	6.3
14	80	10.2	10.6
15	80	5.2	5.4
16	80	11.2	11.3
เฉลี่ย	80	8.85	8.71

ตารางที่ ก.3 เวลาในการนำต้นมันเข้าออกเครื่องและปริมาณน้ำยาเคมีในอ่างชุบ มีจำนวน 4 มัดต่อหนึ่งรอบการชุบ

ที่	เวลานำต้นพันธุ์เข้า – ออก เครื่องชุบ (นาที)	เวลาในการชุบต้นมันสำปะหลัง (นาที)	ระดับน้ำในอ่างก่อนชุบ (mm.)	ระดับน้ำในอ่างก่อนชุบ (mm.)
1	3.54	10	250	249
2	3.24	10	249	248
3	3.18	10	248	247
4	3.56	10	247	246
เฉลี่ย	3.38	10	ลดครั้งละ 1mm.	ลดครั้งละ 1mm.

ตารางที่ ก.4 ความเสียหายของต้นพันธุ์ที่เกิดจากการทำงานของเครื่อง

ลำดับที่	ต้นพันธุ์ก่อนชุบ (ต้น)	ต้นพันธุ์ที่เสียหาย (ต้น)	ต้นพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบ (ต้น)
1	80	น้อยมาก	5
2	80	น้อยมาก	4
3	80	น้อยมาก	3
4	80	น้อยมาก	4
5	80	น้อยมาก	5
6	80	น้อยมาก	2
7	80	น้อยมาก	6
8	80	น้อยมาก	3
9	80	น้อยมาก	4
10	80	น้อยมาก	5
11	80	น้อยมาก	3
12	80	น้อยมาก	4
13	80	น้อยมาก	4
14	80	น้อยมาก	5
15	80	น้อยมาก	2
16	80	น้อยมาก	5
เฉลี่ย	80	น้อยมาก	4.00

ตารางที่ ก.5 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงหลังการทดสอบเครื่อง 1 ชั่วโมง

ลำดับที่	เชื้อเพลิงก่อนการทดสอบ (ml.)	เชื้อเพลิงหลังการทดสอบ (ml.)	เชื้อเพลิงที่ใช้ไป (ml.)
1	1,000	580	420
2	1,000	570	430
3	1,000	590	410
เฉลี่ย	1,000	580	420

ตารางที่ ก.6 ผลการคำนวณต้นทุนในการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังต่อพื้นที่นำท่อนพันธุ์ไปปลูก

พื้นที่ (ไร่)	ดอกเบี้ย (บาท/ปี)	ซ่อมแซมบำรุง (บาท/ปี)	น้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ปี)	ค่าแรง (บาท/ปี)	รวมต้นทุน (บาท/ปี)
100	5,760	576	1,260	3,750	11,346
120	5,760	691	1,512	4,500	12,463
150	5,760	864	1,890	5,625	14,139
180	5,760	1,037	2,268	6,750	15,815
200	5,760	1,152	2,520	7,500	16,932
250	5,760	1,440	3,150	9,375	19,725
300	5,760	1,728	3,780	11,250	22,518
350	5,760	2,016	4,410	13,125	25,311

ตารางที่ ก.7 ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนในการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังต่อพื้นที่การทำงาน

พื้นที่คืนทุน (ไร่)	ผลประโยชน์ที่ได้รับ (บาท/ปี)	ต้นทุน (บาท/ปี)	ผลประโยชน์สุทธิ (บาท/ปี)	ระยะเวลา (ปี)
100	30,000	11,346	18,654	2.22
120	36,000	12,463	23,536	2.06
150	45,000	14,139	30,861	1.92
180	54,000	15,815	38,185	1.83
200	60,000	16,932	43,068	1.79
250	75,000	19,725	55,275	1.71
300	90,000	22,518	67,482	1.67
350	105,000	25,311	79,689	1.64

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตัวอย่างการคำนวณ

ข.1 ขนาดของมอเตอร์เกียร์ การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ต้นกำลังขับชุดกลไกลขับเคลื่อนชุดเครนหาได้จาก

คำนวณหาขนาดมอเตอร์ได้จาก

- น้ำหนักที่เครื่องสามารถยกท่อนพันธุ์ได้ตามทฤษฎีการคำนวณ 100 กิโลกรัม
- น้ำหนักของชุดรอกสลิงไฟฟ้า 30 กิโลกรัม
- น้ำหนักของชุดโครงสร้างเครนรอกสลิงไฟฟ้า 50 กิโลกรัม
- รัศมีเฟืองโซ่ขับเพลา 75 มิลลิเมตร

ดังนั้น โมเมนต์บิดหาได้จาก $T = FR$ (Nm)

$T = (100+30+50) \times 9.81 \times 0.075$

$T = 132.44$ นิวตันเมตร

รอบของเพลาขับเครน $n = 1.4$ รอบต่อวินาที

จาก $W_p = 2\pi nT$

กำลังของมอเตอร์ $W_p = 2 \times 3.14 \times 1.4 \times 132.44$

$W_p = 1,164.41$ วัตต์

เลือกใช้ขนาดมอเตอร์ 2 แรงม้า หรือ 1,492 วัตต์

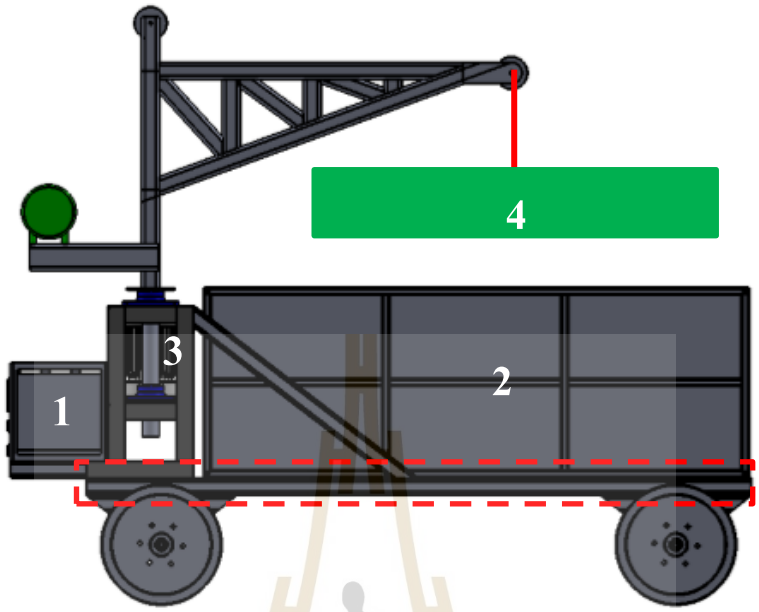
ข.2 ขนาดของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า หาได้จากการนำขนาดของมอเตอร์รอกสลิงไฟฟ้าและขนาดของมอเตอร์เกียร์มารวมกัน เนื่องจากในการชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังนั้นอาจมีบางช่วงที่ต้องใช้งานเครนและมอเตอร์เกียร์พร้อมกัน ดังนั้นขนาดของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าหาได้จาก

1. ขนาดมอเตอร์รอกสลิงไฟฟ้า มีขนาด 800 วัตต์
2. ขนาดของมอเตอร์เกียร์จากการคำนวณ ข1. มีขนาด 1,492 วัตต์

ดังนั้น ขนาดของเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า 800 + 1,492 = 2,292 วัตต์

เนื่องจากเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าที่ขายทั่วไปไม่มีขนาดของเครื่องเท่ากับการคำนวณ จึงเลือกเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าขนาดใกล้เคียงคือ เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าขนาด 2,500 วัตต์

ข.3 การคำนวณหาแรงในคานหลักรับน้ำหนักตัวเครื่องชุบท่อนมันสำปะหลัง



กำหนดให้ 1.เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า 50 กิโลกรัม

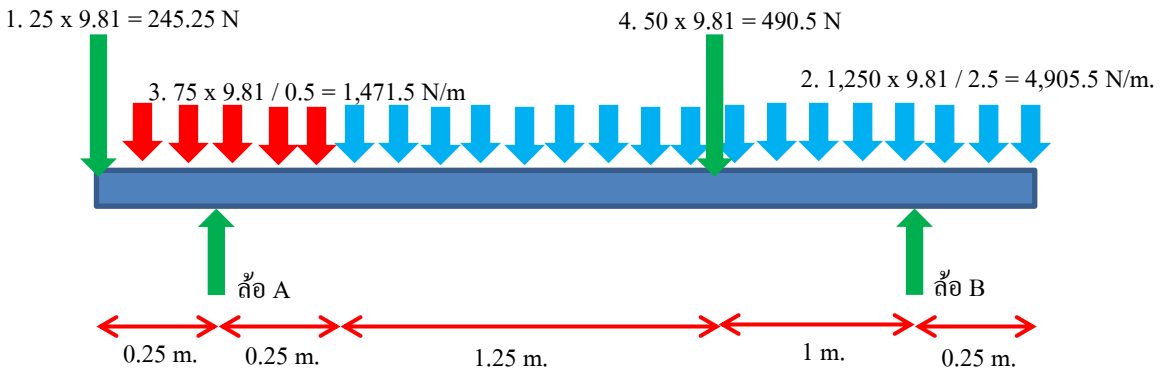
2.น้ำหนักของอ่างชุบรวมกับน้ำหนักของน้ำในอ่างที่ความจุอ่าง 2,500 กิโลกรัม

3.น้ำหนักเครน แท่นเครน รอกและมอเตอร์เกียร์ 150 กิโลกรัม

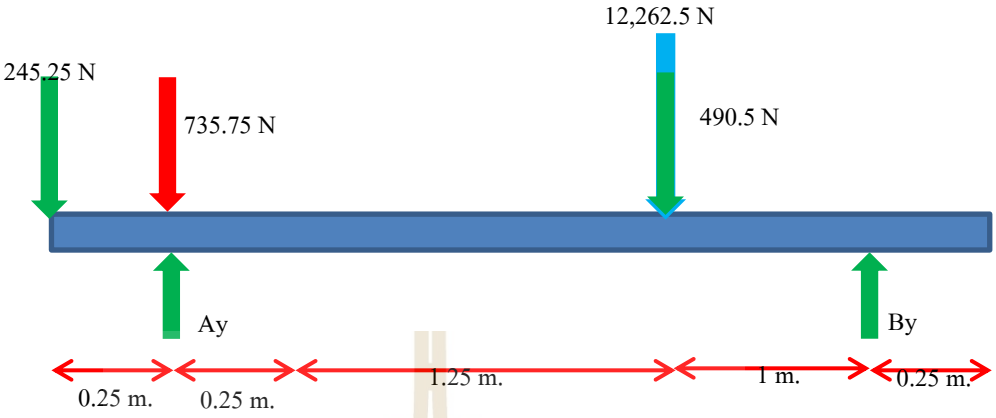
4.น้ำหนักพันธุ์มันสำปะหลังที่จุดปลายของรอก 100 กิโลกรัม

แผนภาพแรงที่กระทำกับคานเครื่อง

เนื่องจากคานรับเครื่องชุบท่อนมันสำปะหลังทั้งต้นมี 2 ด้าน จึงคิดแรงที่ลงเป็นครึ่งหนึ่งของแต่ละแรงที่กระทำบนคาน



แผนภาพแรงที่กระทำกับคาน



คำนวณแรงภายนอกของล้อ A และ B

โมเม้นต์ดัดจุด A = 0 : By (2.5) + 245.25(0.25) - 490.5(1.5) - 12265(1.5) = 0

By = 19268.18/2.5 = 7,627.28 N

แรงในแนวแกน y = 0 : By + Ay - 490.5 – 12,262.5 - 245.25 - 735.75 = 0

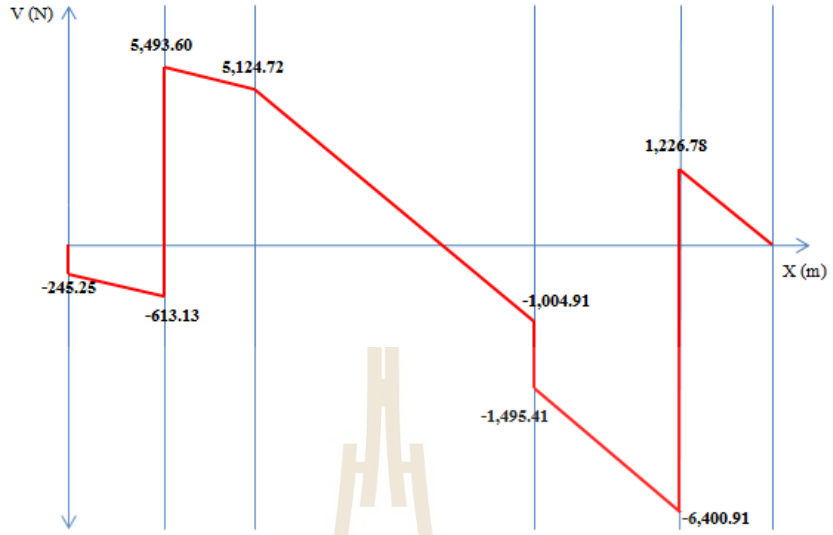
Ay = 13,734 – 7,627.28 = 6,106.72 N

หาสมการแรงเฉือนและโมเมนต์ในแต่ละช่วงของคานแสดงได้ดังนี้

ช่วงคาน (m)	สมการ Shear	สมการ Moment
0.00 < x < 0.25	V = -245.25 – 1471x	$M = -245.25x – 735.75x^2$
0.25 < x < 0.50	V = -1,471.50x + 5,861.47	$M = -1,526.68 + 5,861.47x – 735.75x^2$
0.50 < x < 1.75	V = -4,905.50x + 7,579.72	$M = -1,958.11 + 7,579.72x – 2,452.75x^2$
1.75 < x < 2.75	V = -4,905.50x + 7,089.22	$M = -1,099.73 + 7,089.22x – 2,452.75x^2$
2.75 < x < 3.00	V = -4,905.50x + 14,716.9	$M = -22,074.75 + 14,716.50x – 2,452.75x^2$

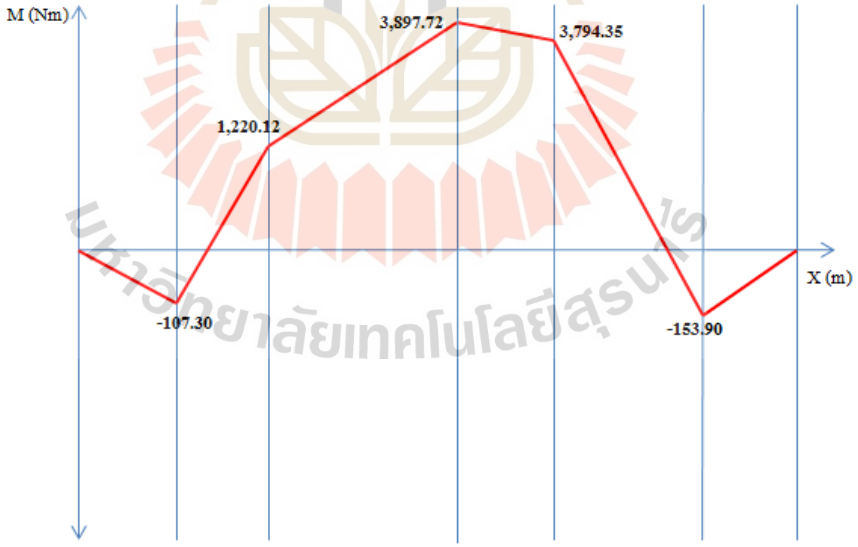
จากตารางหาค่า Shear max = 6,400.91 N ,Moment max = 3,897.72 Nm

แผนภาพ Shear Diagrams



จากแผนภาพ Shear Diagrams หาค่า Shear max = 6,400.91 N

แผนภาพ Moment Diagrams



จากแผนภาพ Moment Diagrams หาค่า Shear max = 3,897.72 Nm

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำนวณหาขนาดของคาน

ค่าตัวแปรที่ทราบค่า จากการคำนวณ M_{max} = 3,897.72 Nm

จากตารางคุณสมบัติทางกลของเหล็ก (เกรดSS400) σ_{allow} = 245 Mpa

จากสมการหาขนานหน้าตัดของคาน

$$S_{req'd} = \frac{M_{max}}{\sigma_{allow}}$$

$$S_{req'd} = 3,897.72 \text{ Nm} / 245 \text{ Mpa}$$

$$S_{req'd} = 15.9 \, x \, 10^{-6} \, m^3$$

จากตารางเหล็กรีดร้อน

เหล็ก Channels ขนาด 75 x 40 x 5 mm. ค่า $S_{req'd} = 20.1 \, x \, 10^{-6} \, m^3$

เหล็ก Square Tube ขนาด 75 x 75 x 3.2 mm. ค่า $S_{req'd} = 20.1 \, x \, 10^{-6} \, m^3$

เหล็ก Rectangular Tube ขนาด 75 x 45 x 3.2 mm. ค่า $S_{req'd} = 17.8 \, x \, 10^{-6} \, m^3$

จากค่าในตารางเหล็กรีดร้อนทั้ง 3 ชนิด จะเห็นว่าเหล็กสามารถรับโมเมนต์ในคานได้ แต่เนื่องจากการสร้างเครื่องต้นแบบจำเป็นต้องมีการร้อยสลักยึดชิ้นส่วนเครื่องหลาย ๆ จุด ซึ่งจำเป็นต้องเจาะทะลุคานเพื่อร้อยสลักยึด ดังนั้นถ้าเป็นเหล็ก Square Tube และเหล็ก Rectangular Tube เมื่อร้อยสลักยึดแล้วจะมีชิ้นส่วนของสลักโผล่ออกมา ทำให้ไม่สะดวกต่อการสร้างชิ้นส่วนเครื่องในส่วนอื่น ๆ ถ้าเป็นเหล็ก Channels เจาะทะลุบริเวณปีกเหล็กเพียงด้านเดียวก็สามารถร้อยสลักยึดได้และในส่วนกลางของเหล็ก Channels นั้น ยังสามารถเป็นที่เก็บห่างสลักยึดส่วนที่เกินได้ จึงทำให้สะดวกต่อการสร้างชิ้นส่วนอื่นของเครื่องได้ จากข้อมูลดังกล่าวสามารถเลือกเหล็ก Channels ขนาด 75 x 40 x 5 มิลลิเมตร มาใช้เป็นคานหลักในการสร้างเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น

ข.4 การคำนวณหาโซ่ส่งกำลัง

หาแรงที่กระทำกับเพลาจาก

1) น้ำหนักของมัดต้นมันสำปะหลังตามทฤษฎี 100 กิโลกรัม

2) น้ำหนักของรอกสลิงไฟฟ้า 30 กิโลกรัม

3) น้ำหนักของโครงสร้างเครน 50 กิโลกรัม

น้ำหนักรวมทั้งหมด 180 กิโลกรัม

แรงฉุดลากของเพลา F_r = 180 x 9.81 = 1,765.8 N

ความเร็วเฟืองโซ่ V = πdn (d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของพิตช์ของเฟืองโซ่)

$$V = \pi 0.075 \text{ m} \left(\frac{84 \text{ rpm}}{60}\right)$$

V = 0.33 m/s

กำลังที่ต้องการส่ง $W_p = \left(\frac{F_r \text{ x } V}{E}\right)$ (E คือประสิทธิภาพการขับโซ่)

$$W_p = \left(\frac{1{,}766 \text{ x } 0.33}{0.8}\right)$$

W_p = 728.5 w หรือ 0.98 HP

N_2 = 84 rpm N_1 = 204 rpm I = 2.4:1 เลือก จำนวนพิเนียน 34 ฟัน บนเฟืองโซ่ 14 ฟัน ระยะห่างเฟืองโซ่ที่ออกแบบ 600 มิลลิเมตร

หากำลังในการขับโซ่

$P = W_p N_{s1} N_{s2}$ N_{s1} = 1.4, N_{s2} = 1.2

P = 728.5 w (1.4) (1.2)

P = 1,223.7 w หรือ 1.64 HP

เลือกเบอร์โซ่ที่ได้โซ่ชนิด 1 ชั้น P = 1.64 HP N_1 = 204 rpm ISO/R606 10A-1, พิตช์ 15.875 mm.

แรงแตกหัก F_b = 21.78 kN มวลโซ่ 0.98 kg/m

ความเร็วโซ่ V = pzn

$$V = 0.01587 \text{ m } (34)\left(\frac{204 \text{rpm}}{60}\right)$$

V = 1.83 m/s

$$F_t = \frac{W_p}{v} = \frac{1{,}223.7}{1.83} = 668.69 \text{ N}$$

$F_c = mv^2 = (0.9 \text{ kg/m}) (1.83 \text{ m/s})^2 = 3.01 \text{ N}$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$F = F_t + F_c = 688.69\ N + 3.01\ N = 671.17\ N$

แรงแตกหัก $671.17\ N < 21.78\ kN$ (ใช้ได้)

จำนวนข้อโซ่ $x = \frac{2C}{P} + \frac{Z+z}{2} + \left(\frac{Z-z}{2\pi}\right)^2 \frac{P}{C}$

$x = \frac{2(0.6)}{0.0158} + \frac{34+14}{2} + \left(\frac{34-14}{2\pi}\right)^2 \frac{0.0158}{0.6}$

$x = 100$ ข้อ

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางโซ่

$C = \frac{P}{4}\left(x - \frac{Z-z}{2} + \sqrt{\left\{x - \frac{Z+z}{2}\right\}^2 + 2\left\{\frac{Z-z}{\pi}\right\}^2}\right)$

$C = \frac{15.87}{4}\left(100 - \frac{34-14}{2} + \sqrt{\left\{100 - \frac{34+14}{2}\right\}^2 + 2\left\{\frac{34-14}{\pi}\right\}^2}\right)$

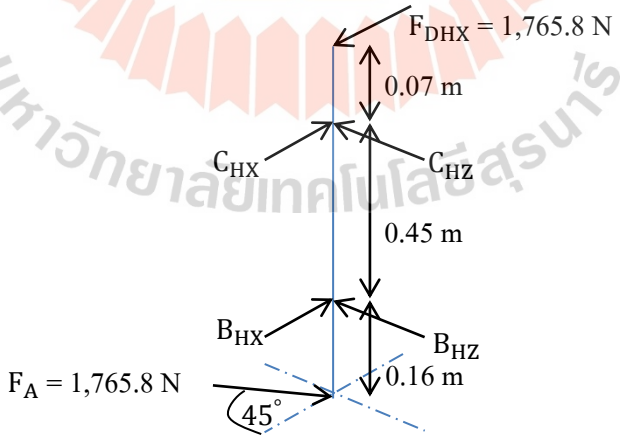
$C = 601$ mm หรือ 0.601 m

เลือกโซ่ ISO/R606 10A-1 จำนวน 100 ข้อ พิเนียน 34 เส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร เฟืองโซ่ 14 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร

ข.5 คำนวณและออกแบบเพลาขับเครน

จาก กำลังที่มอเตอร์เกียร์ขับเพลาเครนที่คำนวณใน ข1. $T = 1{,}164.41$ Nm

ตำแหน่งของแรงที่กระทำกับเพลา



หาแรง F_A ในแนวราบแกน X และแกน Z

$F_{AHX} = F_A \cos 45 = 1{,}765.8\cos 45 = 1{,}248.61$ N

$F_{AHZ} = F_A \sin 45 = 1{,}765.8\sin 45 = 1{,}248.61$ N

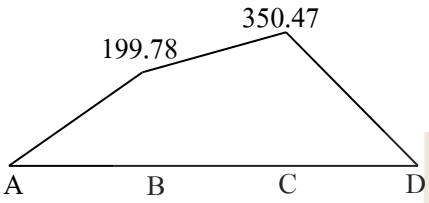
หาแรงปฏิกิริยาได้

B_{HX} = 1,417.88 N B_{HZ} = 1,692.56 N

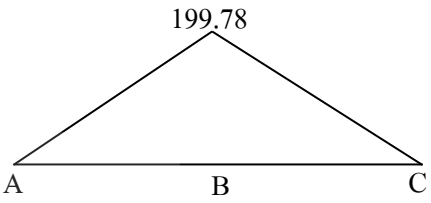
C_{HX} = 1,596.53 N C_{HZ} = 443.95 N

เขียนไดอะแกรมของโมเมนต์ดัด

โมเมนต์ดัดในแนวระดับแกน X



โมเมนต์ดัดในแนวระดับแกน Z



โมเม้นมากที่สุดเกิดขึ้นที่จุด C

M = 350.47 Nm

เลือกวัสดุทำเพลาจากเหล็กคาร์บอน St 37

S_y = 370 N/mm^2 หรือ 3.7 x 10^8 N/m^2

เพลาไม่มีร่องลิ่ม

τ_d = $0.7S_y$ = 0.7 x 3.7 x 10^8 N/m^2 = 259 x 10^6 N/m^2

เลือกใช้ค่าตัวประกอบความล้า

C_t = 1.5 และ C_m = 2

คำนวณขนาดเพลา

$$d = \left\{\frac{16}{\pi\tau_d}\left[(C_tT)^2+(C_mM)^2\right]^{1/2}\right\}^{1/3}$$

$$d = \left\{\frac{16}{\pi(259\text{x}10^6)}\left[(1.5\text{ x }1{,}164.41)^2+(2\text{x}350.47)^2\right]^{1/2}\right\}^{1/3}$$

d = 0.0333 m หรือ d = 33.3 mm

เลือกใช้เพลาขนาด 50 mm

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข.6 ตรวจสอบมุมบิด

จาก $\theta = \frac{584TL}{Gd^4}$

โดย $G = 8.14 \times 10^{10}\ N/m^2$

$\theta = \frac{584(1{,}164.41)(0.68)}{(8.14 \times 10^{10})(0.05^4)}$

$\theta = 0.91^\circ$

$\theta < 4^\circ$ ใช้ได้

ข.7 ประเมินอายุใช้งานแบริ่ง

จาก ขนาดเพลา 50 mm

ที่จุด B แรงในแนวรัศมี คือ

$\left(\sqrt{(1{,}478.88)^2+(1{,}692.56)^2}\right) = 2{,}247.63$ N

จากอายุการใช้งานของแบริ่ง $L = \left(\frac{C}{P}\right)^3$

เลือกใช้แบริ่งอนุกรมมิติ 02 ที่ $d =$ 50 mm จะได้ C = 27.01 kN

$L = \left(\frac{27.01}{2.248}\right)^3$

$L =$ 1,734.54 ล้านรอบ

ความเร็วรอบเพลา 84 rpm

$L = \left(\frac{1{,}734.54 \times 10^6}{84x60}\right)$

$L =$ 344,154.76 ชั่วโมง

ที่จุด C แรงในแนวรัศมี คือ

$\left(\sqrt{(1{,}596.53)^2+(443.95)^2}\right) = 1{,}657.11$ N

จากอายุการใช้งานของแบริ่ง $L = \left(\frac{C}{P}\right)^3$

เลือกใช้แบริ่งอนุกรมมิติ 02 ที่ $d =$ 50 mm จะได้ C = 27.01 kN

$L = \left(\frac{27.01}{1.657}\right)^3$

$L =$ 4,331.18 ล้านรอบ

ความเร็วรอบเพลา 84 rpm

$L = \left(\frac{4{,}331.18 \times 10^6}{84x60}\right)$

$L =$ 859,361.11 ชั่วโมง

พบว่า แบริ่งที่จุดรองรับ B และ D จำนวนรอบการใช้งานเข้าใกล้ ∞ เลือกอายุการใช้งานของแบริ่งที่ 8,000 ชั่วโมงเนื่องจากใช้กับเครื่องจักรกลเกษตร ดังนั้นเลือกเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา 50 มิลลิเมตร ทำจากเหล็กคาร์บอน St 37 และบอลแบริ่งอนุกรม 02

ข.8 การหาความสามารถในการทำงาน

ใช้ตัวอย่างการคำนวณหาความสามารถในการทำงานของเครื่องจากผลการทดสอบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น (ตารางผนวกที่ 2)

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = \frac{\text{น้ำหนักรวมการทดสอบ}}{\text{เวลาในการทดสอบ}}$$

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = \frac{(8.58 \times 4 \times 4)\ \text{กิโลกรัม}}{1\ \text{ชั่วโมง}}$$

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = 137.28\ \text{กิโลกรัมต่อชั่วโมง}$$

ข.9 การหาร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบจากการทำงานของเครื่อง

ใช้ตัวอย่างการคำนวณหาร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบจากผลการทดสอบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น (ตารางผนวก ก.4)

$$\text{ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบ} = \left(\frac{\text{ท่อนพันธุ์ทั้งหมด} - \text{ท่อนพันธุ์ที่ชุบ}}{\text{ท่อนพันธุ์ทั้งหมด}}\right) \times 100$$

$$\text{ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบ} = \left(\frac{320 - 256}{320}\right) \times 100$$

$$\text{ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ไม่ถูกชุบ} = \text{ร้อยละ } 20$$

ข.10 การหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ใช้ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจากผลการทดสอบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น (ตารางผนวก ก.5)

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง} = \frac{\text{เชื้อเพลิงในการทดสอบ}}{\text{เวลาในการทดสอบ}}$$

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง} = \frac{0.42 \text{ ลิตร}}{1 \text{ ชั่วโมง}}$$

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง} = 0.42 \text{ ลิตรต่อชัวโมง}$$

ข.11 คำนวณต้นทุน

การคำนวณจุดคุ้มทุนใช้หลักการของ Donnell Hunt (1976) เมื่อคิดค่าเสื่อมราคาเป็นแบบเส้นตรง (Straight – Line Method) ดังนี้

ข.11.1 ต้นทุนการใช้เครื่อง

$$A_c = \left(\frac{F_c}{A}\right) + \left(\frac{1}{C_t}\right)[R+F+O+L] \quad (1)$$

$$F_c = D + I \quad (2)$$

$$D = \left(\frac{P-S}{N}\right) \quad (3)$$

$$I = \left[\frac{P+S}{2}\right] \times \left(\frac{r}{100}\right) \quad (4)$$

เมื่อ D = ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)

I = ดอกเบี้ย (บาท/ปี)

P = ราคาแรกซื้อ (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

N = อายุการใช้งาน (ปี)

r = อัตราดอกเบี้ย (เปอร์เซ็นต์/ปี)

N = อายุการใช้งาน (ปี)

A_c = ต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ไร่)

F_c = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)

A = พื้นที่ปลูกใน 1 ปี (ไร่)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

R	=	ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา	(บาท/ชั่วโมง)
F	=	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	(บาท/ชั่วโมง)
R	=	ค่าน้ำมันหล่อลื่น	(บาท/ชั่วโมง)
L	=	ค่าแรงงาน	(บาท/ชั่วโมง)
C_t	=	ความสามารถในการทำงานของ เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง	(กิโลกรัม/ชั่วโมง)

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังใช้ข้อมูลดังนี้

ราคาแรกซื้อ	(P)	=	48,000 บาท
อายุการใช้งาน	(N)	=	5 ปี
มูลค่าซาก	(S)	=	4,800 (คิด 10% ของราคาแรกซื้อ)
อัตราดอกเบี้ย	(r)	=	12% (อัตราดอกเบี้ย ธกส.)
ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา	(R)	=	1.2% ของราคาแรกซื้อ / 100 ชม. การทำงาน
		=	(0.012 x 48,000) / 100 บาท / ชม.
		=	5.76 บาท / ชม.
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	(F)	=	0.42 ลิตร / ชม.
		=	0.42 ลิตร / ชม. x 30 บาท / ลิตร (คิดค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 30 บาท/ลิตร)
		=	12.6 บาท/ชม.
ค่าน้ำมันหล่อลื่น	(O)	=	1.26 บาท / ชม. (คิด 10% ของน้ำมันเชื้อเพลิง)
ค่าแรงงาน	(L)	=	1 คน / วัน
		=	(คิดค่าแรง 300 บาท / วัน)
		=	(1 x 300 บาท) / (8 ชั่วโมง)
		=	37.5 บาท / ชม.
ความสามารถในการทำงาน (Ct)		=	132.28 กิโลกรัม / ชม. (ที่การทำงานของเครื่องปลูก 1ไร่/ชม.)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากสมการที่ 3

$$D = \left(\frac{P-S}{N}\right)$$

$$D = \left(\frac{48,000-4,800}{5}\right)$$

$$D = 8,640 \text{ บาท / ปี}$$

จากสมการที่ 4

$$I = \left[\frac{P+S}{2}\right] \times \left(\frac{r}{100}\right)$$

$$I = \left[\frac{48,000+4,800}{2}\right] \times \left(\frac{12}{100}\right)$$

$$I = 3,168 \text{ บาท / ปี}$$

แทนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 2

$$F_c = D + I$$

$$F_c = 8,640 + 3,168$$

$$F_c = 11,808 \text{ บาท / ปี}$$

แทนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 1

$$A_c = \left(\frac{F_c}{A}\right) + \left(\frac{1}{C_t}\right)[R + F + O + L]$$

$$A_c = \left(\frac{11,808}{A}\right) + \left(\frac{1}{1}\right)[5.76 + 12.6 + 1.26 + 35]$$

$$A_c = \left(\frac{11,808}{A}\right) + 54.62 \qquad (5)$$

ข.11.2 คำนวณหาต้นทุนการจ้าง

จากผลสำรวจของผู้วิจัยพบว่า การจ้างแรงงานคนทำงาน 250 บาท และบางพื้นที่ 300 และ 350 บาท ตามลำดับ การนำมาคำนวณคิดค่าจ้างในพื้นที่การจ้าง 300 บาทต่อคน และความสามารถของแรงงานตัดและชุบท่อนพันธุ์นั้นพบว่า แรงงานคน 16 คน สามารถเตรียมท่อนพันธุ์ใช้ปลูกได้ 10 ไร่

ดังนั้นในพื้นที่ 10 ไร่

ต้นทุนในการจ้างแรงงานตัด	4,800 บาท
จะได้	4,800 บาท / 10 ไร่
รวมต้นทุน	480 บาท / ไร่

ข.12 คำนวณหาจุดคุ้มทุน

$$A_c = \left(\frac{11,808}{A}\right) + 54.6$$

$$480 = \left(\frac{11,808}{A}\right) + 54.6$$

$$A = 27.76 \text{ ไร่ / ปี}$$

ดังนั้นจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังมีค่าเท่ากับ 27.76 ไร่ / ปี เมื่อเปรียบเทียบกับ การชุบท่อนพันธุ์โดยใช้แรงงานคน

ข.13 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period, PBP) คือระยะเวลาจากการเริ่มต้นลงทุนถึงเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits) ของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับการลงทุนคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินลงทุน}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (1)$$

ผลประโยชน์สุทธิ = ผลประโยชน์ (บาท/ปี) – ต้นทุนการใช้เครื่องมือ (ไม่รวมค่าเสื่อมราคา) (2)

ผลประโยชน์ = พื้นที่เพาะปลูก x ค่าจ้างปลูก (ค่าจ้างปลูก 300 บาท/ไร่) (3)

ตน้ทุนการใช้เครื่อง = ดอกเบี้ย + ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา + ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง +ค่าน้ำมันหล่อลื่น + ค่าแรงงานคนทำงาน (4)

ค่าดอกเบี้ย = (48,000 บาท x 0.12 ปี)

= 12% (อัตราดอกเบี้ย ธกส.)

= 5,760 บาท / ปี

ค่าซ่อมแซมและบำรุง = (5.76 บาท / ชม.) x (1 ชม. / 1 ไร่)

= 5.76 บาท / ไร่

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง = (0.42 ลิตร / ไร่) x (30 บาท / ลิตร)

= 12.6 บาท / ไร่

ค่าแรงงาน = (37.5 บาท / ชม.) x (1 ชม. / 1 ไร่)

= 37.5 บาท / ไร่

แทนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 4 = ได้ต้นทุนการใช้เครื่อง
(ผลการแทนค่าในสมการที่ 4 เปรียบเทียบพื้นที่การทำงานต่อปีแสดงในภาคผนวก ก.9)

แทนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 3 = ได้ผลประโยชน์
(ผลการแทนค่าในสมการที่ 3 เปรียบเทียบพื้นที่การทำงานต่อปีแสดงในภาคผนวก ก.10)

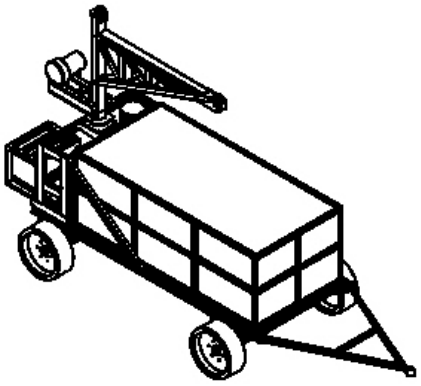
แทนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 2 = ได้ผลประโยชน์สุทธิ
(ผลการแทนค่าในสมการที่ 2 เปรียบเทียบพื้นที่การทา งานต่อปีแสดงในภาคผนวก ก.10)

แทนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 1 = ได้ระยะเวลาการคืนทุน
(ผลการแทนค่าในสมการที่ 1 เปรียบเทียบพื้นที่การทา งานต่อปีแสดงในภาคผนวก ก.10)

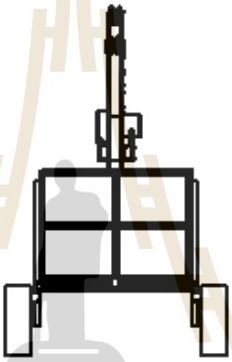
ภาคผนวก ค

แบบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

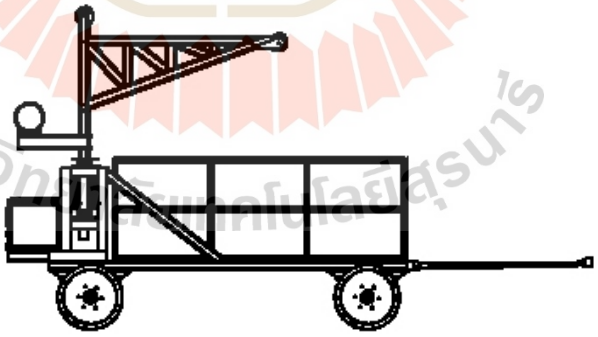
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ISOMETRIC

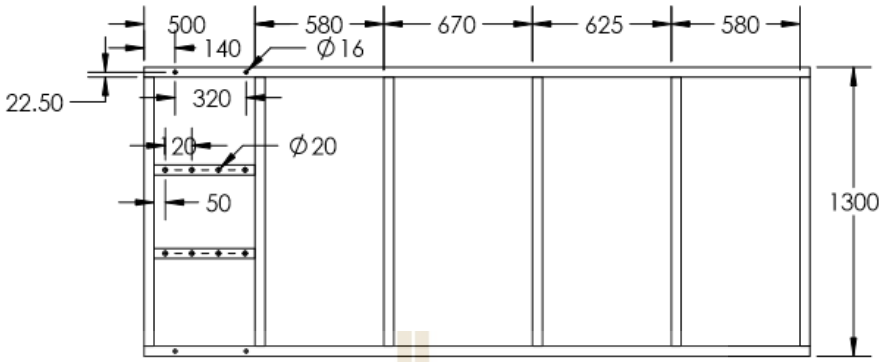


RIGHT VIEW

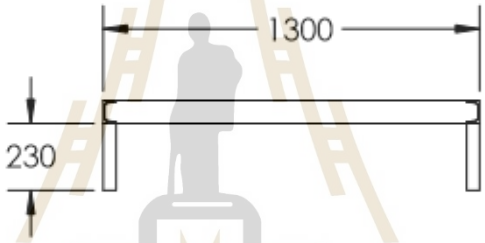


FRONT VIEW

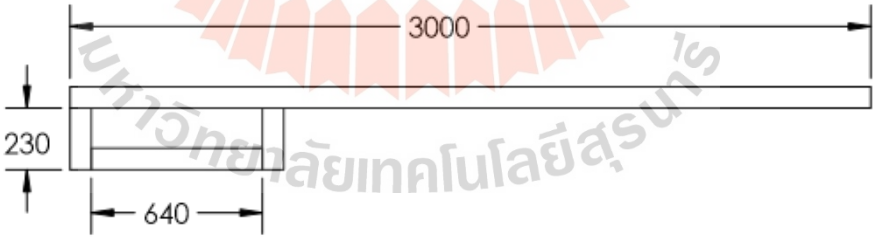
รูปที่ ค.1 แสดงแบบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น



TOP VIEW

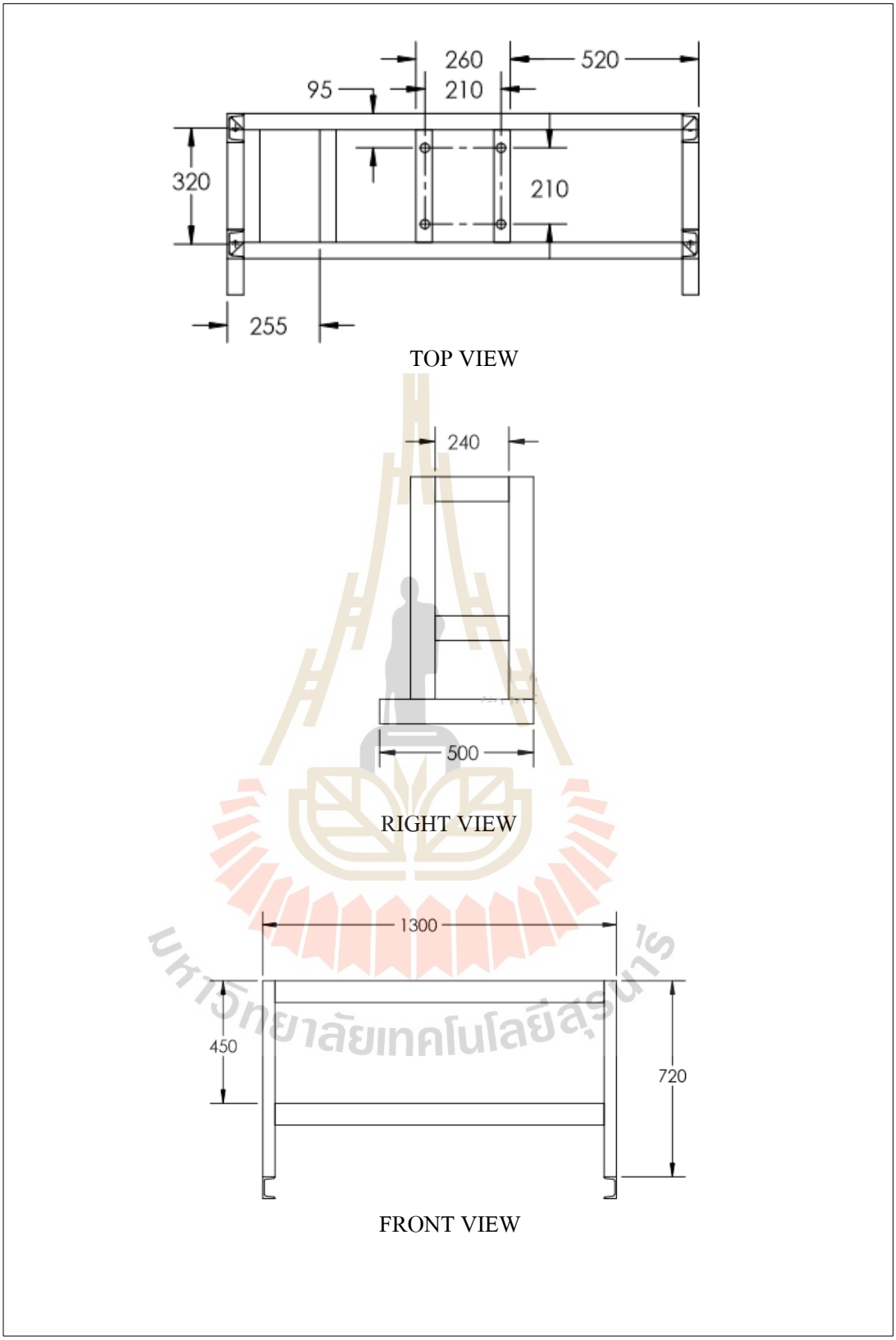


RIGHT VIEW

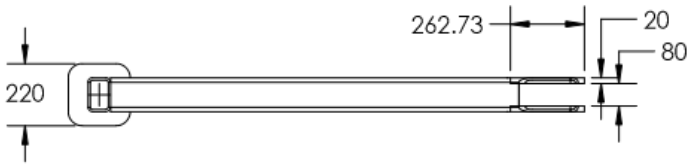


FRONT VIEW

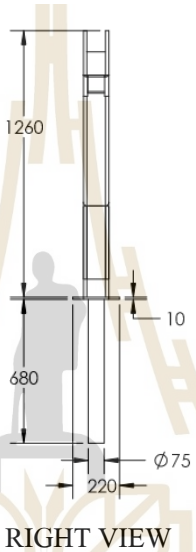
รูปที่ ค.2 แสดงแบบโครงสร้างรับเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น



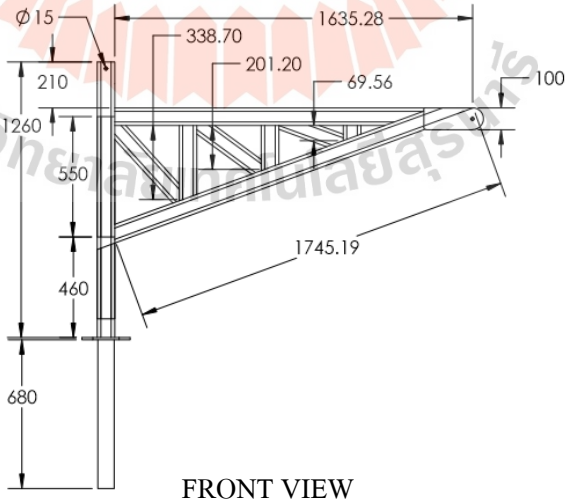
รูปที่ ค.3 แสดงแบบแท่นรับเครนเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น



TOP VIEW

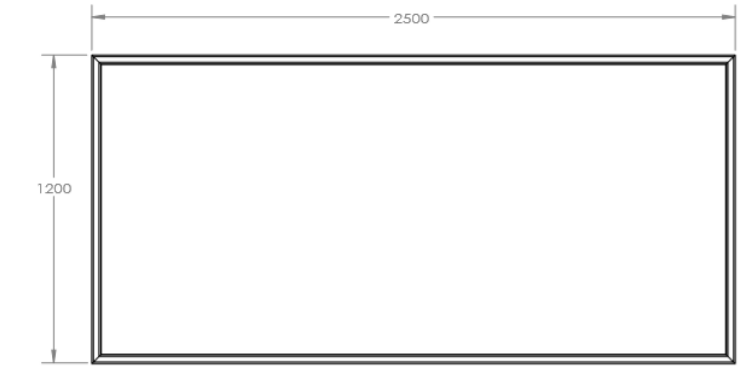


RIGHT VIEW

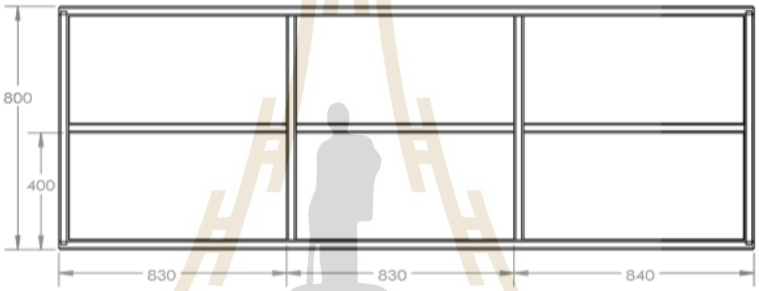


FRONT VIEW

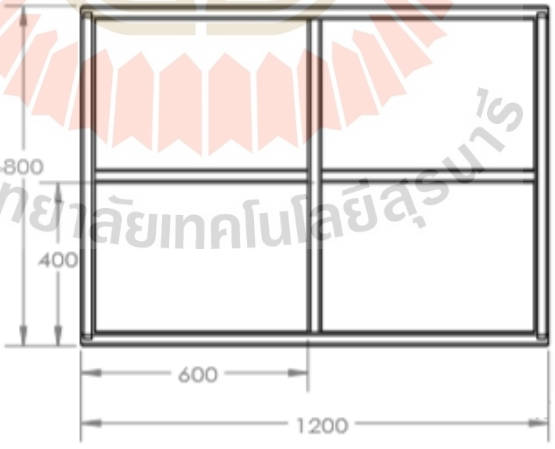
รูปที่ ค.4 แสดงแบบเครนเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น



TOP VIEW



RIGHT VIEW



FRONT VIEW

รูปที่ ค.5 แสดงอ่างชุบเครื่องชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้น

ภาคผนวก ง

รูปประกอบการทดสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ ง.1 เหล็กโครงสร้างเครื่องชุบท่อนพันธุ์

รูปที่ ง.2 ประกอบ ติดตั้ง อุปกรณ์ต่าง ๆ บนโครงสร้างเครื่องต้นแบบ

รูปที่ ง.3 ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าลงเครื่องต้นแบบ

รูปที่ ง.4 เคลื่อนย้ายเครื่องต้นแบบ

รูปที่ ง.5 ทดสอบการยกท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

รูปที่ ง.6 ทดสอบการชุบท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

ภาคผนวก จ

ตารางอ้างอิง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จ.1 ตัวประกอบการใช้งานสำหรับสภาวะสิ่งแวดล้อมทำงาน N_{s2}

สภาวะสิ่งแวดล้อมทำงาน	N_{s2}
ค่อนข้างสะอาด และอุณหภูมิปกติ	1.0
สกปรกปานกลาง และอุณหภูมิปกติ	1.2
สกปรกมาก ใช้งานในที่โล่งแจ้ง มีการขัดสี การกัดกร่อนปานกลาง และอุณหภูมิสูง	1.4

ที่มา : วริทธิ์ และชาญ, (2556)

จ.2 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	**เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว**		**เหล็กหล่อและโลหะเปราะ**
	$\mathbf{N_y}$	$\mathbf{N_u}$	$\mathbf{N_u}$
แรงอยู่นิ่ง	1.5 - 2	3 – 4	5 – 6
แรงซ้ำทางเดียว			
หรือกระแทกเล็กน้อย	3	6	7 – 8
แรงซ้ำสองทิศทาง			
หรือกระแทกเล็กน้อย	4	8	10 – 12
แรงกระทำอย่างหนัก	5 - 7	10 - 15	15 - 20

ที่มา : วริทธิ์ และชาญ, (2556)

จ.3 ตัวประกอบความล้า C_m และ C_t

	ชนิดของแรง	$\mathbf{C_m}$	$\mathbf{C_t}$
เพลาอยู่นิ่ง	แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
	แรงกระตุก	2.0	2.0
เพลาหมุน	แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
	แรงกระตุกอย่างเบา	2.0	1.5
	แรงกระตุกอย่างแรง	3.0	3.0

ที่มา : วริทธิ์ และชาญ, (2556)

ประวัติผู้เขียน

นายสุธรรม ดวนสันเทียะ เกิดเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2534 เริ่มเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2553 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี เมื่อปี พ.ศ. 2556 หลังจากสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีได้ทำงานเป็นพนักงานบริษัทดังนี้

1) วิศวกรเครื่องกล บริษัท สีมาอินเตอร์ โปรดักส์ จำกัด จังหวัดนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2557 – 2559

2) หัวหน้าแผนกเครื่องกล บริษัท ไทยเบสท์ สตาร์ช จำกัด จังหวัดอำนาจเจริญในปี พ.ศ. 2560 – 2562

และเริ่มเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทในปี พ.ศ. 2557 สาขาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร ณ สถาบันการศึกษาเดิม ในระหว่างศึกษาต่อในระดับชั้นปริญญาโท ได้เป็นผู้สอนทบทวนรายวิชาพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมระดับปริญญาตรี ณ ศูนย์การเรียนรู้หอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี