

การพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับจุดต่อฟางสามจุด

CATEGORY II



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2558

**DEVELOPMENT OF A CASSAVA PLANTER USED  
WITH CATEGORY II THREE - POINT HITCH**

**SergeantSukree Suprasert**



**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 2015**

## การพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับจุดต่อฟางสามจุด CATEGORY II

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

\_\_\_\_\_  
(ผศ. ดร.พยุศักดิ์ จุลยุเสนา)

ประธานกรรมการ

\_\_\_\_\_  
(อ. ดร.สาธิต บุญอาจ)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

\_\_\_\_\_  
(ผศ. ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร)

กรรมการ

\_\_\_\_\_  
(ศ. ดร.ชูกิจ ลิ้มปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรมการ

\_\_\_\_\_  
(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สุกรี สุขประเสริฐ : การพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับจุดต่อพ่วงสามจุด  
CATEGORY II (DEVELOPMENT OF A CASSAVA PLANTER USED WITH  
CATEGORY II THREE - POINT HITCH) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.สามารถ  
บุญอาจ, 82 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบ สร้าง พัฒนา ทดสอบ และประเมินผล เครื่องปลูก  
มันสำปะหลังแบบใช้กับจุดต่อพ่วงสามจุด CATEGORY II เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานคน  
ในกระบวนการปลูกมันสำปะหลัง เครื่องต้นแบบถูกออกแบบโดยมีส่วนประกอบหลักดังนี้  
ชุดยกเครื่องปลูก ชุดเปิดหน้าดิน ชุดกลไกการตัดและปลักท่อนพันธุ์ ระบบส่งกำลังและโครงสร้าง  
ของตัวเครื่อง เมื่อดำเนินการออกแบบสร้าง และพัฒนา เครื่องต้นแบบแล้ว นำไปทดสอบการทำงาน  
ในภาคสนาม เพื่อหาสมรรถนะ และการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบ

ผลการวิจัยพบว่า เครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบมีส่วนประกอบหลัก คือ โครงสร้าง  
ตัวเครื่อง ชุดยกเครื่องปลูก ชุดเปิดหน้าดิน กลไกการตัดและปลักท่อนพันธุ์ และระบบส่งกำลัง  
มีน้ำหนักโดยประมาณ 440 กิโลกรัม กลไกการทำงานแบบ Scotch Yoke มุมใบมีดตัดท่อนพันธุ์  
20 องศา ช่วงความเร็วในการทำงานที่เหมาะสม 0.89 - 1.20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระดับเกียร์ 2 ต่ำ  
ความสามารถในการทำงาน 0.8 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน ร้อยละ 80 การสิ้นเปลือง  
น้ำมันเชื้อเพลิง 3.5 ลิตรต่อไร่ แรงลาก 3,985 นิวตัน ท่อนพันธุ์ที่ปลักตั้ง ร้อยละ 90 ท่อนพันธุ์  
ที่ปลักล้ม ร้อยละ 7 ท่อนพันธุ์ที่สูญหาย ร้อยละ 3 ท่อนพันธุ์ที่เสียหาย ร้อยละ 1 ท่อนพันธุ์ที่งอก  
ร้อยละ 90 มุมของท่อนพันธุ์ 65 องศา ทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ เมื่อวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการ  
ใช้เครื่องต้นแบบพบว่า จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนปลูก  
32.29 ไร่ต่อปี และระยะเวลาในการคืนทุนภายใน 4.4 ปี โดยทำงาน 150 ไร่ต่อปี

SUKREE SUPRASERT : DEVELOPMENT OF A CASSAVA PLANTER  
USED WITH CATEGORY II THREE - POINT HITCH. THESIS ADVISOR  
: SAMART BUN-ART, Ph.D., 82 PP.

CASSAVA/PLANTER/CASSAVA PLANTER

In this research, a tractor-mounted category II cassava planter was designed, created, developed, tested and evaluated. To reduce the problem of labor for cassava planting process. The planter prototype consisted mainly of soil furrow and ridge set, soil opener set, stem cutting and pushing set, transmission mechanism and structured. The created and develop prototype to testing in field to find performance and economic analysis.

The findings showed that planter prototype consisted mainly of soil furrow and ridge set, soil opener set, stem cutting and pushing set and transmission mechanism set, having the total weight of 440 kg. The mechanism used was based on Scotch Yoke with stem-cutting blade angle of 20 degree. The appropriate speed ranged from 0.89 - 1.20 km/h at the 2<sup>nd</sup> gear speed (low), with the field capacity of 0.8-rai/h and field efficiency of 80%. The fuel consumption was found to be 3.5 L/rai, having draft force of 3,985 N. The cassava stakes were planted with 90%, cassava stake horizontal planting 7%, cassava stake loss 3%, cassava stake damage 1%, the germination was found to be 90% and the angled planting was 65 degree respecting to horizontal ground. Economic analysis showed that the operation of the machine should be 32.29 rai/year with a consequence of payback period within 4.4 year.

School of Agricultural Engineering

Academic Year 2015

Student's Signature\_\_\_\_\_

Advisor's Signature\_\_\_\_\_

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลต่าง ๆ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

อาจารย์ ดร.สามารถ บุญอาจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษาด้านวิชาการในการทำวิจัย ช่วยแก้ปัญหา รวมทั้งให้คำแนะนำในการดำเนินชีวิต ด้วยความเมตตาโดยตลอด และสละเวลาตรวจสอบแก้ไขให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุงค์ จุลยุเสน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการอันเป็นประโยชน์

คุณกรรณิกา ประเสริฐสังข์ คุณวิจิต แสงขวา คุณวิชัย มั่งประชูร และพี่ - น้อง สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตรและอาหารที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครูบาอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้วิจัยตลอดมาและสำคัญที่สุดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่งที่ให้การเลี้ยงดู อบรม ส่งเสริมการศึกษา ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา

ศุภรี สุขประเสริฐ

## สารบัญ

หน้า

|                                                        |          |
|--------------------------------------------------------|----------|
| บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....                                | ก        |
| บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....                             | ข        |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                   | ค        |
| สารบัญ.....                                            | ง        |
| สารบัญตาราง .....                                      | ช        |
| สารบัญรูป.....                                         | ซ        |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ .....                        | ฅ        |
| <b>บทที่</b>                                           |          |
| <b>1 บทนำ .....</b>                                    | <b>1</b> |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....               | 1        |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....                      | 2        |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....                            | 2        |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                     | 2        |
| <b>2 ปรีทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b> | <b>3</b> |
| 2.1 บทนำ.....                                          | 3        |
| 2.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง.....              | 3        |
| 2.2.1 ลักษณะทางกายภาพของมันสำปะหลัง.....               | 3        |
| 2.2.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม.....                       | 3        |
| 2.2.3 กระบวนการปลูกมันสำปะหลัง .....                   | 4        |
| 2.2.4 ความสำคัญและประโยชน์ของมันสำปะหลัง .....         | 5        |
| 2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....                           | 10       |
| 2.3.1 เครื่องปลูกพืช .....                             | 10       |
| 2.3.2 กลไก.....                                        | 14       |
| 2.3.3 การออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร .....                | 16       |
| 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                        | 23       |

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|          |                                                                   |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3</b> | <b>วิธีดำเนินการวิจัย .....</b>                                   | <b>25</b> |
| 3.1      | บทนำ.....                                                         | 25        |
| 3.2      | วิธีดำเนินการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติตัดทอนพันธุ์ที่เหมาะสม .....    | 25        |
| 3.2.1    | เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ดำเนินการวิจัย .....                    | 25        |
| 3.2.2    | เกณฑ์การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติ .....                               | 25        |
| 3.2.3    | ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย .....                                    | 26        |
| 3.3      | วิธีดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ .....                             | 27        |
| 3.3.1    | วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องต้นแบบ.....                        | 27        |
| 3.3.2    | เครื่องมือที่ใช้สร้างเครื่องต้นแบบ .....                          | 28        |
| 3.3.3    | อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบเครื่องต้นแบบในภาคสนาม .....   | 28        |
| 3.3.4    | เกณฑ์การออกแบบเครื่องต้นแบบ .....                                 | 29        |
| 3.3.5    | ข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ .....                    | 29        |
| 3.3.6    | การออกแบบเครื่องต้นแบบ.....                                       | 29        |
| 3.3.7    | ขั้นตอนการออกแบบ.....                                             | 30        |
| 3.3.8    | การสร้างเครื่องต้นแบบ .....                                       | 32        |
| 3.4      | วิธีดำเนินการทดสอบเครื่องต้นแบบ.....                              | 32        |
| 3.4.1    | เกณฑ์การทดสอบเครื่องต้นแบบ .....                                  | 32        |
| 3.4.2    | การทดสอบสมรรถนะและคุณภาพเครื่องต้นแบบ .....                       | 33        |
| 3.4.3    | ค่าชี้ผลของการวิจัย.....                                          | 33        |
| 3.5      | วิธีดำเนินการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องต้นแบบ ..... | 35        |
| 3.5.1    | การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน .....                                      | 35        |
| 3.5.2    | การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน.....                                   | 35        |
| <b>4</b> | <b>ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....</b>                                | <b>36</b> |
| 4.1      | บทนำ.....                                                         | 36        |
| 4.2      | ผลการทดสอบคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับใบมีดตัดทอนพันธุ์.....         | 36        |
| 4.3      | ผลการออกแบบรายละเอียดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบ .....        | 38        |

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|       |                                                                   |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.1 | โครงสร้างของตัวเครื่องต้นแบบ .....                                | 38 |
| 4.3.2 | ชุดยกเครื่องปลูก .....                                            | 38 |
| 4.3.3 | ชุดเปิดหน้าดิน .....                                              | 38 |
| 4.3.4 | กลไกการตัดและพลิกท่อนพันธุ์ปลูก .....                             | 38 |
| 4.3.5 | มุมใบมีดตัดท่อนพันธุ์ .....                                       | 39 |
| 4.3.6 | ชุดส่งกำลังขับเคลื่อน .....                                       | 39 |
| 4.4   | ผลการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ .....                      | 40 |
| 4.5   | ผลการทดสอบหาระดับเกียร์และความเร็วที่เหมาะสมระหว่างการทำงาน ..... | 41 |
| 4.6   | ผลการทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพการปลูกในภาคสนาม .....           | 44 |
| 4.7   | ผลการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้เครื่องต้นแบบ .....      | 47 |
| 4.7.1 | ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่าย .....                          | 47 |
| 4.7.2 | ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง .....     | 47 |
| 4.7.3 | ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง ..... | 48 |
| 5     | บทสรุปและข้อเสนอแนะ .....                                         | 50 |
| 5.1   | สรุปผลการวิจัย .....                                              | 50 |
| 5.2   | ข้อเสนอแนะ .....                                                  | 50 |
|       | รายการอ้างอิง .....                                               | 51 |
|       | ภาคผนวก                                                           |    |
|       | ภาคผนวก ก. ตารางผนวก .....                                        | 53 |
|       | ภาคผนวก ข. ภาพผนวก .....                                          | 56 |
|       | ภาคผนวก ค. ตัวอย่างการคำนวณ .....                                 | 59 |
|       | ภาคผนวก ง. รายละเอียดเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ .....           | 76 |
|       | ประวัติผู้เขียน .....                                             | 82 |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า                                                                                        |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1      | ปริมาณการผลิตมันสำปะหลังโดยรวมทั่วโลกระหว่างปี 2554 - 2558 .....5                           |
| 2.2      | แสดงการผลิตมันสำปะหลังในกลุ่มประเทศอาเซียน สถิติปี 2556 - 2558 .....6                       |
| 2.3      | แสดงพื้นที่ปลูกพื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตมันสำปะหลังทั่วประเทศไทย<br>สถิติปี 2557/58 .....7 |
| 2.4      | มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์จากพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย ปี 2554 - 2558 .....9                    |
| 2.5      | แสดงผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่ส่งออกต่างประเทศและมูลค่า สถิติปี 2553 - 2557 ..... 10           |
| 4.1      | ผลการทดสอบมุมไบมีดตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง.....36                                           |
| 4.2      | ผลการทดสอบระดับเกียร์และความเร็วที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องต้นแบบ .....41                |
| 4.3      | ผลการทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพเครื่องต้นแบบในภาคสนาม.....44                              |
| 4.4      | แสดงค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่องต้นแบบ .....47                                        |
| ก1.      | ตัวประกอบการใช้งานสำหรับสภาวะสิ่งแวดล้อมทำงาน $N_2$ .....54                                 |
| ก2.      | ค่าความปลอดภัย .....54                                                                      |
| ก3.      | ตัวประกอบความถี่ $C_m$ และ $C_t$ .....54                                                    |
| ก4.      | ผลการคำนวณต้นทุนในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพื้นที่ปลูก .....55                        |
| ก5.      | ผลการคำนวณระยะเวลาต้นทุนในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพื้นที่การทำงาน .....55            |

## สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า                                                                                                                                                               |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1    | ลักษณะการปลุกบนพื้นราบ (ก) บนแปลง (ข) และในร่อง (ค) ..... 11                                                                                                       |
| 2.2    | ชุดกลไกข้อต่อเชื่อมสี่ชิ้น Four-Bar Linkage ..... 14                                                                                                               |
| 2.3    | กลไกแบบ Scotch Yoke Mechanism ..... 14                                                                                                                             |
| 2.4    | การ (Projection) ของจุด P ที่ตกลงบนแกน X ..... 15                                                                                                                  |
| 2.5    | การขบกันของโซ่โรลเลอร์กับเฟืองโซ่ (ก) chordal action ของโซ่โรลเลอร์<br>(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงความเร็วกับจำนวน<br>ฟันเฟืองโซ่ ..... 18 |
| 2.6    | ความสัมพันธ์ระหว่างแรง $F_c$ และ $F_{ct}$ ..... 20                                                                                                                 |
| 3.1    | การทดสอบการตัดท่อนพันธุมันสำปะหลังด้วยเครื่องทดสอบทางกล (UTM) ..... 27                                                                                             |
| 4.1    | แสดงแรงตัดสูงสุดต่อมุมไบมีดตัดท่อนพันธุมันสำปะหลัง ..... 37                                                                                                        |
| 4.2    | แสดงความเค้นเฉือนสูงสุดต่อมุมไบมีดตัดท่อนพันธุมันสำปะหลัง ..... 37                                                                                                 |
| 4.3    | แสดงเครื่องปลุกมันสำปะหลังด้านข้าง ..... 40                                                                                                                        |
| 4.4    | แสดงเครื่องปลุกมันสำปะหลังโดยรวม ..... 40                                                                                                                          |
| 4.5    | แสดงเกียร์ที่ทำงานและคุณภาพที่ได้จากการปลุก ..... 42                                                                                                               |
| 4.6    | แสดงมุมของท่อนพันธุมันที่ปลุกของเกียร์ทดสอบ ..... 43                                                                                                               |
| 4.7    | แสดงจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลุกมันสำปะหลัง ..... 48                                                                                                             |
| 4.8    | ระยะเวลาคืนทุนเครื่องปลุกมันสำปะหลังต่อพื้นที่ปลุก ..... 49                                                                                                        |
| ข.1    | การทดสอบเครื่องปลุกมันสำปะหลังในแปลงทดสอบ ..... 57                                                                                                                 |
| ข.2    | สภาพแปลงหลังการทดสอบ ..... 57                                                                                                                                      |
| ข.3    | ลักษณะการปลุกของท่อนพันธุมัน ..... 58                                                                                                                              |
| ข.4    | การวัดแรงลากเครื่องปลุกมันสำปะหลัง ..... 58                                                                                                                        |
| ง.1    | แบบเครื่องปลุกมันสำปะหลังต้นแบบ ..... 77                                                                                                                           |
| ง.2    | รายละเอียดและประกอบโครงสร้างและชุดยกเครื่องปลุกมันสำปะหลัง ..... 78                                                                                                |
| ง.3    | รายละเอียดและส่วนประกอบ ชุดเปิดหน้าดิน กลไกการตัดและผลักท่อนพันธุมัน<br>ระบบส่งกำลัง ..... 80                                                                      |

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

|           |   |                      |
|-----------|---|----------------------|
| $n_c$     | = | ความเร็ววิกฤตเพลลา   |
| $P$       | = | ระยะพิตช์ของโซ่      |
| $r$       | = | รัศมี                |
| rpm       | = | รอบต่อนาที           |
| $S_u$     | = | ความต้านแรงดึง       |
| $S_{sy}$  | = | ความต้านแรงเฉือนคราก |
| $S_y$     | = | ความต้านแรงดึงคราก   |
| $T$       | = | โมเมนต์บิด           |
| $V_{max}$ | = | ความเร็วสูงสุด       |
| $v$       | = | ความเร็วเชิงเส้น     |
| $w_p$     | = | กำลังที่ต้องการส่ง   |
| $x$       | = | จำนวนข้อโซ่          |
| $Z$       | = | จำนวนฟันของเพนเนียน  |
| $z$       | = | จำนวนฟันของเฟืองโซ่  |
| $\delta$  | = | ระยะโก่งของเพลลา     |
| $\theta$  | = | มุมบิดของเพลลา       |
| $\sigma$  | = | ความเค้นดัด          |
| $\tau$    | = | ความเค้นเฉือน        |

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่สำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลกรองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวมันฝรั่ง ตามลำดับ และยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยเป็นอันดับ 4 รองจากข้าว อ้อย และยางพารา ประเทศไทยยังเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลกสามารถสร้างรายได้เข้าประเทศปีละมากกว่า 7 หมื่นล้านบาท โดยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังใหญ่เป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากประเทศไนจีเรีย ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูก 8.7 ล้านไร่ ซึ่งมีพื้นที่ปลูกอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 52 ภาคกลาง ร้อยละ 26 และภาคเหนือ ร้อยละ 22 ผลผลิตรวมทั้งประเทศมากกว่า 30 ล้านตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) หัวมันสดที่ผลิตได้ในแต่ละปีนั้นจะถูกนำมาแปรรูปเป็น แป้งมัน มันเส้น และมันอัดเม็ด เพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตในด้านอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ ผลผลิตส่วนหนึ่งจะถูกใช้เพื่อบริโภคในประเทศและส่วนที่เหลือจะถูกส่งออกไปยังต่างประเทศเพื่อสร้างรายได้เข้าประเทศต่อไป นอกจากบริโภคและส่งออกแล้ว มันสำปะหลังยังเป็นพืชพลังงานที่สามารถเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลที่เป็นส่วนผสมของน้ำมันเบนซิน 91 ในการผลิตน้ำมันแก๊สโซฮอล์ที่มีค่าออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 สามารถลดการนำเข้าสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมาก

กระบวนการปลูกมันสำปะหลังนั้น เริ่มตั้งแต่การไถเตรียมดิน การยกร่องปลูก กระบวนการดังกล่าวจะใช้รถแทรกเตอร์ทั้งกระบวนการ ส่วนกระบวนการตัดท่อนพันธุ์และการปลูกท่อนพันธุ์ล้วนแต่ใช้แรงงานคนในการตัดท่อนพันธุ์และปักท่อนพันธุ์ลงดินในแนวตั้งเพื่อให้ท่อนพันธุ์เจริญเติบโตเป็นต้นมันสำปะหลังที่จะสามารถให้ผลผลิตได้อีกต่อไป จากปัญหาการขาดแคลนแรงงานคนในภาคเกษตรกรรมนั้น ทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้เกษตรกรมีการเพาะปลูกที่ล่าช้าและไม่สามารถผลิตผลผลิตมันสำปะหลังให้ทันต่อฤดูกาลเก็บเกี่ยวในที่สุด

ปัจจุบันพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีขนาดที่เหมาะสมต่อการทำงานของรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง (CATEGORY II) และจากการศึกษาเบื้องต้นของผู้วิจัย พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่จะใช้รถแทรกเตอร์ขนาดดังกล่าวในการทำงานอยู่แล้วแต่ไม่พบว่ามีการทำงานร่วมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังแต่อย่างใด แต่มีการใช้ร่วมกับเครื่องขุดหัวมันสำปะหลัง เครื่องมือเตรียมดินชนิดต่าง ๆ และเครื่องมือดูแลรักษาเท่านั้น

จากปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการออกแบบวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับจุดต่อฟางสามจุด (CATEGORY II) ซึ่งจะสามารถเพิ่มความเร็วในการทำงานส่งผลให้สามารถผลิตผลผลิตมันสำปะหลังได้ทันต่อฤดูกาลเก็บเกี่ยว อันจะนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตของเกษตรกร และลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานคนในขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลังได้อีกทั้งสามารถช่วยยกระดับการปลูกมันสำปะหลังของประเทศในภาพรวมได้อีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบ สร้าง และพัฒนา เครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบชนิดต่อฟางสามจุดกับรถแทรกเตอร์ CATEGORY II

1.2.2 เพื่อทดสอบ ประเมินสมรรถนะ ประสิทธิภาพ คุณภาพการปลูก และประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบชนิดต่อฟางสามจุดกับรถแทรกเตอร์ CATEGORY II

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ออกแบบ สร้าง พัฒนา และทดสอบ ประเมินสมรรถนะเครื่องปลูกมันสำปะหลังชนิดต่อฟางสามจุดกับรถแทรกเตอร์ CATEGORY II โดยใช้แรงงานคนป้อนต้นพันธุ์มันสำปะหลังเข้าสู่กลไกเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องต้นแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังชนิดต่อฟางสามจุดกับรถแทรกเตอร์ CATEGORY II

1.4.2 เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตมันสำปะหลัง

1.4.3 ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานคนในขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลัง

## บทที่ 2

### ปฐกษัตริ์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 บทนำ

ในบทนี้ กล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับมันสำปะหลัง ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม การปรับตัวต่อสภาพดิน สภาพอากาศ กระบวนการปลูก ความสำคัญ และประโยชน์ของมันสำปะหลัง ที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะโดยทั่วไปของมันสำปะหลัง รวมถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปลูกพืช การออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 2.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง

##### 2.2.1 ลักษณะทางกายภาพของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่งที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz และมีชื่อสามัญเรียกตามภาษาต่าง ๆ ที่ได้ยินกันมากได้แก่ Cassava, Yuca, Mandioca, Manioc, Tapioca เป็นพืชที่ปลูกได้ง่ายสามารถทนต่อสภาพอากาศที่แปรปรวน ทนแล้งได้ดีและสามารถเจริญเติบโตในสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ลักษณะลำต้นมีทั้งตั้งตรงและโค้งงอ สีน้ำตาลอ่อน ความสูงของลำต้นประมาณ 160 ถึง 250 เซนติเมตร แตกกิ่งทำมุมกับลำต้น 45 ถึง 90 องศา แผ่นใบรูปร่างเป็นแบบใบหอก ใบแก่ สีเขียวเข้ม ยอดอ่อนสีเขียวอมม่วง หัวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อข้างในของหัวสีขาว ขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์ ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน การจำแนกสายพันธุ์ มันสำปะหลังสามารถจำแนกตามคุณลักษณะ ได้แก่ สีของใบอ่อน สีก้านใบ สีลำต้น ขนที่ยอดอ่อน ลักษณะทรงต้น และหูใบของมันสำปะหลัง

##### 2.2.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารในเขตร้อนสามารถปรับเข้ากับสภาพแวดล้อมอย่างกว้างขวางปลูกตั้งแต่เส้นรุ้ง 30 องศาเหนือถึง 30 องศาใต้ ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลจนถึง 2,000 เมตร ปลูกมากระหว่างเส้นรุ้ง 20 องศาเหนือถึง 20 องศาใต้ ประเทศไทยอยู่ในเส้นรุ้งที่ 6 ถึง 20 องศาเหนือ จึงสามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศ

1) การปรับตัวต่อสภาพดิน มันสำปะหลังสามารถขึ้นได้ในดินทุกชนิดทนต่อสภาพดินที่เป็นกรดจัดแต่ไม่สามารถทนต่อสภาพดินที่มีน้ำขังได้ มันสำปะหลังจะปลูกดีในดินร่วนปนทรายมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางจะสามารถลงหัวได้ดีและเก็บเกี่ยวได้ง่าย ประเทศไทยมีแหล่งปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,200 ถึง 1,500 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนไม่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส บริเวณเพาะปลูกมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 0 ถึง 200 เมตร

2) การปรับตัวต่อสภาพอากาศ มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตดีในเขตร้อนบริเวณที่มีอุณหภูมิ 10 ถึง 35 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมเฉลี่ยต้องไม่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส เนื่องจากจะทำให้การเจริญเติบโตชะงักลง มันสำปะหลังเป็นพืชทนแล้งได้ดีต้องการปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,000 ถึง 3,000 มิลลิเมตรต่อปี ทั้งนี้พื้นที่ที่มีฝนตกชุกต้องมีการระบายน้ำที่ดี เพื่อป้องกันน้ำขังจะทำให้หัวมันเน่าและเสียหาย ซึ่งจะส่งผลต่อผลผลิตโดยรวมได้

### 2.2.3 กระบวนการปลูกมันสำปะหลัง

กระบวนการปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยสามารถจำแนกเป็น 3 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการเตรียมดิน กระบวนการเตรียมท่อนพันธุ์ และกระบวนการปลูกท่อนพันธุ์ โดยมีรายละเอียดแต่ละกระบวนการดังนี้

1) กระบวนการเตรียมดิน มันสำปะหลังสามารถปลูกได้ในดินทั่วไปตั้งแต่ดินเหนียวจนถึงดินทรายแต่จะให้ผลผลิตสูงในดินเนื้อหยาบและร่วนซุยมีการระบายน้ำได้ดีไม่ควรปลูกในดินที่มีความชื้นแฉะหัวมันจะเน่าเสียได้ง่าย การเตรียมดินโดยการไถ 2 ครั้งใช้พล 3 และพล 7 ตามลำดับ ความลึกการไถ 20 ถึง 30 เซนติเมตร ไถกลับเศษมันสำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวจากฤดูกาลที่ผ่านมา พื้นที่ที่มีความลาดเอียงจะไถแบบขวางทิศทางความลาดเอียง เพื่อลดการสูญเสียหน้าดิน พื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังต้องทำร่องระบายน้ำและยกร่องปลูกให้สูงกว่าร่องปลูกแบบทั่วไป

2) กระบวนการเตรียมท่อนพันธุ์ มันสำปะหลังเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยลำต้นอายุท่อนพันธุ์ที่เหมาะสม 8 ถึง 12 เดือน ปลูกแล้วจะมีความอยู่รอด ร้อยละ 90 ถึง ร้อยละ 94 ขนาดความยาวท่อนพันธุ์ประมาณ 10 ถึง 15 เซนติเมตร จำนวนตาประมาณ 10 ตาขึ้นไปต่อ 1 ท่อนพันธุ์ ท่อนพันธุ์ที่ตัดมาไม่ควรเก็บไว้เกิน 7 ถึง 15 วัน เพราะคุณภาพท่อนพันธุ์จะเสื่อมลง และทำให้อัตรการงอกลดลงตาม

3) กระบวนการปลูกท่อนพันธุ์ มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ตลอดปี โดยมากกว่า ร้อยละ 65 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด การปลูกมันสำปะหลังจะแบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ปลูกในช่วงต้นฤดูฝน ประมาณเดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม ร้อยละ 20 ปลูกในช่วงฤดูแล้ง ตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนกุมภาพันธ์ ร้อยละ 15 ปลูกช่วง เดือนมิถุนายน ถึง เดือนตุลาคม

การปลูกในช่วงฤดูฝนผลผลิตหัวมันสดจะได้สูงกว่าการปลูกในช่วงอื่น ๆ และการปลูกในฤดูแล้งจะให้ผลผลิตสูงสุด วิธีการปลูกมันสำปะหลังแบ่งออกได้ 2 วิธี ได้แก่ การปลูกแบบนอน และ การปลูกแบบปัก โดยการปลูกแบบปักจะให้ผลได้ดีกว่าการปลูกแบบนอน เนื่องจากมันสำปะหลังจะงอกได้เร็วกว่าและสะดวกต่อการปลูกซ่อมแซมและกำจัดวัชพืช การปลูกแบบปักสามารถปักได้ตรงและปักเอียงลึกลงไปดินประมาณ 10 ถึง 15 เซนติเมตร ระยะปลูกตั้งแต่ระยะ 60 x 60 เซนติเมตร จนถึง 120 x 120 เซนติเมตร โดยระยะ 100 x 100 เซนติเมตรจะให้ผลผลิตสูงกว่าระยะปลูกอื่น ๆ หากมีการใช้เครื่องทุ่นแรงระยะปลูกระหว่าง แถว x ต้น อาจใช้ที่ 120 x 80 เซนติเมตร เพื่อสะดวกในการใช้เครื่องทุ่นแรง

## 2.2.4 ความสำคัญและประโยชน์ของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่สำคัญของโลกเป็นอันดับ 5 รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และ มันฝรั่ง เป็นพืชอาหารที่สำคัญของประเทศในเขตร้อน โดยเฉพาะประเทศต่าง ๆ ในทวีปแอฟริกา และทวีปอเมริกาใต้ ส่วนทวีปเอเชีย ประเทศอินเดีย อินโดนีเซีย มีการบริโภคมันสำปะหลังมากที่สุด ปัจจุบันพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังทั่วโลกมีประมาณ 117 ล้านไร่ กระจายอยู่ในทวีปแอฟริกา 75 ล้านไร่ ทวีปอเมริกาใต้ 17 ล้านไร่ และทวีปเอเชีย 25 ล้านไร่ จากสถิติปริมาณการผลิตมันสำปะหลังในปี 2554 - 2558 ทั่วโลกผลิตได้ 262.072 - 288.845 ล้านตัน และประเทศที่ผลิตมันสำปะหลังสูงสุด 5 อันดับของโลก สถิติในปี 2554 - 2558 ซึ่งประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้เป็นอันดับ 2 ของโลกซึ่งสามารถผลิตหัวมันสดได้สูงสุดถึง 33.611 ล้านตัน และมีแนวโน้มว่าผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ( สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ดังแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณการผลิตมันสำปะหลังโดยรวมทั่วโลกระหว่างปี 2554 - 2558

| ประเทศ      | 2554/55 | 2555/56 | 2556/57 | 2557/58 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|
| ไนจีเรีย    | 50.950  | 53.000  | 55.000  | 57.000  |
| ไทย         | 26.601  | 28.276  | 30.228  | 33.611  |
| อินโดนีเซีย | 24.177  | 23.937  | 25.000  | 24.500  |
| บราซิล      | 23.045  | 21.226  | 23.048  | 24.200  |
| คองโก       | 16.000  | 16.500  | 16.817  | 15.300  |
| อื่น ๆ      | 121.299 | 135.625 | 138.171 | 134.234 |
| รวมทั่วโลก  | 262.072 | 278.564 | 288.264 | 288.845 |

หน่วย : ล้านตัน

จากสถิติปี 2556 - 2558 ในกลุ่มประเทศอาเซียนสามารถผลิตมันสำปะหลังได้มากที่สุดถึง 77.664 - 80.905 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 28 ของผลผลิตมันสำปะหลังรวมทั่วโลก โดยประเทศที่ผลิตมันสำปะหลังได้มากที่สุด คือ ประเทศไทย 33.611 ล้านตัน รองลงมาคือ ประเทศอินโดนีเซีย เวียดนาม และกัมพูชา ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงการผลิตมันสำปะหลังในกลุ่มประเทศอาเซียนสถิติปี 2556 - 2558

| ประเทศ         | 2556/57 | 2557/58 |
|----------------|---------|---------|
| ไทย            | 30.228  | 33.611  |
| อินโดนีเซีย    | 25.000  | 24.500  |
| เวียดนาม       | 9.750   | 10.000  |
| กัมพูชา        | 8.000   | 7.800   |
| ฟิลิปปินส์     | 2.500   | 2.400   |
| สปป.ลาว        | 1.379   | 0.953   |
| อื่น ๆ         | 0.807   | 1.591   |
| รวมทั้งอาเซียน | 77.664  | 80.905  |

หน่วย : ล้านตัน

สำหรับประเทศไทย มันสำปะหลังจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเป็นอันดับ 4 รองจากข้าว อ้อย และยางพารา โดยแหล่งเพาะปลูกมันสำปะหลังสำคัญที่สุดอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 52 รองลงมา คือ ภาคกลาง ร้อยละ 26 และ ภาคเหนือ ร้อยละ 22 ของพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังทั่วประเทศ ในปี 2557/58 จังหวัดที่มีพื้นที่การเพาะปลูกมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมาที่มีพื้นที่ปลูก 1,518,480 ไร่ รองลงมาคือ กำแพงเพชร กาญจนบุรี อุบลราชธานี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงพื้นที่ปลูกพื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตมันสำปะหลังทั่วประเทศไทยสถิติปี 2557/58

| จังหวัด/ภาค               | พื้นที่ปลูก(ไร่) | พื้นที่เก็บเกี่ยว(ไร่) | ผลผลิต(ตัน)       |
|---------------------------|------------------|------------------------|-------------------|
| <b>รวมทั้งประเทศ</b>      | <b>8,702,764</b> | <b>8,431,223</b>       | <b>30,022,052</b> |
| <b>ภาคเหนือ</b>           | <b>1,908,441</b> | <b>1,843,080</b>       | <b>6,700,328</b>  |
| เชียงราย                  | 60,982           | 61,535                 | 201,708           |
| พะเยา                     | 8,470            | 7,855                  | 26,717            |
| ลำปาง                     | 23,835           | 24,624                 | 80,136            |
| ลำพูน                     | 6,670            | 4,613                  | 13,587            |
| เชียงใหม่                 | 2,305            | 1,861                  | 6,243             |
| ตาก                       | 114,502          | 128,538                | 475,621           |
| กำแพงเพชร                 | 650,876          | 646,264                | 2,557,765         |
| สุโขทัย                   | 61,270           | 58,183                 | 187,222           |
| แพร่                      | 17,750           | 17,935                 | 55,725            |
| น่าน                      | 1,695            | 1,057                  | 3,153             |
| อุดรดิตถ์                 | 27,860           | 25,040                 | 83,430            |
| พิษณุโลก                  | 172,774          | 161,449                | 539,450           |
| พิจิตร                    | 25,950           | 22,489                 | 76,502            |
| นครสวรรค์                 | 390,899          | 359,614                | 1,235,909         |
| อุทัยธานี                 | 146,840          | 136,658                | 492,697           |
| เพชรบูรณ์                 | 195,763          | 185,368                | 664,463           |
| <b>ตะวันออกเฉียงเหนือ</b> | <b>4,541,560</b> | <b>4,359,677</b>       | <b>15,465,916</b> |
| เลย                       | 277,945          | 295,064                | 1,030,816         |
| หนองบัวลำภู               | 72,579           | 65,580                 | 206,884           |
| อุดรธานี                  | 250,689          | 248,207                | 848,851           |
| หนองคาย                   | 21,489           | 16,981                 | 51,428            |
| บึงกาฬ                    | 19,790           | 10,969                 | 31,008            |
| สกลนคร                    | 128,970          | 117,129                | 354,281           |
| นครพนม                    | 56,713           | 47,773                 | 149,899           |
| มุกดาหาร                  | 157,119          | 144,527                | 477,777           |
| ยโสธร                     | 84,579           | 83,883                 | 280,403           |

ตารางที่ 2.3 แสดงพื้นที่ปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตมันสำปะหลังทั่วประเทศไทยสถิติปี  
2557/58 (ต่อ)

| จังหวัด/ภาค     | พื้นที่ปลูก(ไร่) | พื้นที่เก็บเกี่ยว(ไร่) | ผลผลิต(ตัน)      |
|-----------------|------------------|------------------------|------------------|
| นครราชสีมา      | 1,518,480        | 1,580,724              | 6,032,218        |
| ชัยภูมิ         | 423,745          | 535,883                | 1,404,789        |
| ขอนแก่น         | 199,870          | 180,138                | 577,221          |
| อำนาจเจริญ      | 88,560           | 53,067                 | 174,586          |
| อุบลราชธานี     | 401,875          | 401,561                | 1,365,801        |
| ศรีสะเกษ        | 143,828          | 141,351                | 495,398          |
| สุรินทร์        | 87,648           | 53,442                 | 169,687          |
| บุรีรัมย์       | 211,708          | 197,834                | 817,115          |
| มหาสารคาม       | 106,287          | 91,566                 | 287,962          |
| ร้อยเอ็ด        | 39,490           | 40,877                 | 128,218          |
| กาฬสินธุ์       | 250,187          | 197,819                | 671,394          |
| <b>ภาคกลาง</b>  | <b>2,252,763</b> | <b>2,228,466</b>       | <b>7,885,808</b> |
| ราชบุรี         | 71,288           | 74,175                 | 234,426          |
| เพชรบุรี        | 1,628            | 1,043                  | 3,447            |
| ประจวบคีรีขันธ์ | 1,087            | 773                    | 2,686            |
| สระบุรี         | 36,734           | 31,797                 | 115,314          |
| ลพบุรี          | 207,362          | 220,847                | 767,454          |
| ชัยนาท          | 62,743           | 63,021                 | 203,918          |
| สุพรรณบุรี      | 32,727           | 37,328                 | 121,200          |
| ปราจีนบุรี      | 156,482          | 150,038                | 498,784          |
| ฉะเชิงเทรา      | 288,880          | 275,890                | 1,059,720        |
| สระแก้ว         | 386,815          | 366,477                | 1,233,331        |
| จันทบุรี        | 250,590          | 228,584                | 799,050          |
| ระยอง           | 58,978           | 44,225                 | 187,811          |
| ชลบุรี          | 280,722          | 274,122                | 1,158,402        |
| กาญจนบุรี       | 416,727          | 460,146                | 1,530,105        |

ห้วมันสดที่ผลิตได้ในแต่ละปีนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเพื่อใช้ในการบริโภคและส่งออกสามารถสร้างรายได้ให้ประเทศไทยเป็นอันดับ 4 รองจากข้าว ยางพารา และ อ้อย จากสถิติการส่งออกผลิตภัณฑ์จากพืชเศรษฐกิจปี 2554 - 2558 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์จากพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย ปี 2554 - 2558

| พืชเศรษฐกิจ | ปี พ.ศ. 2554/55 | ปี พ.ศ. 2555/56 | ปี พ.ศ. 2556/57 | ปี พ.ศ. 2557/58 |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ข้าว        | 387,684         | 285,952         | 267,678         | 349,706         |
| ยางพารา     | 363,271         | 273,408         | 260,156         | 198,060         |
| อ้อย        | 110,793         | 124,634         | 87,197          | 89,240          |
| มันสำปะหลัง | 58,202          | 64,700          | 75,447          | 79,732          |
| ข้าวโพด     | 2,976           | 1,182           | 4,139           | 5,155           |

หน่วย : ล้านบาท

ประโยชน์จากห้วมันสำปะหลังจำแนกได้ 2 ประเภท ได้แก่ การบริโภคเป็นอาหารโดยตรง และการแปรรูปในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ก่อนนำมาบริโภค สำหรับประเภทบริโภคได้โดยตรงนั้นเป็นชนิดหวานสามารถนำมาประกอบอาหารได้เลย เช่นการนำไปต้ม เชื่อม เมื่อสุกแล้วสามารถนำมารับประทานได้เลย ชนิดขมห้วมันสดที่ผลิตได้ต้องนำมาแปรรูปในภาคอุตสาหกรรมก่อน และห้วมันสดที่ผลิตได้ในประเทศเกือบทั้งหมดจะนำมาแปรรูปเป็นวัตถุดิบเพื่อป้อนให้ภาคอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่าง ๆ ร้อยละ 50 แปรรูปเป็นมันเส้น ร้อยละ 9 แปรรูปเป็นมันอัดเม็ด ร้อยละ 35 แปรรูปเป็นแป้งมัน และร้อยละ 6 แปรรูปเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น ด้านพลังงานทางเลือก ผลผลิตที่ได้จากการแปรรูปแล้วสามารถส่งออกสร้างมูลค่าให้ประเทศได้มากถึง 79,732 ล้านบาท ในปี 2557/58 โดยประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากที่สุดในโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) แสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงผลผลิตกัญชามันสำปะหลังที่ส่งออกต่างประเทศและมูลค่า สถิติปี 2553 - 2557

| ปี พ.ศ  | ผลผลิตกัญชา (ล้านตัน) |         |            |           | มูลค่ารวม<br>(ล้านบาท) |
|---------|-----------------------|---------|------------|-----------|------------------------|
|         | มันเส้น               | แป้งมัน | มันอัดเม็ด | สาธูปแป้ง |                        |
| 2553/54 | 4.116                 | 1.740   | 0.785      | 0.025     | 50,462                 |
| 2554/55 | 3.693                 | 1.891   | 0.283      | 0.030     | 58,202                 |
| 2555/56 | 4.612                 | 2.235   | 0.577      | 0.023     | 64,700                 |
| 2556/57 | 5.755                 | 2.445   | 0.600      | 0.027     | 75,447                 |
| 2557/58 | 6.777                 | 4.105   | 0.230      | 0.028     | 79,732                 |

## 2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.3.1 เครื่องปลูกพืช

วินิต (2530) กล่าวว่า การปลูกพืชเป็นขั้นตอนหนึ่งของการเพาะปลูกซึ่งกระทำต่อจาก การเตรียมพื้นที่เพาะปลูกหรือกระทำไปพร้อม ๆ กับการเตรียมพื้นที่เพาะปลูก ขั้นตอนการทำงานของ เครื่องปลูกพืชเป็นไปเช่นเดียวกับการทำงานโดยคน ดังนั้นเครื่องปลูกพืชที่ดี จึงควรมีลักษณะ การทำงานดังนี้

- 1) เปิดหน้าดินให้มีความลึกเหมาะสมกับชนิดของเมล็ดพืชที่ปลูก
- 2) ปล่อยเมล็ดพืชได้ตามจำนวนที่ต้องการ
- 3) หยอดเมล็ดพืชลงในร่องดินที่เปิดอย่างเหมาะสม
- 4) กลบและอัดดินรอบ ๆ เมล็ดพืชให้แน่นพอเหมาะกับชนิดของพืชที่ปลูก
- 5) ไม่มีการทำลายเมล็ดพืชให้เสียหายจนไม่สามารถงอกได้

ชนิดของเครื่องปลูกพืชสามารถแบ่งออกได้ 4 ชนิดใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

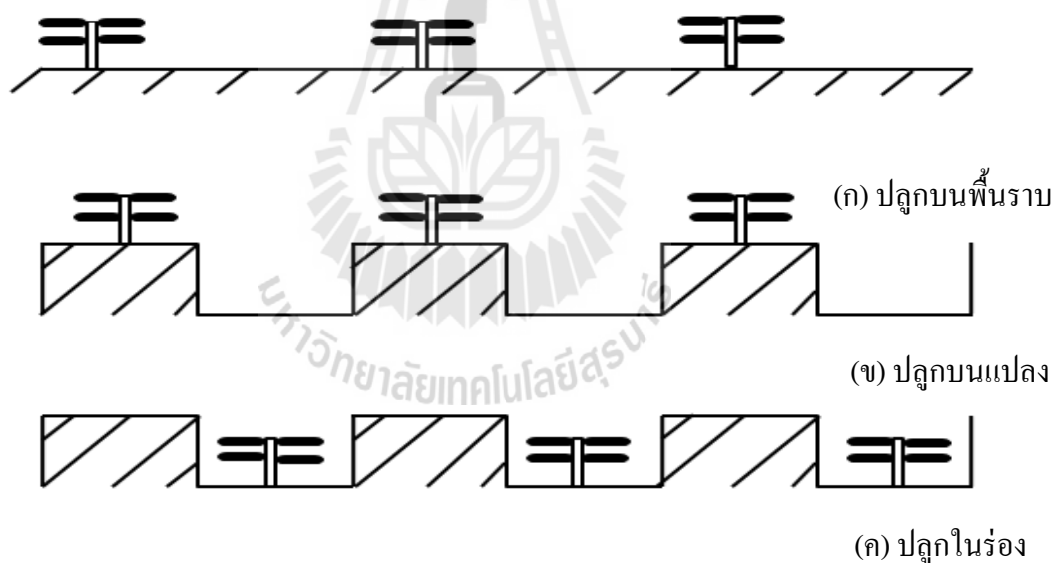
1) เครื่องปลูกพืชแบบระยะ (Row-crop planter) เป็นเครื่องปลูกที่ปลูกพืชเป็นแถวโดย มีระยะห่างระหว่างต้นที่ค่อนข้างแน่นอน การปลูกเป็นแถวช่วยให้สามารถใช้เครื่องจักรกลเกษตร เพื่อทำการกำจัดวัชพืชและเก็บเกี่ยวได้สะดวกภายหลังพืชที่ปลูกโดยเครื่องปลูกพืชเป็นระยะได้แก่ ข้าวโพด และถั่วเหลือง เป็นต้น

2) เครื่องปลูกพืชแบบหยอดเมล็ด (Seed drill) เป็นเครื่องปลูกที่ใช้สำหรับหยอดเมล็ด วัชพืชขนาดเล็กที่ต้องการปลูกเป็นแถวแต่มีจำนวนต้นในแต่ละแถวมาก และไม่จำเป็นต้องมี ระยะห่างระหว่างต้นที่แน่นอน

3) เครื่องปลูกพืชแบบหว่าน (Broadcast seeder) เป็นเครื่องมือสำหรับหว่านเมล็ดพืชให้กระจายบนพื้นที่เพาะปลูก โดยมีรูปแบบการปลูกที่ไม่แน่นอน

4) เครื่องปลูกเฉพาะงาน (Specialized planter) เป็นเครื่องปลูกที่ใช้ได้เฉพาะงาน เช่น เครื่องปลูกกล้า เครื่องดำนา เครื่องปลูกมันฝรั่ง เครื่องปลูกอ้อย เครื่องปลูกผักต่าง ๆ

ลักษณะของการปลูกเนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตก อุณหภูมิ และสภาพของดิน ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละท้องที่ลักษณะการปลูกพืชจึงแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 การปลูกพืชบนพื้นราบเหมาะสมสำหรับพื้นที่ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนตกที่เพียงพอต่อการปลูกพืช ตั้งแต่การปลูกไปจนถึงการเก็บเกี่ยวโดยไม่ต้องอาศัยน้ำในชลประทาน การปลูกพืชบนแปลงเหมาะสมสำหรับพื้นที่ ดินมีความชื้นมากเกินไปก่อนการปลูก หรือ พื้นที่ต้องการใช้น้ำชลประทานเข้าไปในร่อง การปลูกพืชในร่องเหมาะสมสำหรับพื้นที่ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนตกเป็นจำนวนจำกัดช่วงการเพาะปลูก การปลูกในร่องจะทำให้พืชได้รับความชื้นมากขึ้น เนื่องจากน้ำฝนจะไหลไปรวมกันในร่อง นอกจากนี้แล้วการปลูกในร่องยังสะดวกในการให้น้ำชลประทานกรณีพืชขาดน้ำอีกด้วย



รูปที่ 2.1 ลักษณะการปลูกบนพื้นราบ(ก) บนแปลง(ข) และในร่อง(ค)

ส่วนประกอบของเครื่องปลูกพืชโดยทั่วไปมีส่วนประกอบหลักสำคัญ ๆ 5 ส่วน ดังนี้

1) อุปกรณ์เปิดร่องดิน (Furrow opener) ทำหน้าที่เปิดหน้าดินให้เป็นร่องใช้สำหรับให้เมล็ดพืชกลบฝังและสัมผัสกับความชื้นในดินซึ่งอุปกรณ์เปิดร่องมี 3 ชนิด ได้แก่

- อุปกรณ์เปิดร่องแบบ Full หรือ Curved runner ที่เหมาะสำหรับใช้ในการเปิดร่องให้ลึกปานกลางในดินที่อุดมสมบูรณ์ปราศจากเศษหญ้าหรือวัชพืช ถ้าเป็นพื้นที่ซึ่งมีวัชพืชมากและเศษกรวดมากให้ใช้แบบ Stub runner จะเหมาะสมกว่า

- อุปกรณ์เปิดร่องแบบ Hoe-type ที่เหมาะสำหรับเปิดร่องดินที่มีกรวด หิน หรือรากพืชปนอยู่มาก สปริงที่ติดอยู่จะช่วยยกอุปกรณ์เปิดร่องในกรณีกระทบหินหรือต่อไม้ใหญ่

- อุปกรณ์เปิดร่องแบบจาน (Disk-type Furrow opener) เหมาะสำหรับใช้กับพื้นดินที่อยู่ในสภาพค่อนข้างแข็งหรือดินแข็ง อุปกรณ์เปิดร่องดินแบบนี้มีทั้งจานเดี่ยวและจานคู่แบบจานเดี่ยวสามารถเปิดร่องได้ลึกกว่า อุปกรณ์เปิดร่องแบบจานคู่นิยมใช้กับการปลูกเมล็ดซึ่งไม่ต้องการฝังเมล็ดลงไปดินลึกมาก

2) อุปกรณ์กำหนดจำนวนเมล็ด (Seed metering device) ทำหน้าที่กำหนดจำนวนเมล็ดที่หยอดลงไปดินแต่ละครั้งเพื่อให้อัตราการปลูกที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิด ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูงสุด ดังนั้นอุปกรณ์กำหนดจำนวนเมล็ดจึงนับได้ว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากของเครื่องปลูก สำหรับเครื่องปลูกเป็นระยะนิยมใช้กันมากเป็นแบบจานปล่อยเมล็ด (Seed plate) ซึ่งถ้านำเมล็ดจากถังเก็บปล่อยลงท่อนำเมล็ด จานปล่อยเมล็ดมี 3 ชนิด คือ จานปล่อยเมล็ดแบบแนวราบ จานปล่อยเมล็ดแนวเอียง และจานปล่อยเมล็ดในแนวโค้ง นอกจากอุปกรณ์กำหนดเมล็ดแบบจานแล้ว ยังมีอุปกรณ์กำหนดเมล็ดแบบอื่น ๆ ซึ่งกับเครื่องปลูกพืชแบบระยะคือ อุปกรณ์กำหนดเมล็ดแบบกีบ (Finger pickup) อุปกรณ์กำหนดเมล็ดแบบใช้ลมหรืออากาศ (Air device) และอุปกรณ์กำหนดเมล็ดโดยปริมาตร (Volume Metering device) อุปกรณ์กำหนดจำนวนเมล็ดสำหรับเครื่องหยอดนิยมใช้ 2 แบบ คือ แบบล้อร่อง (Fluted wheel) ซึ่งแบบนิยมใช้มากที่สุดและแบบจานตักสองด้าน (Double-run Metering device)

3) ท่อนำเมล็ด (Delivery tube) ทำหน้าที่นำเมล็ดที่ถูกปล่อยออกจากอุปกรณ์กำหนดจำนวนเมล็ดลงไปร่องดินที่เปิดไว้โดยอุปกรณ์เปิดร่องดิน ท่อนำเมล็ดที่ใช้กันอยู่มีทั้งแบบที่เป็นโลหะหรือพลาสติก และมีทั้งปล่อยให้เมล็ดตกลงโดยแรงโน้มถ่วงของโลก และแบบใช้กำลังขับเคลื่อน แบบที่ใช้กำลังขับเคลื่อนใช้สำหรับพืชที่มีรูปร่างเมล็ดแปลก ๆ

4) อุปกรณ์กลบดินและอัดดิน (Covering device) ทำหน้าที่กลบดิน ฝังกลบเมล็ดพืชและอัดดินรอบ ๆ เมล็ดพืชให้ความหนาแน่นตามความเหมาะสมของพืช เพื่อให้สัมผัสกับความชื้นทำให้เกิดการงอก และเจริญเติบโตต่อไป อุปกรณ์กลบดินมีทั้งแบบโซ่ แบบแผ่นลาก และแบบล้อกลบและอัดดิน (Press wheel)

5) ถังเก็บ (Hopper) ถังเก็บเมล็ดของเครื่องปลูกโดยทั่วไปทำด้วยโลหะหรือพลาสติกสำหรับเครื่องปลูกซึ่งทำการปลูกและให้ปุ๋ยในการทำงานครั้งเดียวกันจะมีทั้งถังเก็บเมล็ดและถังปุ๋ย

ระบบขับเคลื่อนของเครื่องปลูก โดยทั่วไปมีระบบขับเคลื่อนอยู่ 2 แบบ คือ ขับโดยล้อขับเคลื่อนของเครื่องปลูกและขับเคลื่อนโดยเพลาลำเลียงกำลังของรถแทรกเตอร์

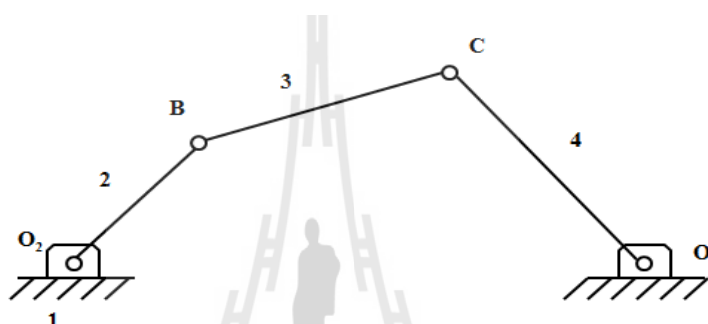
1) การขับเคลื่อนของเครื่องปลูกเป็นระบบขับเคลื่อนแบบง่าย ๆ และนิยมใช้มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วในช่วงความเร็วที่ใช้ในการทำงานไม่มีผลต่ออัตราการปลูกมากนัก การเปลี่ยนแปลงอัตราการปลูกของเครื่องปลูกซึ่งกลไกการปล่อยเมล็ดถูกขับเคลื่อนโดยล้อขับเคลื่อนของเครื่องปลูก สามารถกระทำโดยการเปลี่ยนแปลงอัตราทดของเฟืองระหว่างกลไกปล่อยเมล็ดและล้อขับเคลื่อน

2) อัตราการปลูกของเครื่องปลูกซึ่งกลไกการปล่อยเมล็ดขับเคลื่อน โดยเพลาลำเลียงกำลังของรถแทรกเตอร์จะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อใช้เกียร์ใดเกียร์หนึ่งของรถแทรกเตอร์ในการขับเคลื่อนแต่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปลี่ยนเกียร์ในการขับเคลื่อน ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงอัตราการปลูกจึงสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนเกียร์ของรถแทรกเตอร์หรือเปลี่ยนการทดเฟืองที่ใช้ในการขับเคลื่อนกลไกปล่อยเมล็ด

การปรับเครื่องปลูกพืชมีการปรับต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ การปรับระยะห่างระหว่างแถว การปรับอัตราการปลูก การปรับความลึกของการปลูก การปรับปริมาณดินที่กลบเมล็ด และการปรับความหนาแน่นของการอัดดินรอบเมล็ดที่ปลูก วิธีการปรับสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ของเครื่องปลูกเหล่านี้แสดงอยู่ในคู่มือการใช้งาน แต่ผู้ใช้เครื่องจักรกลเกษตรต้องเป็นผู้ตัดสินใจว่าทำการปรับเมื่อไรและมากน้อยเพียงใด ต้องทราบถึงสภาพของดิน ความชื้น อุณหภูมิ ความอุดมสมบูรณ์ของดินตลอดจนข้อมูลอื่น ๆ เพื่อการปรับแต่งเป็นไปด้วยความเหมาะสม ความเร็วในการขับเคลื่อนของเครื่องปลูกมีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานในพื้นที่เมื่อความเร็วในการขับเคลื่อนเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ความสามารถในการทำงานเพิ่มขึ้นแต่จะทำให้อุปกรณ์เปิดร่องดินเปิดดินได้ลึกน้อยลง นอกจากนี้แล้วอัตราการปล่อยเมล็ดจากอุปกรณ์กำหนดจำนวนเมล็ดก็จะลดลงสำหรับเครื่องปลูกโดยทั่วไปการปลูกด้วยความเร็วสูงก็สามารถทำได้ถ้ายอมรับข้อเสียที่เกิดขึ้นได้ และควรรักษาระดับความเร็วในการขับเคลื่อนให้คงที่ สิ่งที่มีผลสำคัญที่สุดต่อสมรรถนะของเครื่องปลูกแบบที่กลไกการปล่อยเมล็ดขับเคลื่อนโดยล้อขับเคลื่อนของเครื่องปลูก ได้แก่ รัศมีของล้อขับเคลื่อน ในกรณีล้อขับเคลื่อนเป็นล้อยางความดันในลมยางเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อรัศมีการหมุน

### 2.3.2 กลไก

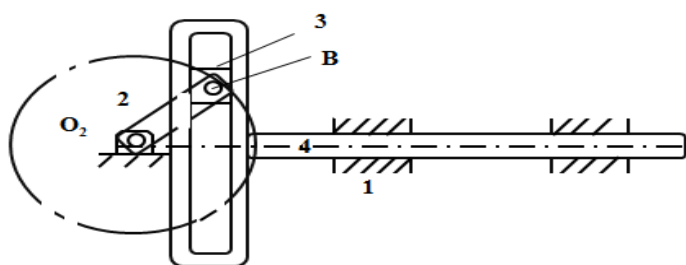
มงคล (2545) กล่าวว่า กลไก (Mechanism) คือการบังคับการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนต่างๆ ผ่านแนวการถ่ายทอดกำลังจากตัวขับ (Driver) ไปยังตัวตาม (Driven) การถ่ายทอดจะต้องผ่านแนวหนึ่งเสมอและกลไกจะต้องอยู่ในรูปแบบที่แน่นอนและมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันจะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่แบบแนวระนาบ แบบการหมุน และการเคลื่อนที่แบบทรงกลม ซึ่งลักษณะแนวการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับแต่ละชนิดของกลไก กลไกแบบข้อต่อเชื่อมสี่ชิ้น (Four - Bar Linkages) ลิงค์ 1 เป็นโครงยึด ลิงค์ 2 และลิงค์ 4 เป็นข้อเหวี่ยง หรือตัวโยก ลิงค์ 3 เป็นก้านส่งกำลัง ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ชุดกลไกข้อต่อเชื่อมสี่ชิ้น Four-Bar Linkage

กลไก Four-Bar Linkages ชนิดพิเศษ กล่าวคือ ลิงค์ 4 แทนที่จะเป็นข้อเหวี่ยงปกติกลับเป็นชิ้นส่วนที่มีความยาวไม่สิ้นสุด ดังนั้น  $O_2$  จึงมีตำแหน่งอยู่ที่ Infinity ไปด้วย ทำให้การเคลื่อนที่ของลิงค์ 4 เป็นแบบเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในลักษณะชักไป - กลับ เท่านั้น

กลไก Scotch Yoke กลไกชนิดนี้อาศัยหลักการทำงานของ Slider-Crank Mechanism มาดัดแปลงเมื่อให้ก้านสูบลิงค์ 3 ของ Slider-Crank Mechanism ยาวไม่มีที่สิ้นสุดก็จะได้เครื่องกลไกชนิดนี้ Scotch Yoke Mechanism ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กลไกแบบ Scotch Yoke Mechanism

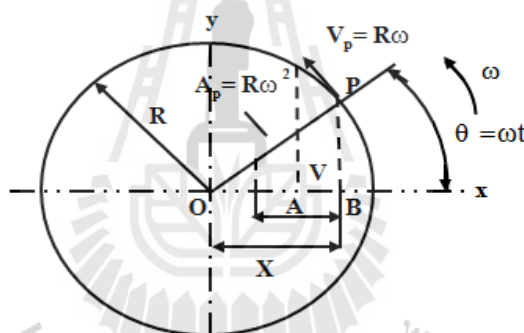
หลักการทำงานของเครื่องกลไกนี้ใช้ทำเครื่องมือทดสอบเกี่ยวกับการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion

การเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic เมื่อวัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และมีความเร่งเป็นสัดส่วนกับระยะทางการเคลื่อนที่แต่ความเร่งนี้มีเครื่องหมายตรงกันข้ามก็ถือว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (SHM) โดยมีสมการ ดังนี้

$$A = -kx \quad (2.1)$$

โดยที่

|     |   |                             |
|-----|---|-----------------------------|
| $A$ | = | ความเร่ง ( $\text{m/s}^2$ ) |
| $x$ | = | ระยะทาง (mm)                |
| $k$ | = | ค่าคงที่                    |



รูปที่ 2.4 การ (Projection) ของจุด P ที่ตกลงบนแกน X

จากรูปที่ 2.4 ในรูปให้ P เป็นจุดหนึ่งเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่ให้จุด B เป็นจุดที่ตกตั้งฉาก (Projection) ของจุด P ที่ตกลงบนแกน X ดังนั้นระยะที่จุด B จะเคลื่อนที่ออกจากจุด O ก็คือ

$$X = R \cos \omega t \quad (2.2)$$

และความเร็วที่จุด B คือ

$$V = \frac{ds}{dt} = -R \sin \omega t \quad (2.3)$$

ส่วนความเร่งของจุด B ก็คือ

$$A = \frac{d^2s}{dt^2} = -R\omega^2 \cos \omega t \quad (2.4)$$

ดังนั้น

$$A = -\omega^2 x \quad (2.5)$$

|        |          |   |                               |
|--------|----------|---|-------------------------------|
| โดยที่ | X        | = | ระยะทางการเคลื่อนที่ (mm)     |
|        | V        | = | ความเร็ว (mm/s)               |
|        | A        | = | ความเร่ง (mm/s <sup>2</sup> ) |
|        | R        | = | รัศมี (mm)                    |
|        | $\omega$ | = | ความเร็วเชิงมุม (rpm)         |

### 2.3.3 การออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร

พุงศักดิ์ (2552) กล่าวว่า เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ใช้เพื่อส่งผ่านโมเมนต์บิดและความเร็วรอบ เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด แรงคด หรือแรงหลาย ๆ อย่างพร้อมกัน และแรงเหล่านี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การคำนวณออกแบบเพลาจึงต้องอาศัยหลักการของการแตกหักเพราะความล้า เนื่องจากความเค้นผสมนอกจากนี้ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาที่เกิดจากน้ำหนักของเพลา เพื่อง ล้อสายพาน และอื่น ๆ ที่ติดอยู่บนเพลา ก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดของเพลา วิธีการออกแบบเพลาตามเกณฑ์สมาคมวิศวกรรมเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society of Mechanical Engineering, ASME) การคำนวณหาขนาดของเพลาส่งกำลังโดยใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดเป็นหลัก แต่วิธีการนี้ไม่ได้คำนึงถึงความเข้มของความเค้นและความล้าที่เกิดขึ้นบนเพลา กรณีเพลาทอว์ แสดงดังนี้

ความเค้นดึงหรือความเค้นกด

$$\sigma_a = \frac{4F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \quad (2.6)$$

ความเค้นดัด

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{32Md}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.7)$$

ความเค้นเฉือน

$$\tau = \frac{Tr}{j} = \frac{16Td}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.8)$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวมกันได้ดังนี้

$$\sigma_a = \sigma_a + \sigma_b \quad (2.9)$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดความเค้นใช้งาน  $\tau_d$  สามารถถูกกำหนดให้อยู่ในรูปของ

$$\tau_d = \frac{S_{sy}}{N} = \left( \left( \frac{\sigma}{2} \right)^2 + \tau^2 \right)^{1/2} \quad (2.10)$$

จัดรูปสมการจะได้สมการสำหรับการหาขนาดเพลาดังนี้

$$d = \left\{ \frac{16}{\pi \tau_d} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2} \right\}^{1/3} \quad (2.11)$$

|       |          |   |                                  |
|-------|----------|---|----------------------------------|
| เมื่อ | $C_m$    | = | ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด  |
|       | $C_t$    | = | ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด  |
|       | $\tau_d$ | = | ความเค้นเฉือนใช้งาน ( $N/mm^2$ ) |
|       | $T$      | = | โมเมนต์บิดจากการส่งกำลัง (Nm)    |

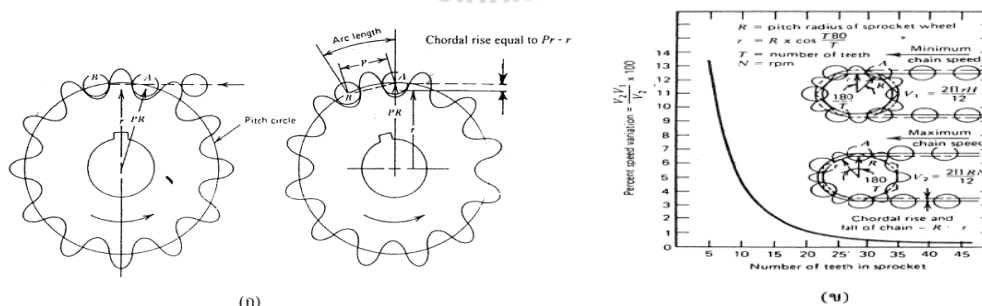
โซ่ส่งกำลัง การส่งกำลังด้วยโซ่คล้ายการส่งกำลังด้วยสายพานนิยมใช้ในระบบส่งกำลังของเครื่องจักรกลเกษตรเพราะมีข้อดีหลายประการ เช่น มีอัตราทดที่แน่นอน ไม่มีการสลิป ขณะส่งกำลังชนิดของโซ่ส่งกำลัง (Power transmission chain) แบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

1) โซ่โรลเลอร์ (Roller chains) เป็นที่นิยมในการส่งกำลังของเครื่องจักรกลเกษตรส่วนประกอบหลัก ๆ ของโซ่โรลเลอร์ คือ โรลเลอร์ (Roller) แผ่นต่อ (Link) และสลัก (Pin) ขนาดของโซ่โรลเลอร์ถูกกำหนดด้วยระยะพิทช์ ความกว้างของโซ่ และเส้นผ่านศูนย์กลางของโรลเลอร์

2) โซ่บุช (Bushed chains) โซ่ชนิดนี้แตกต่างจากโซ่โรลเลอร์ตรงที่ไม่มีโรลเลอร์จึงทำให้สามารถออกแบบให้บุชและสลักมีขนาดใหญ่ขึ้น และสามารถรับแรงได้มากกว่า และแข็งแรงกว่าโซ่โรลเลอร์ที่มีระยะพิทช์เท่ากัน เนื่องจากโซ่บุชมีเสียงดังในการใช้งานจึงไม่ค่อยนิยมใช้

3) โซ่ฟัน (toothed/leaf chains) เป็นโซ่ที่ประกอบด้วยแผ่นต่อหลายแผ่นเรียงซ้อนกันและยึดติดกันด้วยสลักในการทำงานมีเสียงเบา จึงมีชื่อเรียกว่า Silent chain

การส่งกำลังด้วยโซ่ ขณะที่โซ่เคลื่อนที่ผ่านฟันเฟืองของโซ่ (Sprocket) ระยะรัศมีที่วัดจากจุดศูนย์กลางของเฟืองโซ่ถึงจุดกึ่งกลางของข้อโซ่จะมีขนาดไม่คงที่ ซึ่งแตกต่างจากลักษณะการจับสายพานบนล้อสายพานลักษณะการยกตัวขึ้นและลดต่ำลงของตำแหน่งจุดกึ่งกลางของข้อโซ่แต่ละอันนี้ ถูกเรียกว่า Chordal action ดังแสดงในรูปที่ 2.5 (ก) Chordal action จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วของข้อโซ่ โดยการเปลี่ยนแปลงของความเร็วนี้จะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนฟันของเฟืองโซ่มีเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5 (ข)



รูปที่ 2.5 การขบกันของโซ่โรลเลอร์กับเฟืองโซ่ (ก) chordal action ของโซ่โรลเลอร์

(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของการเปลี่ยนแปลงความเร็วกับจำนวนฟันเฟืองโซ่

(ที่มา: Krutz et al, 1984 อ้างถึงใน พยุงศักดิ์ จุลยเสน, 2552, หน้า 194)

ในการส่งกำลังด้วยโซ่ที่มีความเร็วคงที่  $v$  แรงดึงที่เกิดขึ้นในโซ่จะประกอบด้วยแรงในแนวสัมผัส  $F_t$  และแรงหนีศูนย์กลางในแนวของข้อต่อโซ่  $F_{ct}$

ความเร็วของโซ่สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$v = \pi d n \text{ หรือ } pzn \quad (2.12)$$

โดยที่  $d$  = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเฟืองโซ่ (mm)

$z$  = จำนวนฟันของเฟืองโซ่

$n$  = ความเร็วรอบของเฟืองโซ่ (rpm)

ดังนั้น แรงดึงในแนวสัมผัสสามารถคำนวณได้จากกำลังที่ส่ง  $w_p$  และความเร็วของโซ่ ดังนี้

$$F_t = \frac{w_p}{v} = \frac{2\pi nT}{pzn} = \frac{2T}{d} \quad (2.13)$$

โดยที่  $T$  = โมเมนต์บิด (Nm)

ส่วนแรงหนีศูนย์กลางของข้อโซ่ที่เกิดขึ้นในแนวรัศมีของเฟืองโซ่ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ดังสมการ

$$F_c = m r \omega^2 = \frac{m v^2}{r} = m v^2 \sin \alpha \quad (2.14)$$

โดยที่  $m$  = มวลของโซ่ต่อความยาว 1 m , (kg)

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

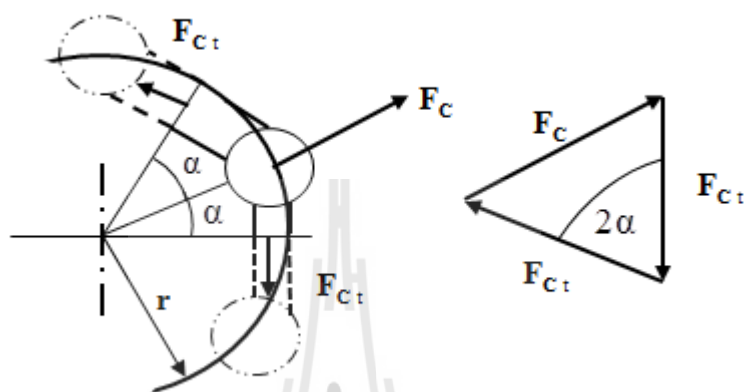
$\alpha$  = มุมของเฟืองโซ่ (องศา)

เมื่อแยกแรง  $F_c$  ออกเป็นแรงย่อยในแนวของข้อต่อโซ่  $F_{ct}$  ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{0.5 F_c}{F_{ct}} = \sin \alpha \quad (2.15)$$

ดังนั้น แรงหนีศูนย์กลางในแนวของข้อต่อโซ่ สามารถหาได้จาก สมการดังนี้

$$F_{ct} = \frac{F_c}{2\sin\alpha} = mv^2 \quad (2.16)$$



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างแรง  $F_c$  และ  $F_{ct}$

การเลือกใช้โซ่โรลเลอร์ในการเลือกจำเป็นต้องทราบข้อมูลเบื้องต้นบางประการ คือ กำลังที่ใช้ส่งความเร็วรอบของเพลาขับและเพลาตาม และสภาวะการใช้งาน สำหรับงานทางการเกษตรบ่อยครั้งโซ่โรลเลอร์ต้องทำงานในสภาวะที่ค่าความเค้นการใช้งานมีค่าสูงกว่าความเค้นที่ออกแบบไว้และสภาวะสิ่งแวดล้อมของการทำงานที่สกปรก ดังนั้นควรพิจารณาการใช้งานของโซ่สำหรับเครื่องจักรกลเกษตรให้น้อยกว่า 2,000 ชั่วโมง แทนที่เป็น 15,000 ชั่วโมงตามคำแนะนำของผู้ผลิตการเลือกโซ่มี 10 ขั้นตอนดังนี้

1) จำนวนฟันของพีเนียน ควรเป็นเลขคู่และจำนวนข้อโซ่ควรเป็นเลขคู่ ถ้าการขับโซ่เป็นไปอย่างราบเรียบ พีเนียนควรมีฟันไม่น้อยกว่า 17 ฟัน แต่ถ้าการขับมีการกระตุกเล็กน้อย พีเนียนควรมีฟันอย่างน้อย 23 ฟัน สำหรับการขับโซ่โดยทั่วไปจะยึดอายุการใช้งานของโซ่ พีเนียนควรมีฟัน 19 ฟัน หรือ 21 ฟัน

2) ตัวประกอบใช้งาน สำหรับแรงกระทำ  $N_{s1}$  สำหรับงานทางการเกษตรควรเพิ่มตัวประกอบใช้งานสำหรับสภาวะสิ่งแวดล้อม  $N_{s2}$

3) อัตราทด คำนวณจากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$m_w = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.17)$$

โดยที่  $n_1$  คือ ความเร็วรอบของเฟืองรอบสูง (rpm)  
 $n_2$  คือ ความเร็วรอบของเฟืองรอบต่ำ (rpm)

4) จำนวนฟันของเฟืองโซ่ใหญ่ ค้นหาจำนวนฟันของเฟืองโซ่ใหญ่โดยใช้การคูณจำนวนฟันของเฟืองด้วยอัตราทด แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าจำนวนฟันของเฟือง ถ้าค่าจำนวนฟันที่ได้ไม่เหมาะสม ก็ให้เลือกใช้เฟืองที่มีจำนวนฟันมากขึ้น จำนวนฟันเฟืองของเฟืองโซ่ใหญ่ไม่ควรมากกว่า 120 ฟัน

5) กำลังที่เลือก คำนวณได้จากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$P = w_p N_{s1} N_{s2} \quad (2.18)$$

โดยที่  $w_p$  = กำลังที่ส่ง (w)  
 $N_{s1}$  = ตัวประกอบการใช้งานสำหรับแรงกระทำ  
 $N_{s2}$  = ตัวประกอบการใช้งานสำหรับสภาวะสิ่งแวดลอม

6) ขนาดของโซ่ เลือกขนาดของโซ่โดยพยายามเลือกที่ใช้โซ่ที่มีระยะพิชชั่นน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ และให้โซ่มีอายุใช้งานประมาณ 2,000 ชั่วโมง

7) ค่าความปลอดภัย โดยตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของโซ่ได้ตามสมการ ดังต่อไปนี้

$$N_b = \frac{F_b}{F} \quad (2.19)$$

โดยที่  $F_b$  = แรงที่แตกหักของโซ่ (N)  
 $F$  = แรงดึงในโซ่ (N)  
 $N_b$  = ค่าความปลอดภัย สภาวะใช้งานปกติควรมีค่าระหว่าง 7-15

8) ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่โดยประมาณ โดยทั่วไปนั้นจะใช้ที่ค่าของระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเฟืองโซ่ประมาณ 30-50 เท่าของระยะพิตช์ของโซ่ ค่าระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเฟืองโซ่ที่แนะนำ

9) จำนวนข้อโซ่ สามารถคำนวณหาได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$x = \frac{2C}{p} + \frac{Z+z}{2} + \left( \frac{Z-z}{2\pi} \right)^2 \frac{p}{C} \quad (2.20)$$

โดยที่

x = จำนวนข้อโซ่

C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่ (mm)

P = ระยะพิตช์ของโซ่ (mm)

z = จำนวนฟันของพีเนียน

Z = จำนวนฟันของเฟืองโซ่

10) ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่ สามารถคำนวณหาได้จากสมการดังนี้

$$C = \frac{p}{4} \left( x - \frac{Z+z}{2} + \sqrt{\left\{ x - \frac{Z+z}{2} \right\}^2 - 2 \left\{ \frac{Z-z}{\pi} \right\}^2} \right) \quad (2.21)$$

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง มีรายละเอียดสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

รุ่งเรืองและคณะ (2553) ดำเนินการวิจัยการพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลัง โดยเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างส่วนบน ชุดตัดท่อนพันธุ์ ชุดปลูก ชุดโรยปุ๋ย ชุดยกร่อง และระบบส่งกำลัง ทุกส่วนประกอบถูกติดตั้งบน โครงสร้างส่วนล่าง ใช้รถแทรกเตอร์ 60-70 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ผลการทดสอบในแปลงทดสอบที่ความเร็วของรถแทรกเตอร์ 1.5, 1.7 และ 2.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่า เครื่องปลูกมันสำปะหลังมีความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานระหว่าง 0.55-0.74 ไร่ต่อชั่วโมง และ ร้อยละ 70 กับ ร้อยละ 86 ตามลำดับ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 6-11.6 ลิตรต่อไร่ ความสามารถในการปลูกตั้ง ร้อยละ 17.3 และ ร้อยละ 38.2 การปลูกฝังดิน ร้อยละ 34.6 และ ร้อยละ 39.8 ท่อนพันธุ์ที่หายระหว่างแถวปลูก ร้อยละ 7.6 และ ร้อยละ 10.8 ความเสียหายของท่อนพันธุ์ปลูก ร้อยละ 8.5 และ ร้อยละ 15 ผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า คุณภาพการปลูกมันสำปะหลังของเครื่องต้นแบบยังมีค่าค่อนข้างต่ำ

เชิดศักดิ์และคณะ (2555) ดำเนินการวิจัยเครื่องปลูกมันสำปะหลังประกอบด้วย ชุดปาดหน้าดิน ชุดยกร่อง ชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ ชุดปลูก และชุดส่งกำลังใช้ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ ผลการทดสอบพบว่า เครื่องปลูกมันสำปะหลังใช้ได้ดีที่ ระดับเกียร์ 1 ค่า ความเร็ว 1.94 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงาน 0.226 ไร่ต่อชั่วโมง ความสามารถในการปลูกตั้ง ร้อยละ 90 ผลการทดสอบ พบว่า ประสิทธิภาพเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบมีค่าต่ำมากควรมีการพัฒนาต่อไป

ประสาธและคณะ (2556) ดำเนินการวิจัยการออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ โดยมี 2 แบบ คือแบบ 1 แถว และแบบ 2 แถว มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนโรยปุ๋ยรองพื้น ส่วนยกร่อง ส่วนป้อนและส่วนกำหนดระยะท่อนพันธุ์ และส่วนปักท่อนพันธุ์ มีหลักการทำงานโดยเครื่องจะโรยปุ๋ยรองพื้นแล้วยกร่องกลบ และปักท่อนพันธุ์บนร่องตามระยะระหว่างต้นที่กำหนด ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการปักท่อนพันธุ์และความเสียหายของตาท่อนพันธุ์พบว่า ล้อปักแบบยางร่อง V สามารถทำงานได้ดีกว่าล้อปักแบบยางเรียบ ความเร็วรอบล้อปักที่เหมาะสมประมาณ 450 รอบต่อนาที (ล้อปักมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร) และแรงกดของล้อปักต่อท่อนพันธุ์ประมาณ 29.43 นิวตัน ซึ่งผลการทดสอบการสมรรถนะการทำงานในแปลงของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง โดยใช้รถแทรกเตอร์ต้นกำลังขนาด 37 แรงม้า สำหรับเครื่องแบบ 1 แถว และรถแทรกเตอร์ขนาด 50 แรงม้าสำหรับเครื่องแบบ 2 แถว พบว่ามีความสามารถในการทำงาน 1 และ 2 ไร่ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ที่ระยะการปลูก 50 x 120 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ร้อยละ 80 และ ร้อยละ 75 ตามลำดับ

และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.05 และ 2.55 ลิตรต่อไร่ ท่อนพันธุ์ที่ปักได้จากเครื่องต้นแบบจะเอียงตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ประมาณ 60 - 80 องศา ประสิทธิภาพการปักประมาณ ร้อยละ 93 ถึง ร้อยละ 95 และมีอัตราการงอกประมาณ ร้อยละ 90 ไม่แตกต่างจากการใช้แรงงานคน เมื่อวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า จุดคุ้มทุนการทำงานที่ 103 ไร่ต่อปี และ 149.48 ไร่ต่อปี ตามลำดับ ที่อายุการใช้งานเครื่อง 5 ปี โดยเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนในการปลูกมันสำปะหลัง

โดยสรุป จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น เครื่องปลูกมันสำปะหลังมีส่วนประกอบที่สำคัญจะประกอบด้วย ชุดยกทรงปลูก ชุดตัดท่อนพันธุ์ และชุดปลูกโดยใช้รถแทรกเตอร์ขนาด CATEGORY II กำลังประมาณ 40 - 100 แรงม้า เป็นต้นกำลังที่ใช้ในการลากเครื่องปลูกมันสำปะหลังสามารถยกทรงและปลูกได้ในขั้นตอนเดียว ทำให้สามารถลดกระบวนการต่าง ๆ ที่ใช้แรงงานคนได้ เช่น กระบวนการตัดท่อนพันธุ์ กระบวนการปลูกโดยการปักท่อนพันธุ์ในแนวตั้ง และมีระยะปลูกที่ค่อนข้างแม่นยำ การทำงานได้รวดเร็วขึ้น สามารถส่งผลให้เกษตรกรปลูกมันสำปะหลังได้ทันต่อฤดูกาล ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานคน และสามารถยกระดับการปลูกมันสำปะหลังของประเทศในภาพรวมได้อีกด้วย



## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 บทนำ

ในบทนี้กล่าวถึง การวิจัยหามุมไบมัดที่เหมาะสมในการออกแบบมุมไบมัดตัดท่อนพันธู์ ซึ่งดำเนินการทดสอบในห้องปฏิบัติการ รายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ เกณฑ์การออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบ ขั้นตอนการออกแบบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบเครื่องต้นแบบในภาคสนาม วิธีการดำเนินการทดสอบเครื่องต้นแบบ ค่าชี้ผลของการทดสอบ และการประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 3.2 วิธีดำเนินการทดสอบเพื่อหามุมไบมัดตัดท่อนพันธู์ที่เหมาะสม

วิธีดำเนินการทดสอบการหามุมไบมัดที่ใช้ในการตัดท่อนพันธู์มันสำปะหลังปลูกประกอบด้วย เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ เกณฑ์การทดสอบ และขั้นตอนการทดสอบ โดยทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

##### 3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ดำเนินการวิจัย

- 1) เครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกล (Universal Testing Machine: UTM) ขนาด 500 นิวตัน ยี่ห้อ Instron รุ่น Merlin Series 5500
- 2) ปากกาจับไบมัด
- 3) ไบมัดขนาด กว้าง x ยาว x หนา 40 mm x 150 mm x 5 mm จำนวน 5 ไบมัด มุมคมแต่ละใบ 20, 30, 38, 40 และ 45 องศา ตามลำดับ ลักษณะหน้าตัดไบมัดแบบเส้นตรง
- 4) แท่นรองท่อนพันธู์
- 5) เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ยี่ห้อ Insize รุ่น 1205 - 150s 6 in/150 mm

##### 3.2.2 เกณฑ์การทดสอบเพื่อหามุมไบมัด

เกณฑ์การทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

- 1) เพื่อหาแรงตัดและความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นของแต่ละมุมไบมัดที่เกิดขึ้น ในระหว่างการตัดท่อนพันธู์มันสำปะหลัง

### 3.2.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

- 1) วัดขนาดท่อนพันธุ์ที่ทำการทดสอบ โดยท่อนพันธุ์ที่นำมาทดสอบมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 10 วัน นับจากวันที่ตัดออกมาจากแปลง
- 2) นำท่อนพันธุ์มาตัดด้วยเครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกล (UTM) เพื่อหาแรงตัดที่เกิดขึ้นในระหว่างการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังของแต่ละมุมไบมัดที่ทำการทดสอบที่ความเร็วการตัดของไบมัด 25 มิลลิเมตรต่อนาที แสดงดังรูปที่ 3.1
- 3) นำแรงตัดที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณหาความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นกับแต่ละมุมไบมัดที่ทำการทดสอบโดยการคำนวณจากสมการดังนี้

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (3.1)$$

เมื่อ

|        |   |                                    |
|--------|---|------------------------------------|
| $\tau$ | = | ความเค้นเฉือน (N/mm <sup>2</sup> ) |
| F      | = | แรงตัดสูงสุด (N)                   |
| A      | = | พื้นที่ (mm <sup>2</sup> )         |

- 4) เลือกมุมไบมัดที่ใช้ความเค้นเฉือนระหว่างการตัดท่อนพันธุ์น้อยที่สุดที่ได้จากการคำนวณ เพื่อนำไปสร้างเป็นไบมัดที่ติดกับกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ปลูกของเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 3.1 การทดสอบการตัดท่อน้ำมันสำปะหลังด้วยเครื่องทดสอบทางกล (UTM)

### 3.3 วิธีดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ

วิธีดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบประกอบด้วย วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบและเกณฑ์การออกแบบ มีรายละเอียดดังนี้

#### 3.3.1 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องต้นแบบ

- 1) เหล็กรูปพรรณต่าง ๆ สำหรับสร้างโครงสร้างโดยรวม ได้แก่
  - เหล็กกล่อง
  - เหล็กข้ออ้อย
  - เหล็กฉาก
  - เหล็กแผ่นดำ และอื่น ๆ
- 2) วัสดุสร้างสำหรับระบบส่งกำลัง ได้แก่
  - เฟืองโซ่
  - โซ่
  - คลับลูกปืน
  - เพลา และอื่น ๆ

- 3) วัสดุสำหรับจับยึดชิ้นงาน ได้แก่
- Nut, Bolt, ลิ่ม, สลัก และอื่น ๆ

### 3.3.2 เครื่องมือที่ใช้สร้างเครื่องต้นแบบ

- 1) เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
- 2) เครื่องตัดเหล็ก
- 3) เครื่องเจาะชิ้นงาน
- 4) เครื่องกลึงชิ้นงาน
- 5) เครื่องเจียรระโน
- 6) ชุดเครื่องมือช่าง เครื่องมือวัด และอื่น ๆ

### 3.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบเครื่องต้นแบบในภาคสนาม

- 1) รถแทรกเตอร์ MASSEY FERGUSON รุ่น 4225 กำลังเครื่องยนต์ 60 HP
- 2) รถแทรกเตอร์ YANMAR รุ่น EF 494T กำลังเครื่องยนต์ 49 HP
- 3) นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ RHYTHM
- 4) เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ WANT รุ่น WT22002NE
- 5) Strain indicator ยี่ห้อ VISHAY P3
- 6) เครื่องวัดมุม ยี่ห้อ SHINWA
- 7) เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ยี่ห้อ Insize รุ่น 1205-150s 6in/150mm
- 8) เครื่องมือวัดคุณสมบัติของดิน ยี่ห้อ Eijkelkamp
- 9) Load cell ยี่ห้อ HBM
- 10) ถังน้ำมันสำรอง
- 11) เทปวัด
- 12) ถุงซิปล็อกเก็บตัวอย่าง
- 13) หมุดเหล็ก
- 14) กล้องถ่ายรูป
- 15) เทปขาว
- 16) กระบอกตวงน้ำมัน
- 17) หลักเล็งแนว
- 18) ตลับเมตร
- 19) กระดานวัดความโค้งท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

### 3.3.4 เกณฑ์การออกแบบเครื่องต้นแบบ

เกณฑ์การออกแบบเครื่องต้นแบบมีรายละเอียดดังนี้

- 1) การทำงานของกลไกมีลักษณะตัดท่อนพันธู์และปลุกท่อนพันธู์พร้อมกัน
- 2) การทำงานของกลไกไม่ซับซ้อนมากนัก มีความปลอดภัย และซ่อมบำรุงง่าย
- 3) กลไกสามารถตัดท่อนพันธู์ปลุกความยาวเฉลี่ย 20-30 เซนติเมตร
- 4) ออกแบบเครื่องต้นแบบให้สามารถต่อพ่วงแบบ 3 จุดของรถแทรกเตอร์ขนาด

CATEGORY II (40 - 100 แรงม้า)

- 5) ออกแบบให้มีผู้ปฏิบัติงาน 2 คน

### 3.3.5 ข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวกับการออกแบบ

- 1) ข้อมูลเกี่ยวกับต้นพันธู์มันสำปะหลัง

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นพันธู์โดยเฉลี่ย 20-35 มิลลิเมตร
- ความยาวของต้นพันธู์สูงสุด 150 เซนติเมตร
- ความโค้งของต้นพันธู์สูงสุด 260 มิลลิเมตร

- 2) ข้อมูลเกี่ยวกับต้นกำลัง

- รถแทรกเตอร์ขนาด CATEGORY II โดยมี Hitch Pin Size ดังนี้ Upper Links 25.4 มิลลิเมตร Lower Links 28.7 มิลลิเมตร และ Lower Hitch Spacing 870 มิลลิเมตร กำลังม้า 40 - 100 แรงม้า

- การขับเคลื่อนการตัดต้นพันธู์และผลักท่อนพันธู์รับกำลังจากล้อขับ (Ground Wheel)

### 3.3.6 การออกแบบเครื่องต้นแบบ

การออกแบบเครื่องต้นแบบโดยโปรแกรมการเขียนแบบทางด้านวิศวกรรม Solid Works เครื่องต้นแบบมีส่วนประกอบหลัก ดังนี้

- 1) การออกแบบชุดโครงสร้างของตัวเครื่อง
- 2) การออกแบบชุดยกทรงปลุก
- 3) การออกแบบชุดเปิดหน้าดิน
- 4) การออกแบบชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธู์ปลุก
- 5) การออกแบบมุมใบมีดตัดท่อนพันธู์
- 6) การออกแบบชุดส่งกำลังขับเคลื่อนกลไก

### 3.3.7 ขั้นตอนการออกแบบ

#### 1) การออกแบบโครงสร้างของตัวเครื่องต้นแบบ

โครงสร้างของตัวเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบนั้นออกแบบให้มีรูปร่างที่กะทัดรัด ขนาดไม่ใหญ่จนเกินไป หูต่อพ่วง 3 จุดของเครื่องต้นแบบกับรถแทรกเตอร์สามารถปรับเลื่อนระดับได้ และโครงสร้างของตัวเครื่องสามารถรับค่าแรงภายนอกที่มากระทำต่อเครื่องได้ โดยมีลักษณะการคำนวณการออกแบบ ตามลำดับดังนี้

- หาน้ำหนักที่เครื่องจะต้องรับทั้งหมด ( $w$ )
- หาแรงที่กระทำต่อโครงสร้างเครื่องต้นแบบ ( $F$ )
- หาขนาดของพื้นที่หน้าตัดของโครงสร้างที่จะรับแรงกระทำ ( $A$ )

#### 2) การออกแบบชุดยกทรงปลูก

ชุดยกทรงปลูกใช้ผาลยกทรงที่เกษตรกรใช้กันอยู่ทั่วไปเพราะเป็นที่ยอมรับของเกษตรกรและสามารถซื้อได้ง่าย การทำงานของชุดยกทรงนั้นออกแบบให้ลักษณะของร่องปลูกมีความสูงของสันร่องอยู่ประมาณ 30 - 40 เซนติเมตร และมีระยะระหว่างร่องอยู่ประมาณ 80 - 120 เซนติเมตร สามารถปรับระดับได้

#### 3) การออกแบบชุดเปิดหน้าดิน

ชุดเปิดหน้าดินการออกแบบให้มีลักษณะแบบ Hoe-type ซึ่งเหมาะสมต่อการเปิดร่องดินที่มีกรวด หิน และรากพืชปะปนอยู่ หัวเปิดร่องมีรูปร่างแบบรูปตัว V ไม่มีสปริงเพื่อยึดหยุ่นและต่อแผ่นเหล็กยาวออกมาเป็นช่องซึ่งมีลักษณะใหญ่กว่าขนาดของต้นพันธุ์ มีแผ่นเหล็กรองล่างเพื่อเป็นตัวหยุดต้นพันธุ์มันสำปะหลัง (Stopper) ช่วงที่ต้นพันธุ์ตกลงจากท่อส่งต้นพันธุ์ ชุดเปิดหน้าดินสามารถปรับเลื่อนได้ในลักษณะแนวดิ่ง เพื่อปรับความยาวของท่อนพันธุ์ที่ตัดออกมาแล้วอยู่ในช่วงความยาว 20 - 30 เซนติเมตร

#### 4) การออกแบบชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ปลูก

กลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ปลูกเป็นกลไก Four-Bar Linkage แบบ Scotch Yoke โดยเพิ่มใบมีดในการตัดท่อนพันธุ์และตัวผลักท่อนพันธุ์พร้อมประคองท่อนพันธุ์ปลูก ใบมีดนอกจากตัดต้นพันธุ์แล้วยังสามารถเป็นตัวหยุดต้นพันธุ์จากคนป้อนต้นพันธุ์ผ่านท่อส่งได้โดยมีลักษณะการคำนวณการออกแบบตามลำดับดังนี้

- หาความเร็วสูงสุดของกลไก ( $v$ )
- หาความเร่งสูงสุดของกลไก ( $a$ )
- หาการเคลื่อนที่ได้สูงสุดของกลไก ( $x$ )

### 5) การออกแบบมูมไพบีมีดตัดต้นพันธุ์

ไพบีมีดสำหรับตัดต้นพันธุ์นั้นสำหรับหลังจาก ออกแบบมูมไพบีมีดที่ใช้ในการตัดต้นพันธุ์ เพื่อหาแรงที่ใช้ในการตัดต้นพันธุ์น้อยที่สุด โดยทำการออกแบบมูมไพบีมีดที่มุม 20, 30, 38, 40 และ 45 องศา การหาค่าแรงการตัดของไพบีมีดที่มุมต่าง ๆ โดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

### 6) การออกแบบชุดส่งกำลังขับเคลื่อน

ชุดส่งกำลังขับเคลื่อนเป็นการปลูกรับกำลังมาจากล้อขับ (Ground Wheel) ส่งกำลังผ่านโซ่ไปยังเพลาขับ ซึ่งจะประกอบด้วย ฟันเฟือง เฟืองโซ่และส่งกำลังไปขับเคลื่อนที่ออกแบบขึ้น ซึ่งการออกแบบระบบส่งกำลังจำแนกได้ 2 ประเภทคือ การออกแบบเพลาส่งกำลัง และการออกแบบโซ่ส่งกำลัง สามารถดำเนินการคำนวณการออกแบบตามลำดับดังนี้

#### 6.1) การออกแบบโซ่ส่งกำลัง ดำเนินการคำนวณการออกแบบตามลำดับดังนี้

- กำหนดค่าต่าง ๆ คือ
  - กำลังที่ต้องการส่ง ( $w_p$ )
  - อัตราเร็วรอบเฟืองขับ ( $N_1$ ) และ เฟืองตาม ( $N_2$ )
- พิจารณาลักษณะการใช้งาน เพื่อเลือกตัวประกอบการใช้งานสำหรับแรงกระทำ ( $N_{s1}$ )
- พิจารณาลักษณะการใช้งานเพื่อเลือกตัวประกอบการใช้งาน สำหรับสิ่งแวดล้อม ( $N_{s2}$ )
- กำหนดจำนวนฟันบนเฟืองโซ่ ( $z$ )
- กำหนดอัตราทดที่ต้องการ ( $m_w$ )
- หากำลังที่ใช้เลือกโซ่ ( $p$ )
- เลือกขนาดโซ่จากค่ากำลังออกแบบของโซ่ โดยเลือกโซ่โซ่ที่มีระยะพิชิตน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้
- หาค่าความปลอดภัย ( $N_b$ )
- หาจำนวนข้อโซ่ ( $x$ )
- หาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่โดยประมาณ ( $C$ )

#### 6.2) การออกแบบเพลาส่งกำลัง ดำเนินการคำนวณการออกแบบตามลำดับดังนี้

- กำหนดค่าต่างๆ คือ
  - กำลังที่ต้องการถ่ายทอด ( $w_p$ )
  - อัตราความเร็วรอบของเพลา ( $Z$ )
- กำลังที่ใช้ในการออกแบบเพลา ( $P$ )

- หาโมเมนต์บิดที่ใช้ในการออกแบบ (T)
- หาโมเมนต์ดัดที่ใช้ในการออกแบบ (M)
- หาความเค้นเฉือนใช้งาน ( $\tau_d$ )
- เขียนไดอะแกรมแสดงโหนดในแนวดิ่งและแนวระดับ
- หาโหนดที่เกิดขึ้นในแนวดิ่งและแนวระดับ
- หาแรงปฏิกิริยาที่จุดหมุนในแนวดิ่งและแนวระดับ
- เขียนไดอะแกรมโมเมนต์ดัดในแนวดิ่งและแนวระดับ
- จากไดอะแกรมโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในแนวดิ่งและแนวระดับที่ตำแหน่ง

ของเฟืองทุกตัวรวมโมเมนต์ดัดในแนวดิ่งและแนวระดับของเฟืองทุกตัวเข้าด้วยกัน ใช้ค่าที่มากที่สุดในการหาขนาดของเพลลา

- กำหนดค่าตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด ( $C_m$ )
- กำหนดค่าตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด ( $C_b$ )
- หาขนาดของเพลลา (d)
- ตรวจสอบมุมที่เพลลาบิดเป็น (องศา)
- หาอายุการใช้งานของแบร้งเป็น (ชั่วโมง)

### 3.3.8 การสร้างเครื่องต้นแบบ

ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ ณ อาคารจักรกลเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

## 3.4 วิธีดำเนินการทดสอบเครื่องต้นแบบ

ดำเนินการทดสอบเครื่องต้นแบบประกอบด้วยเกณฑ์การทดสอบและค่าชี้วัดผลทางด้านสมรรถนะและคุณภาพการปลูกของเครื่องต้นแบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 3.4.1 เกณฑ์การทดสอบเครื่องต้นแบบ

เกณฑ์การทดสอบประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

1) การทดสอบเพื่อหาระดับเกียร์ และช่วงความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการทำงานร่วมกับเครื่องต้นแบบ

2) การทดสอบในภาคสนามในแปลงทดสอบพื้นที่ไม่น้อยกว่า 1 ไร่ เพื่อหาค่าชี้วัดผลทางด้านสมรรถนะและคุณภาพการปลูกของเครื่องต้นแบบ

### 3.4.2 การทดสอบสมรรถนะและคุณภาพเครื่องต้นแบบ

การทดสอบสมรรถนะและคุณภาพการปลูกประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

#### 1) การทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบ เพื่อหา

- ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ (Effective Field Capacity)
- ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลา (Field Efficiency)
- อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption)
- แรงลากที่ใช้ในการทำงานของเครื่องต้นแบบ (Draft Force)
- เปอร์เซ็นต์การลื่นไถลของรถแทรกเตอร์ (Slip)

#### 2) การประเมินคุณภาพการปลูกของเครื่องต้นแบบ ดังนี้

- ร้อยละท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง
- ร้อยละท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้ม
- ร้อยละท่อนพันธุ์ที่เสียหาย
- ร้อยละท่อนพันธุ์ที่สูญหาย
- ร้อยละท่อนพันธุ์ที่งอก
- มุมของท่อนพันธุ์ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่
- มุมของท่อนพันธุ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่

### 3.4.3 ค่าชี้ผลของการทดสอบ

ค่าชี้ผลของการทดสอบเพื่อใช้ในการวัดค่าผลของการทดสอบเครื่องต้นแบบในภาคสนามประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

#### 1) ความสามารถในการทำงานจริง (Effective Field Capacity)

$$C_a = \frac{A}{T_t} \quad (3.2)$$

|       |       |   |                                        |
|-------|-------|---|----------------------------------------|
| เมื่อ | $C_a$ | = | ความสามารถในการทำงานจริง (ไร่/ชั่วโมง) |
|       | $A$   | = | พื้นที่การทำงาน (ไร่)                  |
|       | $T_t$ | = | เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด (ชั่วโมง)  |

## 2) ประสิทธิภาพในการทำงาน (Field Efficiency)

$$E_f = \frac{T_e}{T_t} \times 100 \quad (3.3)$$

เมื่อ  $E_f$  = ประสิทธิภาพการทำงาน ( ร้อยละ )  
 $T_e$  = เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง ( ชั่วโมง )  
 $T_t$  = เวลาที่เครื่องจักรใช้ในการปฏิบัติงานทั้งหมด รวมทั้งเวลาที่สูญเสียเนื่องจาก การเลี้ยวรถ การหยุดรถ การปรับตั้งเครื่องจักร ( ชั่วโมง )

## 3) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

$$\text{การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมด}}{\text{พื้นที่การทำงานจริง}} \quad (3.4)$$

เมื่อ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ( ลิตร /ไร่ )

## 4) การสิ้นไถ

$$\text{การสิ้นไถ} = \frac{\text{ระยะเคลื่อนที่เมื่อไม่มีภาระ} - \text{ระยะเคลื่อนที่เมื่อมีภาระ}}{\text{ระยะเคลื่อนที่เมื่อไม่มีภาระ}} \quad (3.5)$$

เมื่อ อัตราการสิ้นไถ (%)

### 3.5 วิธีดำเนินการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องต้นแบบ

การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องต้นแบบ ซึ่งประกอบด้วย วิเคราะห์จุดคุ้มทุน วิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

**3.5.1 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break - even point)** เป็นการคำนวณเปรียบเทียบการปลูกมันสำปะหลังโดยนับตั้งแต่การจ้างยกร่องปลูก การใช้แรงงานคนปลูกนับตั้งแต่กระบวนการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไปจนกระทั่งกระบวนการปลูกเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบจะสามารถใช้ต้นทุนในการทำงานเท่ากับต้นทุนของการปลูกมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนที่พื้นที่เท่าไรในระยะเวลา 1 ปี

**3.5.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period, PBP)** เป็นการคำนวณระยะเวลาจากการเริ่มต้นลงทุนถึงเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits) ของการใช้เครื่องต้นแบบมีค่าเท่ากับการลงทุนและทำการคำนวณหาระยะเวลาในการคืนทุนต่อพื้นที่การทำงานต่อปีของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ



## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

#### 4.1 บทนำ

ในบทนี้กล่าวถึง รายละเอียดเกี่ยวกับผลของการทดสอบมุมไบมัดที่เหมาะสมสำหรับไบมัดตัดท่อนพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ ผลของรายละเอียดจากการออกแบบเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ ผลของการสร้างเครื่องต้นแบบ ผลของการดำเนินการทดสอบ ประเมินผล สมรรถนะและคุณภาพการปลูกของเครื่องต้นแบบในภาคสนาม และผลของการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้เครื่องต้นแบบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

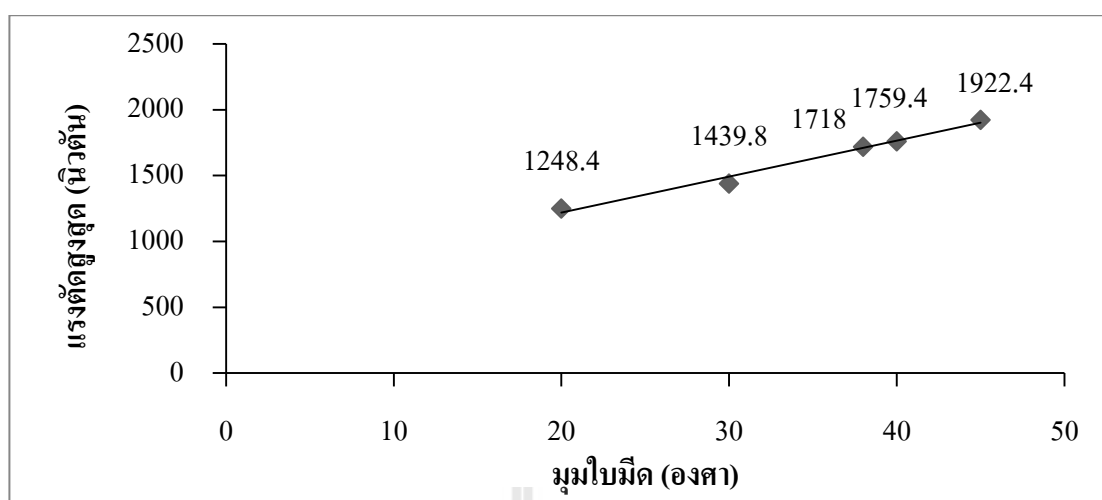
#### 4.2 ผลการทดสอบมุมไบมัดที่เหมาะสมสำหรับไบมัดตัดท่อนพันธุ์

จากการทดสอบมุมไบมัดตัดท่อนพันธุ์ที่มุมคม 20, 30, 38, 40 และ 45 องศา ตามลำดับ จำนวนมุมละ 5 ซ้ำ โดยทดสอบในห้องปฏิบัติการ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อนพันธุ์ที่ทำการทดสอบ 27 มิลลิเมตร ผลของการทดสอบเฉลี่ย แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบมุมไบมัดตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

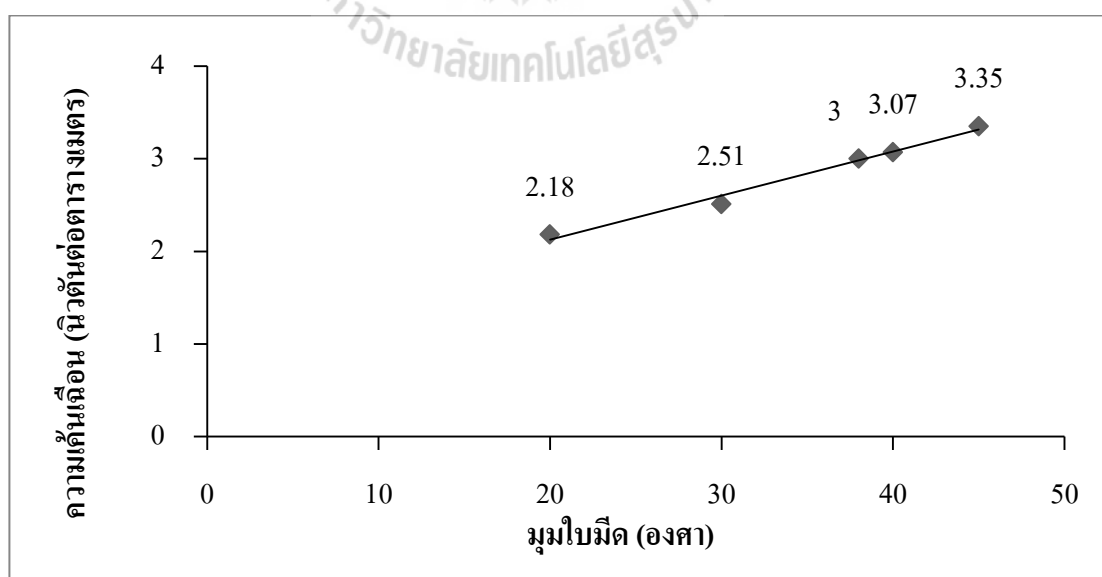
| มุมไบมัด (องศา) | แรงตัดสูงสุด (N) | ความเค้นสูงสุด (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|------------------|-------------------------------------|
| 20              | 1248.40          | 2.18                                |
| 30              | 1439.80          | 2.51                                |
| 38              | 1718.00          | 3.00                                |
| 40              | 1759.40          | 3.07                                |
| 45              | 1922.40          | 3.35                                |

จากผลการทดสอบพบว่า มุมคมของไบมัดตัดท่อนพันธุ์ที่มุมคมมีค่ามากขึ้นจะทำให้ใช้แรงในการตัดสูงสุดมากขึ้นตาม และที่มุมคมไบมัดมีมุมน้อยลง แรงที่ใช้ในการตัดสูงสุดก็จะน้อยลงตาม จากรูปที่ 4.1 เห็นได้ว่า มุม 20 องศา ใช้แรงตัดสูงสุด 1248.4 นิวตัน มุม 45 องศา ใช้แรงตัดสูงสุด 1922.4 นิวตัน ที่มุมไบมัดเพิ่มขึ้นแรงตัดสูงสุดก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 แสดงแรงตัดสูงสุดต่อมูมไบมัดตัดท่อนพันธู่มันสำปะหลัง

จากแรงตัดสูงสุดของมูมไบมัด 20, 30, 38, 40 และ 45 องศา ตามลำดับ ความเค้นเฉือนที่ได้จากแรงตัดสูงสุด พบว่า มูมไบมัดตัด 20 องศา ความเค้นเฉือนของการตัดท่อนพันธู่มันสำปะหลังอยู่ที่ 2.18 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และความเค้นเฉือนสูงสุดของการตัดท่อนพันธู่มันสำปะหลังที่มูมไบมัดตัด 45 องศา ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้น 3.35 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร จากรูปที่ 4.2 เห็นได้ว่า ความเค้นเฉือนจากการตัดท่อนพันธู่มันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นตามมูมไบมัดตัดทำให้ความเค้นเฉือนจากการตัดท่อนพันธู่มันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้น มูมไบมัด 20 องศา จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปติดตั้งเป็นไบมัดตัดท่อนพันธู่มันสำปะหลัง



รูปที่ 4.2 แสดงความเค้นเฉือนสูงสุดต่อมูมไบมัดตัดท่อนพันธู่มันสำปะหลัง

### 4.3 ผลการออกแบบรายละเอียดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบ

รายละเอียดของการออกแบบ ชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้จัดแสดงไว้ในภาคผนวก ค และรูปร่าง ขนาด และรายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบ ได้จัดแสดงไว้ในภาคผนวก ง

#### 4.3.1 โครงสร้างของตัวเครื่องต้นแบบ

ผลของการออกแบบโครงสร้างของตัวเครื่องต้นแบบรวบรวมผลได้ดังนี้

- 1) โครงสร้างส่วนล่าง ใช้เหล็กฉากขนาด 75 x 75 x 6 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบกัน
- 2) โครงสร้างส่วนบนใช้เหล็กแผ่นดำหนาขนาด 3 มิลลิเมตร เหล็กฉากขนาด 50 x 50 x 4 มิลลิเมตร และเหล็กกล่องขนาด 25 x 25 x 1.6 มิลลิเมตร เชื่อมประกอบกัน
- 3) ความกว้าง 1.2 เมตร
- 4) ความยาว 1.77 เมตร
- 5) ความสูงจากพื้นดินสูงสุด 1.47 เมตร
- 6) น้ำหนักโดยรวมโครงสร้างเครื่องต้นแบบ 250 กิโลกรัม

#### 4.3.2 ชุดยกเครื่องปลูก

ผลของการออกแบบชุดยกเครื่องปลูกของเครื่องต้นแบบรวบรวมผลได้ดังนี้

- 1) เส้นผ่านศูนย์กลางผาลยกเครื่องขนาด 40 เซนติเมตร
- 2) หน้ากว้างการทำงาน 0.9 - 1.2 เมตร
- 3) ห่างจากจุดต่อพ่วง 1.5 เมตร
- 4) น้ำหนักโดยรวมของชุดยกเครื่องปลูก 115 กิโลกรัม

#### 4.3.3 ชุดเปิดหน้าดิน

ผลของการออกแบบชุดเปิดหน้าดินของตัวเครื่องต้นแบบรวบรวมผลได้ดังนี้

- 1) ใช้เหล็กแผ่นดำหนาขนาด 6 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร
- 2) สูงจากพื้นดิน 0.3 เมตร
- 3) น้ำหนักโดยรวมชุดเปิดหน้าดิน 25 กิโลกรัม

#### 4.3.4 กลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ปลูก

ผลของการออกแบบชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ปลูกของตัวเครื่องต้นแบบ รวบรวมผลได้ดังนี้

- 1) กลไก Scotch Yoke ขนาดใบมีดตัดท่อนพันธุ์ขนาด 40 x 150 x 5 มิลลิเมตร
- 2) ใบมีดรับการตัดท่อนพันธุ์ขนาด 100 x 150 x 5 มิลลิเมตร
- 3) แผ่นจานกลไกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.22 เมตร หนา 0.1 เมตร
- 4) น้ำหนักโดยรวมชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ 10 กิโลกรัม

#### 4.3.5 มุมใบมีดตัดท่อนพันธุ์

ผลของการออกแบบมุมใบมีดท่อนพันธุ์ของตัวเครื่องต้นแบบรวบรวมผลได้ดังนี้

- 1) มุมใบมีดตัดท่อนพันธุ์ 20 องศา
- 2) มุมใบมีดรับ 20 องศา

#### 4.3.6 ชุดส่งกำลังขับเคลื่อน

ผลของการออกแบบชุดส่งกำลังขับเคลื่อนของตัวเครื่องต้นแบบรวบรวมผลได้ดังนี้

- 1) ล้อขับ (Ground Wheel) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.58 เมตร
- 2) เพลาขับ 1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร, ทำจากเหล็กคาร์บอน St 37 ความยาว 0.36 เมตร, แบร์ริง อนุกรมมิติ 02
- 3) พินิออน 40 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.27 เมตร เฟืองโซ่ 20 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.14 เมตร
- 4) โซ่ขับเคลื่อนชุด 1 ISO/R606 10A-1 91 ข้อ
- 5) เพลาขับ 2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร, ทำจากเหล็กคาร์บอน St 37 ความยาว 0.2 เมตร, แบร์ริง อนุกรมมิติ 02
- 6) พินิออน 20 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.14 เมตร เฟืองโซ่ 20 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.14 เมตร
- 7) โซ่ขับเคลื่อนชุด 2 ISO/R606 16A-1 63 ข้อ
- 8) เพลาขับ 3 เส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร, ทำจากเหล็กคาร์บอน St 37 ความยาว 0.2 เมตร, แบร์ริง อนุกรมมิติ 02
- 9) พินิออน 20 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.14 เมตร เฟืองโซ่ 20 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.14 เมตร
- 10) โซ่ขับเคลื่อนชุด 3 ISO/R606 16A-1 68 ข้อ

#### 4.4 ผลการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ

หลังจากได้ดำเนินการออกแบบ และกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบ ดังแสดงในภาพผนวก ง แล้ว จึงได้ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในพื้นที่ทดสอบภาคสนามเบื้องต้น และห้องปฏิบัติการ จนเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์เครื่องต้นแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ได้ดำเนินการสร้างขึ้น แสดงดังรูปที่

4.3 - 4.4



รูปที่ 4.3 แสดงเครื่องปลูกมันสำปะหลังด้านข้าง



รูปที่ 4.4 แสดงเครื่องปลูกมันสำปะหลังโดยรวม

#### 4.5 ผลการทดสอบหาระดับเกียร์และความเร็วที่เหมาะสมระหว่างการทำงาน

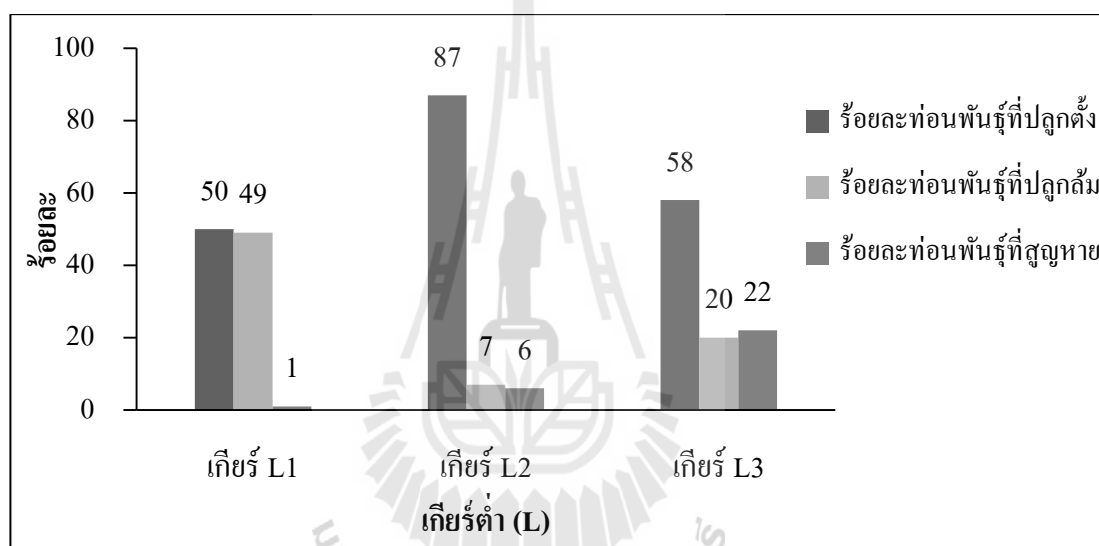
การทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์และการทำงานของเครื่องต้นแบบเบื่องต้นที่มีความสัมพันธ์กับการทำงานของคนปล่อยคันพั่นท์เข้าสู่กลไกการปลูกทำการทดสอบที่ระดับ เกียร์ L1 เกียร์ L2 และเกียร์ L3 ช่วงความเร็ว 0.59 - 0.73, 0.89 - 1.20, 1.33 - 1.86 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผลการทดสอบในภาคสนามเบื่องต้นเฉลี่ย แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบระดับเกียร์และความเร็วที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องต้นแบบ

| รายการ                                               | เกียร์ L1   | เกียร์ L2   | เกียร์ L3  |
|------------------------------------------------------|-------------|-------------|------------|
| ความเร็วในการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)         | 0.59 – 0.73 | 0.89 – 1.20 | 1.33– 1.86 |
| ท่อนพั่นท์ที่ปลูกตั้ง (ร้อยละ)                       | 50          | 87          | 58         |
| ท่อนพั่นท์ที่ปลูกล้ม (ร้อยละ)                        | 49          | 7           | 20         |
| ท่อนพั่นท์ที่สูญหาย (ร้อยละ)                         | 1           | 6           | 22         |
| มุมท่อนพั่นท์ทิศทางแนวตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ (องศา) | 55          | 27          | 23         |
| มุมท่อนพั่นท์ทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (องศา)      | 35          | 63          | 66         |

ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเครื่องต้นแบบพบว่า ที่การทำงานของเกียร์ L2 ช่วงความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 0.89 - 1.20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง คุณภาพของการปลูกตั้งสูงกว่า เกียร์ L1 และ เกียร์ L3 ตามด้วยคุณภาพของการปลูกล้มน้อยกว่าเกียร์ L1 และ เกียร์ L3 ท่อนพั่นท์ที่สูญหายจากการปลูก เกียร์ L1 มีการสูญหายที่น้อยกว่า เกียร์ L2 และ เกียร์ L3 เมื่อนำเกียร์ที่ทดสอบและคุณภาพการปลูกที่ได้มาเปรียบเทียบกับดังรูปที่ 4.5 ที่เกียร์ L1 การเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ช่วงความเร็ว 0.59 - 0.73 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การพุนตัวของดินที่ขร้อมมีความเร็วในการพุนตัวช้าเกินไปทำให้ดินพุนตัวมารับท่อนพั่นท์จากกลไกการตัดและผลักท่อนพั่นท์ไม่ทันทำให้ท่อนพั่นท์ล้มก่อนปลูกหรือปลูกเอียงมาก ทำให้อัตราการปลูกตั้งต่ำลง อัตราการปลูกล้มสูงขึ้น แต่การทำงานของกลไกที่ช้าลงทำให้การป้อนต้นพั่นท์ทันต่อการทำงานของกลไกทำให้อัตราการสูญหายของท่อนพั่นท์น้อยลง ที่เกียร์ L2 การเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ช่วงความเร็ว 0.89 - 1.20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การพุนตัวของดินที่ขร้อมมีความเร็วการพุนตัวที่สูงและพอดีกับการรับท่อนพั่นท์ที่ถูกตัดและผลักออกจากกลไกการตัดและผลักท่อนพั่นท์ออกมาเหมาะสมและพอดีกัน ทำให้อัตราการปลูกตั้งสูงขึ้น อัตราการปลูกล้มน้อยลง และการป้อนต้นพั่นท์ของคนป้อนสามารถทำงานได้ทันการทำงานของกลไกทำให้การสูญหายของท่อนพั่นท์น้อยลง ที่เกียร์ L3 การเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ช่วงความเร็ว 1.33 - 1.86 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

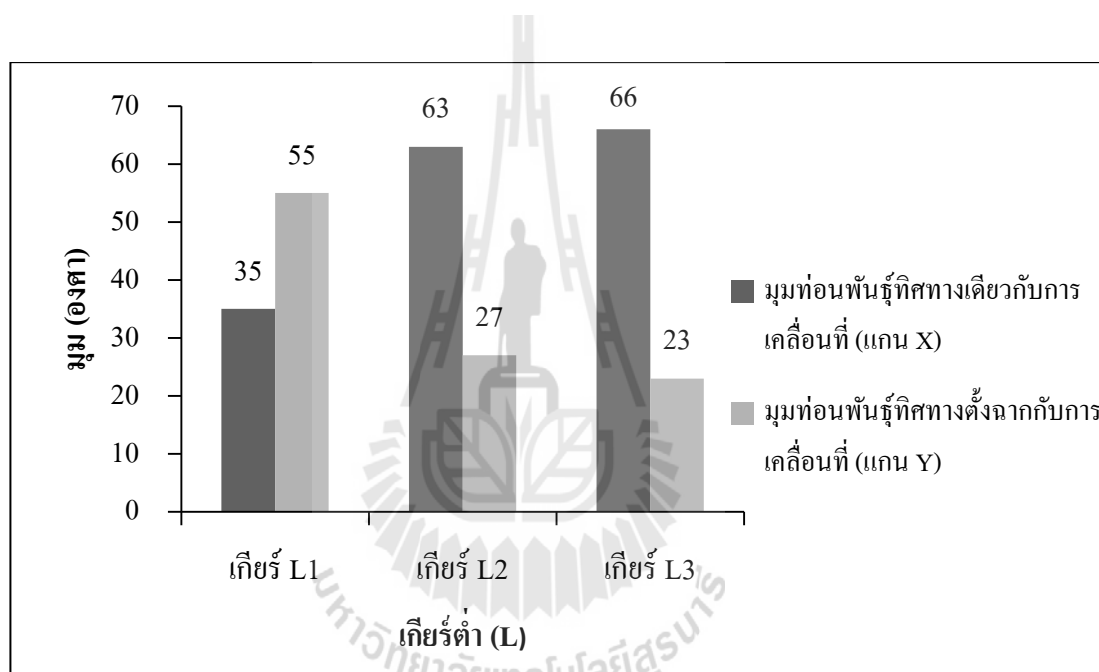
การพุนตัวของดินจากผลยกทรงมีความเร็วการพุนตัวที่สูงขึ้นและไม่สม่ำเสมอตลอด เมื่อความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์มากขึ้น ทำให้ดินที่พุนตัวจากผลยกทรงขึ้นมาชนใบมีดรับท่อนพันธุ์ กลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์มีการทำงานที่เร็วขึ้น การป้อนต้นพันธุ์ของคนป้อนไม่สามารถป้อนได้ทันการทำงานของกลไกได้ตลอดทุกครั้ง ทำให้อัตราการปลูกตั้งต่ำลง อัตราท่อนพันธุ์ที่ล้มเพิ่มขึ้น และอัตราการสูญหายของท่อนพันธุ์ที่ปลูกเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นที่เกียร์ L2 ที่ช่วงความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 0.89 - 1.20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จึงมีความเหมาะสมในการนำไปทดสอบ สมรรถนะ และประเมินผลในภาคสนาม และการนำไปใช้งานจริงของเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 4.5 แสดงเกียร์ที่ทำงานและคุณภาพที่ได้จากการปลูก

เมื่อนำมุมของท่อนพันธุ์ที่ได้จากการปลูกจากเกียร์ L1 เกียร์ L2 และเกียร์ L3 มาเปรียบเทียบกับมุมของท่อนพันธุ์ที่ปลูกในแต่ละเกียร์ ดังรูปที่ 4.6 เห็นได้ว่า ที่เกียร์ L1 มุมท่อนพันธุ์ทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ 35 องศา และมุมท่อนพันธุ์ทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ 55 องศา การปลูกตั้งของท่อนพันธุ์อยู่ในลักษณะเอียงนอนมากเกินไป เนื่องจากการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ช้าเกินไป ทำให้ท่อนพันธุ์เอียงก่อนที่ดินยกทรงจะพุนตัวมารองรับท่อนพันธุ์จากกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ ที่เกียร์ L2 มุมท่อนพันธุ์ทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ 63 องศา และมุมท่อนพันธุ์ทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ 27 องศา การเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์มีความเหมาะสมกับความเร็วของการพุนตัวของดินพอดี ทำให้ท่อนพันธุ์ปลูกได้พอดีกับดินที่ยกทรงพุนตัวมารองรับท่อนพันธุ์จากกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ ทำให้การปลูกตั้งได้ดี ที่เกียร์ L3 มุมท่อนพันธุ์

ทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ 66 องศา และมุมท่อนพันธุ์ทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ 23 องศา การเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ที่เร็วขึ้น ทำให้ความเร็วของดินพุนตัวเร็วขึ้นตาม เมื่อท่อนพันธุ์ ถูกตัดจากใบมีดตัดพร้อมประคองผลึกออกจากกลไกการตัดและผลึกท่อนพันธุ์ สามารถเข้ากับดิน ที่รองรับท่อนพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้อัตราการปลูกตั้งตรงได้ดี สามารถปลูกตรงได้มากขึ้น จากการทดสอบเห็นได้ว่า มุมของท่อนพันธุ์ทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (แกน X) ถ้ามีค่ามากขึ้น นั้นท่อนพันธุ์จะมีการปลูกได้ตั้งตรงมากขึ้น และมุมของท่อนพันธุ์ทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ (แกน Y) ถ้ามีค่าน้อยลงท่อนพันธุ์จะมีการปลูกได้ตั้งตรงมากขึ้น ตรงข้ามกันนั้นเมื่อมุมของท่อนพันธุ์ทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (แกน X) ถ้ามีค่าน้อยลงนั้นท่อนพันธุ์จะมีการปลูกเอียงมากขึ้น



รูปที่ 4.6 แสดงมุมของท่อนพันธุ์ที่ปลูกของเกียร์ทดสอบ

#### 4.6 ผลการทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพปลูกในภาคสนาม

การทดสอบเครื่องต้นแบบในภาคสนาม แปลงทดสอบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พื้นที่ทดสอบ 1.65 ไร่ ต้นกำลังรถแทรกเตอร์ CATEGORY II ขนาด 60 แรงม้า ระดับเกียร์ L2 ช่วงความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ระหว่างการทำงาน 0.89 - 1.20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน ผลการทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพการปลูกของเครื่องต้นแบบในภาคสนาม แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพการปลูกในภาคสนาม

| รายการ |                               |        | ข้อมูลการทำงาน |
|--------|-------------------------------|--------|----------------|
| 1.     | พื้นที่ทดสอบ                  | (ไร่)  | 1.65           |
| 2.     | คุณสมบัติของดิน               |        |                |
| 2.1    | ชนิดของดิน                    |        | ดินทราย        |
| 2.2    | ความชื้นของดิน                | (% db) | 7.44           |
| 2.3    | ค่าการแทงทะลุของดิน ก่อนทดสอบ | (kPa)  |                |
|        | ผิวดิน                        |        | 41             |
|        | 5 cm                          |        | 340            |
|        | 10 cm                         |        | 740            |
|        | 15 cm                         |        | 1,007          |
|        | 20 cm                         |        | 1,384          |
|        | 25 cm                         |        | 2,126          |
| 2.4    | ค่าแรงเฉือนของดิน ก่อนทดสอบ   | (kPa)  | 12             |
| 2.5    | ค่าการแทงทะลุของดิน หลังทดสอบ | (kPa)  |                |
|        | ผิวดิน                        |        | 95             |
|        | 5 cm                          |        | 669            |
|        | 10 cm                         |        | 1,136          |
|        | 15 cm                         |        | 1,759          |
|        | 20 cm                         |        | 2,030          |
|        | 25 cm                         |        | 2,280          |
| 2.6    | ค่าแรงเฉือนของดิน หลังทดสอบ   | (kPa)  | 25             |

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพการปลูกในภาคสนาม (ต่อ)

| รายการ |                                               | ข้อมูลการทำงาน |
|--------|-----------------------------------------------|----------------|
| 3.     | คุณสมบัติต้นพันธุ์มันสำปะหลัง                 |                |
| 3.1    | พันธุ์                                        | เกษตรศาสตร์ 50 |
| 3.2    | อายุท่อนพันธุ์ (เดือน)                        | 11             |
| 3.3    | ความโค้งเฉลี่ย (เซนติเมตร)                    | 8.20           |
| 3.4    | ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร)                     | 114.12         |
| 3.5    | เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่สุด (เซนติเมตร)          | 2.90           |
| 3.6    | เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุด (เซนติเมตร)          | 1.43           |
| 4.     | ความกว้างของหัวแปลง (เมตร)                    | 5              |
| 5.     | ความเร็วในการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)  | 0.97           |
| 6.     | การสิ้นเปลืองของรถแทรกเตอร์ (เปอร์เซ็นต์)     | 6.02           |
| 7.     | เวลาที่ทำงานจริง (นาฬิกา)                     | 98.09          |
| 8.     | เวลาที่สูญเสียอื่น ๆ (นาฬิกา)                 | -              |
| 9.     | เวลาที่ปรับแต่งเครื่องมือ (นาฬิกา)            | 1.55           |
| 10.    | เวลาที่ไ้กลับรถ (นาฬิกา)                      | 23.11          |
| 11.    | เวลาสูญเสียรวม (นาฬิกา)                       | 24.66          |
| 12.    | เวลาทำงานรวมทั้งหมด (นาฬิกา)                  | 122.75         |
| 13.    | ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)          | 0.8            |
| 14.    | ความสามารถในการทำงานเชิงทฤษฎี (ไร่ต่อชั่วโมง) | 1              |
| 15.    | ประสิทธิภาพการทำงาน (ร้อยละ)                  | 80             |
| 16.    | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (ลิตรต่อไร่)            | 3.5            |
| 17.    | แรงลาก (นิวตัน)                               | 3,985          |
| 18.    | ลักษณะการปลูก                                 |                |
| 18.1   | หน้ากว้างการทำงาน (เมตร)                      | 1.1            |
| 18.2   | ระยะห่างระหว่างแถวเฉลี่ย (เมตร)               | 1.2            |
| 18.3   | ระยะห่างระหว่างต้นเฉลี่ย (เมตร)               | 0.84           |
| 18.4   | ความลึกในการปลูกเฉลี่ย (เมตร)                 | 0.14           |
| 18.5   | ความยาวของท่อนพันธุ์ปลูกเฉลี่ย (เมตร)         | 0.27           |
| 18.6   | ความสูงของสันร่องปลูกเฉลี่ย (เมตร)            | 0.38           |

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพการปลูกในภาคสนาม (ต่อ)

| รายการ                                                    | ข้อมูลการทำงาน |
|-----------------------------------------------------------|----------------|
| 19. มุมของท่อนพันธุ์ที่ปลูก                               |                |
| 19.1 มุมของท่อนพันธุ์ทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (องศา)   | 65             |
| 19.2 มุมของท่อนพันธุ์ทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ (องศา) | 25             |
| 20. คุณภาพการปลูก                                         |                |
| 20.1 ท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง (ร้อยละ)                       | 90             |
| 20.2 ท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้ม (ร้อยละ)                        | 7              |
| 20.3 ท่อนพันธุ์ที่สูญหาย (ร้อยละ)                         | 3              |
| 20.4 ท่อนพันธุ์ที่เสียหาย (ร้อยละ)                        | 1              |
| 20.5 ท่อนพันธุ์ที่งอก (ร้อยละ)                            | 90             |

ผลการทดสอบในภาคสนาม พบว่า สมรรถนะเครื่องปลูกมันสำปะหลัง มีความสามารถในการทำงาน 0.8 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน ร้อยละ 80 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3.5 ลิตรต่อไร่ คุณภาพการปลูกสามารถปลูกตั้งได้ ร้อยละ 90 มุมของท่อนพันธุ์ทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ 65 องศา และอัตราการงอกของท่อนพันธุ์ที่ปลูก ร้อยละ 90



#### 4.7 ผลการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้เครื่องต้นแบบ

การใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบโดยใช้แรงงานคนขับรถแทรกเตอร์ 1 คน และแรงงานในการป้อนต้นพันธุ์จำนวน 1 คน ผลการวิเคราะห์ และคำนวณ จุดคุ้มทุน ระยะเวลาคืนทุน รายละเอียดจัดแสดงดังนี้

##### 4.7.1 ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่าย

เครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาี้ ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่องต้นแบบ

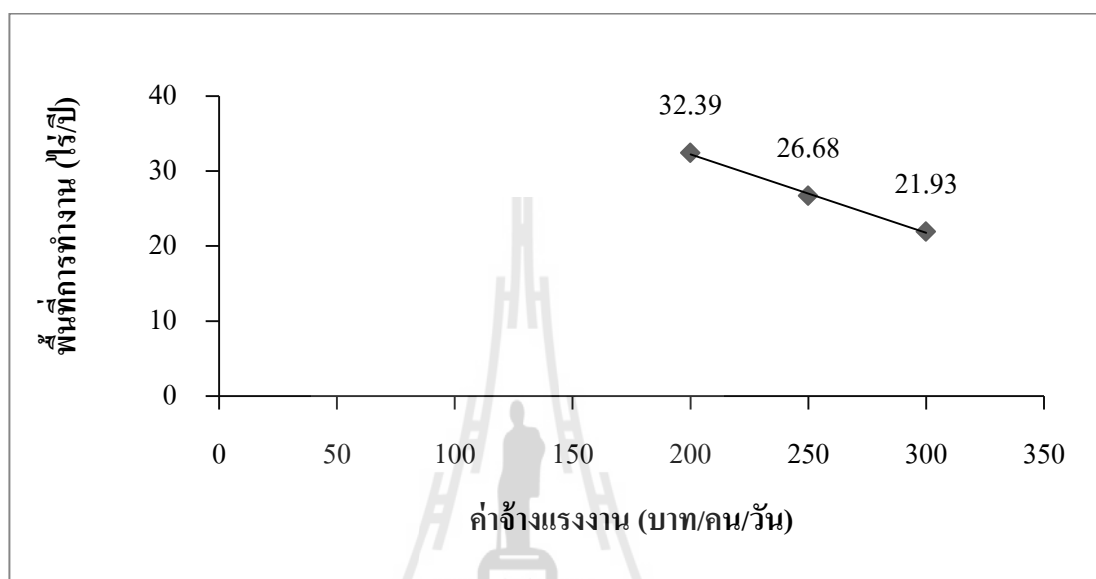
| รายการ                                                  | จำนวนเงิน (บาท) |
|---------------------------------------------------------|-----------------|
| 1. วัสดุตัวเครื่องปลูกมันสำปะหลัง                       |                 |
| เหล็กโครงสร้าง                                          | 6,850           |
| โซ่เบอร์ 60 พร้อมเฟืองโซ่                               | 4,740           |
| เฟืองโซ่ขับ เบอร์ 60                                    | 1,470           |
| เหล็กเพลาร้อมตลับลูกปืน                                 | 4,450           |
| อุปกรณ์กรอง                                             | 6,450           |
| สลักเกลียวพร้อมแป้นเกลียวต่าง ๆ                         | 1,250           |
| อุปกรณ์ชุดกลไก                                          | 4,550           |
| รวมค่าวัสดุตัวเครื่อง                                   | 29,760          |
| 2. ค่าแรงประกอบสร้างและอื่น ๆ                           | 11,904          |
| 3. รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลัง | 41,664          |

ผลจากการรวมค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ ค่าวัสดุในการสร้างตัวเครื่องโดยรวม 29,760 บาท และค่าแรงประกอบสร้างและอื่น ๆ 11,904 บาท โดยคิด จาก 40% ของค่าวัสดุ ค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมดในการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 41,664 บาท

##### 4.7.2 ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง

ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบเปรียบเทียบกับ การใช้แรงงานคนปลูกและค่าจ้างยกทรงปลูกโดยคิดค่าจ้างยกทรงปลูก 250 บาทต่อไร่ เนื่องจากพื้นที่การจ้างแรงงานคนในแต่ละพื้นที่นั้นจะมีค่าจ้างที่ไม่เท่ากัน จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาี้ พบว่า ที่พื้นที่การจ้างแรงงาน 200 บาทต่อคนต่อวัน

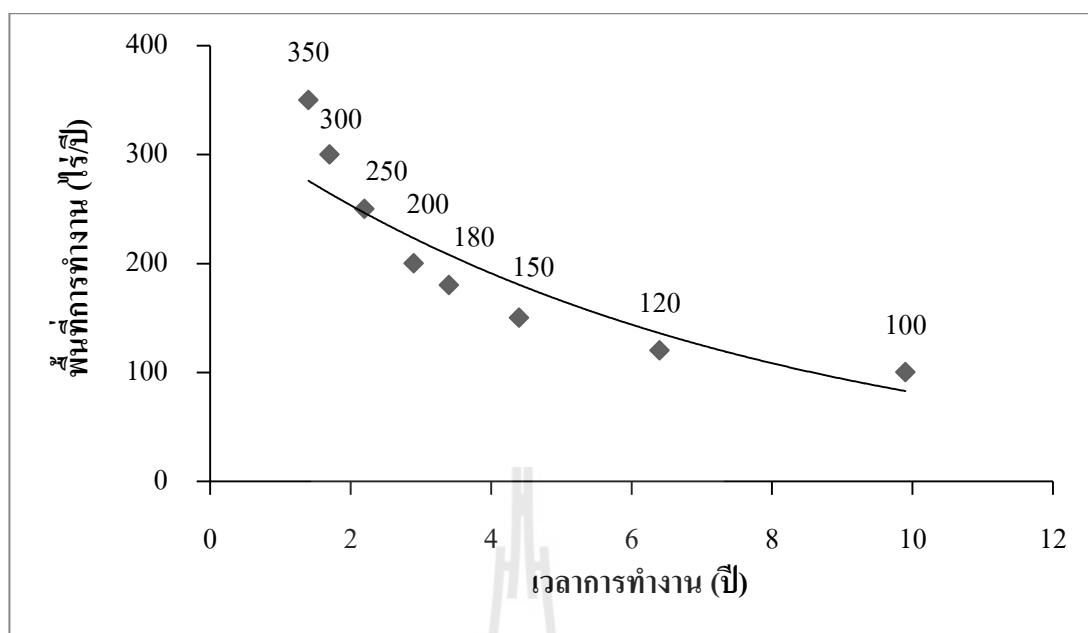
จุดคุ้มทุน 32.39 ไร่ต่อปี ที่พื้นที่การจ้างแรงงาน 250 บาทต่อคนต่อวัน จุดคุ้มทุน 26.68 ไร่ต่อปี และพื้นที่การจ้างแรงงาน 300 บาทต่อคนต่อวัน จุดคุ้มทุน 21.93 ไร่ต่อปี ที่พื้นที่การจ้างแรงงานที่แพงขึ้นทำให้จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกสั้นลง และที่พื้นที่การจ้างแรงที่ถูกลงทำให้จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังนานขึ้น ดังรูปที่ 4.7 และแสดงผลการคำนวณในภาคผนวก ก



รูปที่ 4.7 แสดงจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง

#### 4.7.3 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง

ผลการดำเนินการวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่อัตราค่าบริการ 300 บาทต่อไร่ ดังรูปที่ 4.8 เห็นได้ว่า ที่พื้นที่การทำงาน 100 ไร่ ระยะเวลาคืนทุนในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ 9.9 ปี และที่พื้นที่การทำงาน 350 ไร่ ระยะเวลาคืนทุนในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ 1.4 ปี ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องปลูกมันสำปะหลังนั้น ถ้าพื้นที่ของการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในการคืนทุนที่ใช้ระยะเวลาน้อยลงตามลำดับ การปลูกมันสำปะหลังใน 1 ปีนั้น เกษตรกรจะแบ่งการปลูกเป็น 2 ช่วง คือ ต้นฤดูฝน (เมษายน-มิถุนายน) และปลายฝน (กันยายน-พฤศจิกายน) เป็นเวลาโดยรวม 180 วัน ดังนั้นเครื่องปลูกมันสำปะหลังสามารถทำงานได้ 1,152 ไร่ต่อปี จะสามารถคืนทุนให้เกษตรกรผู้ใช้งานเป็นเวลาภายใน 1 ปี ดังนั้น การใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังสามารถที่จะลดต้นทุนในการจ้างแรงงานคนและยกร่องปลูกส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น อีกทั้งลดความเหนื่อยยากของเกษตรกรและสามารถทดแทนแรงงานคนที่ใช้ในกระบวนการปลูกมันสำปะหลังเป็นอย่างดี



รูปที่ 4.8 ระยะเวลาต้นทุนเครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพื้นที่ปลูก



## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบต่อพ่วงสามจุดกับรถแทรกเตอร์ CATEGORY II ที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมานี้มีส่วนประกอบหลัก คือ ชุดยกทรงปลูก ชุดเปิดหน้าดิน กลไกการตัด และผลัดท่อนพันธุ์ และชุดระบบส่งกำลัง มีน้ำหนักโดยรวมประมาณ 440 กิโลกรัม กลไกการทำงานแบบ Scotch Yoke มุมใบมีดตัดท่อนพันธุ์ 20 องศา ช่วงความเร็วในการทำงานที่เหมาะสม 0.89 - 1.20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระดับเกียร์ 2 ดำ สมรรถนะในการทำงาน 0.8 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 80 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3.5 ลิตรต่อไร่ แรงลาก 3,985 นิวตัน หน้ากว้างการทำงาน 1.1 เมตร ระยะห่างระหว่างแถวปลูก 1.2 เมตร ความลึกในการปลูกท่อนพันธุ์ 14 เซนติเมตร ความยาวของท่อนพันธุ์ที่ปลูก 27 เซนติเมตร มุมของท่อนพันธุ์ 65 องศา ทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ มุมของท่อนพันธุ์ 25 องศา ทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ ท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้งร้อยละ 90 ท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้มร้อยละ 7 ท่อนพันธุ์ที่สูญหายร้อยละ 3 ท่อนพันธุ์ที่เสียหายร้อยละ 1 ท่อนพันธุ์ทิ้งออกร้อยละ 90 เมื่อวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ การใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง พบว่า จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังเปรียบเทียบกับปลูกโดยใช้แรงงานคน 32.29 ไร่ต่อปี และระยะเวลาในการคืนทุนภายใน 4.4 ปี โดยพื้นที่การทำงาน 150 ไร่ต่อปี ดังนั้นการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังสามารถลดต้นทุนในการจ้างแรงงานคนและยกทรงปลูก ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น อีกทั้งลดความเหนื่อยยากของเกษตรกรและลดแรงงานคนที่ใช้ในกระบวนการปลูกมันสำปะหลังเป็นอย่างดี

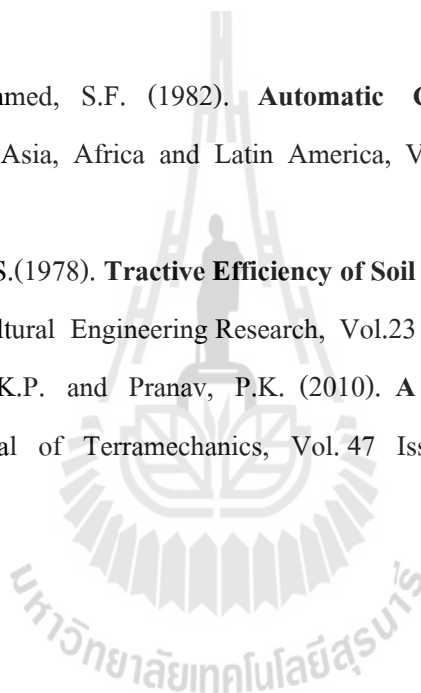
#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เครื่องปลูกมันสำปะหลังมีช่วงความเร็วในการทำงานที่ค่อนข้างช้าเนื่องจากคนป้อนต้นพันธุ์เข้าสู่ กลไกการตัดและผลัดท่อนพันธุ์ปลูกมีการป้อนต้นพันธุ์ไม่ทันต่อการทำงานของกลไกควรมีการพัฒนาชุดป้อนต้นพันธุ์เข้าสู่กลไกให้สามารถส่งต้นพันธุ์ให้ทันต่อการทำงานของกลไกจะส่งผลให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์มีความเร็วขึ้นจะทำให้ความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้นด้วย

## รายการอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. (2551). **การปลูกมันสำปะหลัง**. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 40 น.
- เชิดศักดิ์ ศิริหาล้า ปิยะณัฐ สิทธิ ยุทธศักดิ์ พิมสาร. (2555). **เครื่องปลูกมันสำปะหลัง**. ใน **การประชุมวิชาการวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13** ระหว่างวันที่ 4-5 เมษายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่. (หน้า 215-221)
- พยุหศักดิ์ จุลยุเสน. (2552). **ออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 259 น.
- มงคล กวางวโรภาส. (2545). **ทฤษฎีเครื่องจักรกลเกษตร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 325 น.
- รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ จตุรงค์ ลังกาพันธ์ มานพ ต้นตระกูลบัณฑิตย์. (2553). **การพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลัง**. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วิรทธิ อึ้งภากรณ์และ ชาญ ถนัดงาน. (2556). **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1**. ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 451 น.
- วิรทธิ อึ้งภากรณ์และ ชาญ ถนัดงาน. (2556). **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2**. ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 451 น.
- วิชัย โอภาณุกุล และคณะ. (2550). **การทดสอบและพัฒนาเครื่องปลูกข้าวแห้งแบบดีรไลต์เดินตามสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมกรมวิชาการเกษตร**. 25 น.
- วินิต ชินสุวรรณ. (2530). **เครื่องจักรกลเกษตรและการจัดการเบื้องต้น**. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 220 น.
- ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. (2537). **เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง**. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 210 น.
- สามารถ บุญอาจ. (2543). **การออกแบบและพัฒนาเครื่องเก็บหัวมันสำปะหลังแบบติดพ่วงกับรถแทรกเตอร์**. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 107 น.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2558). **สถิติการส่งออก (Export) – มันสำปะหลัง : ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน[ระบบออนไลน์]**. แหล่งที่มา [http://www.oae.go.th/oae\\_report/export\\_import/export\\_result.php](http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php) (20 กันยายน 2558)
- อนุตร จำลองกุล. (2551). **ทฤษฎีของระบบดิน – เครื่องจักรกล**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 185 น.

- B.G. Sims, D.W. Smith, D.H. O'Neill, (1994). Testing and evaluation of agricultural machinery and equipment. Food and Agriculture Organization of the United Nation. (FAO). 272 p.
- Hunt, D. (1977). **Farm Power and Machinery Management**. Iowa State University Press, Iowa, U.S.A. 365 p.
- Ladeinde, M.A., Verma, S.R., Bakshev and Vacilevish. (1995). **Performance of Semi automatic Tractor-mounted Cassava Planter**. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, Vol. 26 Issue 1, December 1995. Pages 27-30
- Mckyes, E. (1985). **Soil Cutting and Tillage**. Elsevier Science Publisher B.V., Netherland. 217 p.
- Odigboh, E.U. and Ahmed, S.F. (1982). **Automatic Cassava Planter**. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, Vol. 13 Issue 4, September 1982. Pages 15-10
- Ram, R.B. and Pathak, B.S. (1978). **Tractive Efficiency of Soil under a Simple Traction Device**. Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 23 Issue 2, June 1978. Pages 141-150
- Tiwan, V.K. Pandey, K.P. and Pranav, P.K. (2010). **A Review on Traction Prediction Equations**. Journal of Terramechanics, Vol. 47 Issue 3, June 2010. Pages 191-199





ภาคผนวก ก

ตารางผนวก

### ก1. ตัวประกอบการใช้งานสำหรับสถานะสิ่งแวดล้อมทำงาน $N_{s2}$

|                                                                           |          |
|---------------------------------------------------------------------------|----------|
| สถานะสิ่งแวดล้อมทำงาน                                                     | $N_{s2}$ |
| ค่อนข้างสะอาด และอุณหภูมิปกติ                                             | 1.0      |
| สกปรกปานกลาง และอุณหภูมิปกติ                                              | 1.2      |
| สกปรกมาก ใช้งานในที่โล่งแจ้ง มีการขัดสี การกัดกร่อนปานกลาง และอุณหภูมิสูง | 1.4      |

ที่มา : วรวิทย์ และชาญ, (2556)

### ก2. ค่าความปลอดภัย

| ชนิดของแรง         | เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว |         | เหล็กหล่อและโลหะเปราะ |
|--------------------|--------------------------|---------|-----------------------|
|                    | $N_y$                    | $N_u$   | $N_u$                 |
| แรงอยู่หนึ่ง       | 1.5 - 2                  | 3 - 4   | 5 - 6                 |
| แรงซ้ำทิศทางเดียว  |                          |         |                       |
| หรือกระแทกเล็กน้อย | 3                        | 6       | 7 - 8                 |
| แรงซ้ำสองทิศทาง    |                          |         |                       |
| หรือกระแทกเล็กน้อย | 4                        | 8       | 10 - 12               |
| แรงกระแทกอย่างหนัก | 5 - 7                    | 10 - 15 | 15 - 20               |

ที่มา : วรวิทย์ และชาญ, (2556)

### ก3. ตัวประกอบความล้า $C_m$ และ $C_t$

| ชนิดของแรง                   | $C_m$ | $C_t$ |
|------------------------------|-------|-------|
| เพลายูนิ่ง                   |       |       |
| แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ | 1.0   | 1.0   |
| แรงกระตุก                    | 2.0   | 2.0   |
| เพลามุม                      |       |       |
| แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ | 1.5   | 1.0   |
| แรงกระตุกอย่างเบา            | 2.0   | 1.5   |
| แรงกระตุกอย่างแรง            | 3.0   | 3.0   |

ที่มา : วรวิทย์และชาญ, (2556)

ก4. ผลการคำนวณต้นทุนในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพื้นที่ปลูก

| พื้นที่<br>(ไร่) | ดอกเบี้ย<br>(บาท/ปี) | ซ่อมแซมบำรุง<br>(บาท/ปี) | น้ำมันเชื้อเพลิง<br>(บาท/ปี) | ค่าแรงงาน<br>(บาท/ปี) | รวมต้นทุน<br>(บาท/ปี) |
|------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 100              | 6,000                | 750                      | 8,400.0                      | 9,375.0               | 24,525.0              |
| 120              | 6,000                | 900                      | 10,080.0                     | 11,250.0              | 28,230.0              |
| 150              | 6,000                | 1,125                    | 12,600.0                     | 14,062.5              | 33,787.5              |
| 180              | 6,000                | 1,350                    | 15,120.0                     | 16,875.0              | 39,345.0              |
| 200              | 6,000                | 1,500                    | 16,800.0                     | 18,750.0              | 43,050.0              |
| 250              | 6,000                | 1,875                    | 21,000.0                     | 23,437.5              | 52,312.5              |
| 300              | 6,000                | 2,250                    | 25,200.0                     | 28,125.0              | 61,575.0              |
| 350              | 6,000                | 2,625                    | 29,400.0                     | 32,812.5              | 70,837.5              |

ก5. ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพื้นที่การทำงาน

| พื้นที่<br>คืนทุน<br>(ไร่) | ผลประโยชน์ที่ได้รับ<br>(บาท/ปี) | ต้นทุน<br>(บาท/ปี) | ผลประโยชน์สุทธิ<br>(บาท/ปี) | ระยะเวลา<br>(ปี) |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------|
| 100                        | 30,000                          | 24,525.0           | 5,475.0                     | 9.9              |
| 120                        | 36,000                          | 28,230.0           | 7,770.0                     | 6.4              |
| 150                        | 45,000                          | 33,787.5           | 11,212.5                    | 4.4              |
| 180                        | 54,000                          | 39,345.0           | 14,655.0                    | 3.4              |
| 200                        | 60,000                          | 43,050.0           | 16,950.0                    | 2.9              |
| 250                        | 75,000                          | 52,312.5           | 22,687.5                    | 2.2              |
| 300                        | 90,000                          | 61,575.0           | 28,425.0                    | 1.7              |
| 350                        | 105,000                         | 70,837.5           | 34,162.5                    | 1.4              |



ภาคผนวก ข

ภาพผนวก



รูปที่ ข.1 การทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังในแปลงทดสอบ



รูปที่ ข.2 สภาพแปลงหลังการทดสอบ



รูปที่ ข.3 ลักษณะการปลูกของท่อนพันธุ์



รูปที่ ข.4 การวัดแรงลากเครื่องปลูกมันสำปะหลัง



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณ

### รายละเอียดการคำนวณ

#### ค1. คำนวณความเค้นเฉือนที่ใช้ในการตัดท่อนพันธู์ของมูมไบมีด

การคำนวณที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนพันธู์มันสำปะหลังที่ 27 มิลลิเมตร แรงที่ใช้ในการตัดท่อนพันธู์ที่มูมไบมีด 20 องศา 1,248.40 นิวตัน การคำนวณได้ดังนี้

จาก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อนพันธู์มันสำปะหลังที่ทดสอบ 27 มิลลิเมตร

จะได้  $A = 572.55 \text{ mm}^2$

จาก  $\tau = \frac{F}{A}$

จะได้  $\tau = \frac{1,248.40 \text{ N}}{572.55 \text{ mm}^2}$

จะได้  $\tau = 2.18 \text{ N/mm}^2$

ดังนั้น ความเค้นเฉือนสูงสุดที่มูมไบมีด 20 องศาได้ 2.18 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

## ค2. คำนวณกลไก ความเร็ว ความเร่ง ของกลไก Scotch yoke

การออกแบบกลไก Scotch yoke ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นจาน 220 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของแผ่นจานกลไก 28 รอบต่อนาที ระยะชักของกลไก 220 มิลลิเมตร การคำนวณได้ดังนี้

จาก ความเร็วเชิงมุมของแผ่นจากกลไก  $\omega = \frac{2\pi n}{60}$

$$\omega = \frac{2\pi(28)}{60}$$

จะได้

$$\omega = 2.93 \text{ rad/sec}$$

จาก ระยะชักสูงสุด 220 mm

$$R = \frac{1}{2} \text{ stroke}$$

$$R = \frac{220}{2}$$

จะได้

$$R = 110 \text{ mm}$$

จาก ความเร็วสูงสุด

$$V_{\max} = R\omega$$

$$V_{\max} = 110(2.93)$$

จะได้

$$V_{\max} = 322.3 \text{ mm/s หรือ } 0.3223 \text{ m/s}$$

จาก ความเร่งสูงสุด

$$a_{\max} = R\omega^2$$

$$a_{\max} = 110(2.93)^2$$

จะได้

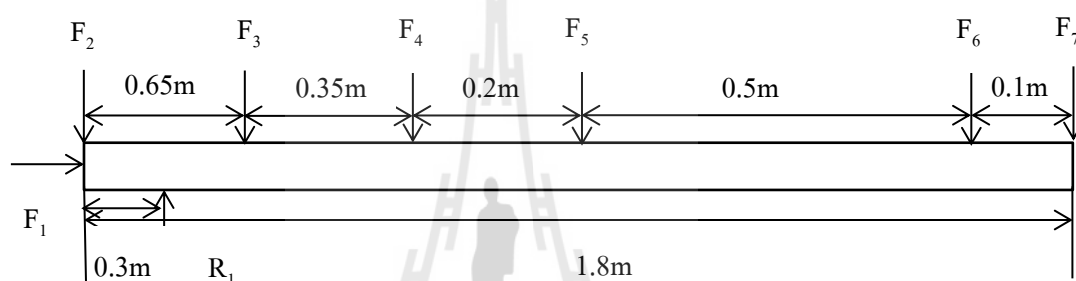
$$a_{\max} = 944.34 \text{ mm/s}^2 \text{ หรือ } 0.9443$$

m/s<sup>2</sup>

ดังนั้น การเคลื่อนของกลไกสูงสุด 220 mm ความเร็วของกลไกสูงสุด 0.3223 m/s และความเร่งของกลไกสูงสุด 0.9443 m/s<sup>2</sup>

### ค3. คำนวณและออกแบบโครงสร้างตัวเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

การออกแบบโครงสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลังมีวิธีการคือพิจารณาส่วนที่รับแรงจากส่วนประกอบต่าง ๆ ที่กระทำต่อโครงสร้างเครื่องต้นแบบ นำมาคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของโครงสร้าง และเนื่องจากโครงสร้างเครื่องต้นแบบอยู่ในสภาวะสมดุล ดังนั้นจึงพิจารณาแรงในระนาบ 2 มิติ โดยมีแรงต่าง ๆ ที่มากระทำต่อโครงสร้างและระยะการกระทำของแรงโดยรวม น้ำหนักท่อนพันธุ์และคนนั่งทำงานด้วย ดังนี้



เมื่อ ชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ที่กระทำแต่ละจุดและนำมาคิดแรงแต่ละจุดที่กระทำจะได้

$$F_1 \text{ (แรงต้านแรงดึงในแนวแกน)} = 3,985 \text{ N}$$

$$F_2 \text{ (รวมน้ำหนักที่กระทำและแรงได้)} = 32.4 \text{ kg} \quad \text{แรงที่ได้} \quad 317.84 \text{ N}$$

$$F_3 \text{ (รวมน้ำหนักที่กระทำและแรงได้)} = 7.8 \text{ kg} \quad \text{แรงที่ได้} \quad 76.52 \text{ N}$$

$$F_4 \text{ (รวมน้ำหนักที่กระทำและแรงได้)} = 132.5 \text{ kg} \quad \text{แรงที่ได้} \quad 1,299.82 \text{ N}$$

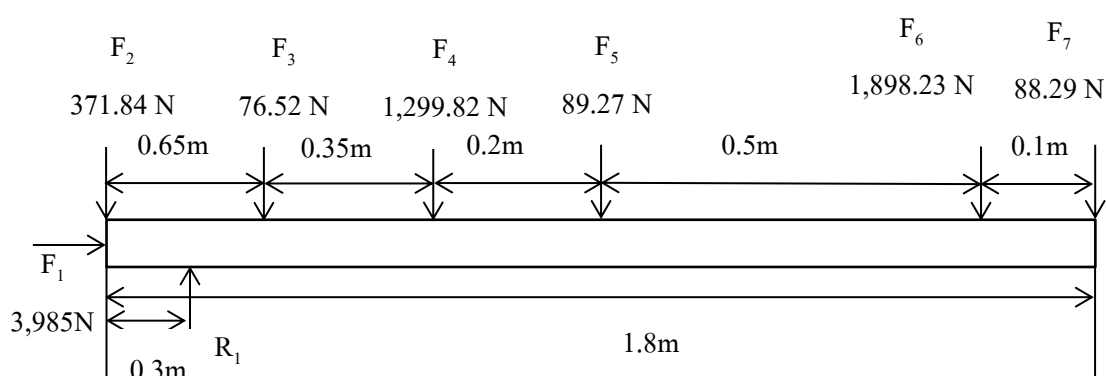
$$F_5 \text{ (รวมน้ำหนักที่กระทำและแรงได้)} = 9.1 \text{ kg} \quad \text{แรงที่ได้} \quad 89.27 \text{ N}$$

$$F_6 \text{ (รวมน้ำหนักที่กระทำและแรงได้)} = 193.5 \text{ kg} \quad \text{แรงที่ได้} \quad 1,898.23 \text{ N}$$

$$F_7 \text{ (รวมน้ำหนักที่กระทำและแรงได้)} = 9 \text{ kg} \quad \text{แรงที่ได้} \quad 88.29 \text{ N}$$

$$R_1 \text{ (แรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ)}$$

ดังนั้น



รวมแรงในแนวแกน y

$$\begin{aligned}
 +\downarrow \Sigma F_y &= 0; F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 - R_1 = 0 \\
 R_1 &= 371.84 + 76.52 + 1,299.82 + 89.27 + 1,898.23 + 88.29 \\
 R_1 &= 3,823.97 \text{ N}
 \end{aligned}$$

รวมแรงในแนวแกน x

$$\begin{aligned}
 +\rightarrow \Sigma F_x &= 0; F_1 = 0 \\
 F_1 &= 3,985 \text{ N}
 \end{aligned}$$

แรงลัพธ์กระทำต่อโครงสร้าง

$$\begin{aligned}
 F_{xy} &= \sqrt{(3,823.97)^2 + (3,985)^2} \\
 F_{xy} &= 5,522.95 \text{ N}
 \end{aligned}$$

จาก  $A = \frac{F}{\delta_a}$

โดย  $\delta_a = \frac{\delta}{\text{Safety Factor}}$

และ  $\delta_a = 370 \text{ N/mm}^2$  (เหล็ก St 37), safety factor = 6

จะได้  $\delta_a = \frac{370}{6} = 62 \text{ N/mm}^2$

แทนค่า

$$A = \frac{5,522.95}{62}$$

$$A = 89 \text{ mm}^2$$

ต้องใช้เหล็กโครงสร้างที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า  $89 \text{ mm}^2$  (เหล็ก St 37)

#### ค4. การคำนวณโซ่ส่งกำลัง

##### ค4.1 คำนวณและออกแบบโซ่ส่งกำลังขับเคลื่อนเพลลาที่ 1

จากแรงบิดตกข้อขับ  $F_r = 1,107 \text{ N}$

ความเร็วเฟืองโซ่  $V = \pi d n$  ( d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์ของเฟืองโซ่ )

$$V = \pi 0.14 \text{ m} \left( \frac{28 \text{ rpm}}{60} \right)$$

$$V = 0.2 \text{ m/s}$$

กำลังที่ต้องการส่ง  $W_p = \left( \frac{F_r \times V}{E} \right)$  ( E คือประสิทธิภาพการขับโซ่ 0.8 )

$$W_p = \left( \frac{1,107 \text{ N} \times 0.2 \text{ m/s}}{0.8} \right)$$

$$W_p = 276.75 \text{ w หรือ } 0.37 \text{ HP}$$

$N_2 = 28 \text{ rpm}$     $N_1 = 56 \text{ rpm}$     $i = 2:1$    เลือก จำนวนฟันเฟือง 40 ฟัน บนเฟืองโซ่ 20 ฟัน  
ระยะห่างเฟืองโซ่ที่ออกแบบ 480 mm

หาค่ากำลังในการขับโซ่

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

$$P = 276.75w (1.4) (1.2)$$

$$P = 464.94w \text{ หรือ } 0.62 \text{ HP}$$

เลือกเบอร์โซ่ที่  $P = 0.62 \text{ HP}$     $N_1 = 56 \text{ rpm}$

ได้โซ่ชนิด 1 ชั้น ISO/R606 10A-1, พิตช์ 15.875 mm

แรงแตกหัก  $F_b = 21.78 \text{ kN}$    มวลโซ่ 0.98 kg/m

ความเร็วโซ่  $V = pzn$

$$V = 0.01587 \text{ m} (40) \left( \frac{56 \text{ rpm}}{60} \right)$$

$$V = 0.59 \text{ m/s}$$

$$F_t = \frac{W_p}{v} = \frac{276.75}{0.59} = 469 \text{ N}$$

$$F_c = mv^2 = (0.98 \text{ kg/m})(0.59 \text{ m/s})^2 = 0.34 \text{ N}$$

$$F = F_t + F_c = 469 \text{ N} + 0.341 \text{ N} = 469.34 \text{ N}$$

แรงแตกหัก  $469.341 \text{ N} < 21.78 \text{ kN}$    (ใช้ได้)

$$x = \frac{\frac{2c}{p} + \frac{Z+z}{2} + \left( \frac{Z-z}{2\pi} \right)^2 \frac{p}{C}}{\frac{2(0.48)}{0.0158} + \frac{40+20}{2} + \left( \frac{40-20}{2\pi} \right)^2 \frac{0.0158}{0.48}}$$

$$x = 91 \text{ ซี่}$$

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่

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

$$C = \frac{15.87}{4} \left\{ 91 - \frac{40+20}{2} + \sqrt{\left( 91 - \frac{40+20}{2} \right)^2 - 2 \left( \frac{40-20}{\pi} \right)^2} \right\}$$

$$C = 481 \text{ mm หรือ } 0.481 \text{ m}$$

โซ่ขับเพลลาที่ 1 เลือกโซ่ ISO/R606 10A-1 จำนวน 91 ซี่ ฟันเฟือง 40 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 260 มิลลิเมตร เฟืองโซ่ 20 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร

#### ค4.2 จำนวนและออกแบบโซ่ส่งกำลังขับเคลื่อนที่ 2

จากการคำนวณหาขนาดโซ่ส่งกำลังที่ 1 นั้น ค่าที่ได้จากการคำนวณที่มีเหมือนกันนั้น ประกอบด้วยค่าดังนี้

$$F_r = 1,107 \text{ N}, \quad V = 0.2 \text{ m/s}, \quad W_p = 276.75 \text{ w หรือ } 0.37 \text{ HP}, \quad N_{s1} = 1.4, \quad N_{s2} = 1.2, \\ P = 464.94 \text{ w หรือ } 0.62 \text{ HP}$$

นำค่าที่ได้มาคำนวณ ดังนี้

จำนวนฟันเฟือง 20 ฟัน, บนเฟืองโซ่ 20 ฟัน, จะได้  $N_3 = 28 \text{ rpm}$ ,  $N_4 = 28 \text{ rpm}$ ,  $i = 1:1$

ระยะห่างเฟืองโซ่ที่ออกแบบ 540 mm

เลือกโซ่ที่  $P = 464.94 \text{ w หรือ } 0.62 \text{ HP}$       ความเร็วรอบ  $N_4 = 28 \text{ rpm}$

ได้โซ่ชนิด 1 ชั้น    ISO/R606 16A-1,    พิตช์ 25.4 mm

แรงแตกหัก  $F_b = 55.52 \text{ kN}$ ,    มีมวล 2.5 kg/m

ความเร็วโซ่  $V = \text{pzn}$

$$V = 0.0254 \text{ m (20)} \left( \frac{28 \text{ rpm}}{60} \right)$$

$$V = 0.237 \text{ m/s}$$

$$F_t = \frac{W_p}{v} = \frac{276.75 \text{ w}}{0.237 \text{ m/s}} = 1,167.4 \text{ N}$$

$$F_c = mv^2 = (2.5 \text{ kg/m}) (0.237 \text{ m/s})^2 = 0.14 \text{ N}$$

$$F = F_t + F_c = 1,167.4 \text{ N} + 0.14 \text{ N} = 1,167.54 \text{ N}$$

แรงแตกหัก  $1,167.54 \text{ N} < 55.52 \text{ kN}$     (ใช้ได้)

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

$$x = \frac{2(0.54)}{0.0254} + \frac{20+20}{2} + \left( \frac{20-20}{2\pi} \right)^2 \frac{0.0254}{0.540}$$

$$x = 63 \text{ ข้อ}$$

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่

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

$$C = \frac{25.4}{4} \left\{ 63 - \frac{20+20}{2} + \sqrt{\left( 63 - \frac{20+20}{2} \right)^2 - 2 \left( \frac{20-20}{\pi} \right)^2} \right\}$$

$$C = 541.88 \text{ mm หรือ } 0.541 \text{ m}$$

โซ่ขับเพลลาที่ 2 เลือกโซ่ ISO/R606 16A-1 จำนวน 63 ข้อ พินิเยน 20 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร เฟืองโซ่ 20 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร

#### ก4.3 จำนวนและออกแบบโซ่ส่งกำลังขับเคลื่อนเพลลาที่ 3

จากการคำนวณหาขนาดโซ่ส่งกำลังที่ 2 นั้น ค่าที่ได้จากการคำนวณที่มีเหมือนกันนั้น ประกอบด้วยค่าดังนี้

$$F_r = 1,107 \text{ N}, \quad V = 0.2 \text{ m/s}, \quad W_p = 276.75 \text{ w หรือ } 0.37 \text{ HP}, \quad N_{s1} = 1.4, \quad N_{s2} = 1.2, \\ P = 464.94 \text{ w หรือ } 0.62 \text{ HP},$$

นำค่าที่ได้มาคำนวณ ดังนี้

จำนวนพินิเยน 20 ฟัน, บนเฟืองโซ่ 20 ฟัน , จะได้  $N_5 = 28 \text{ rpm}$ ,  $N_6 = 28 \text{ rpm}$ ,  $i = 1:1$

ระยะห่างเฟืองโซ่ที่ออกแบบ 600 mm

เลือกโซ่ที่  $P = 464.94 \text{ w หรือ } 0.62 \text{ HP}$       ความเร็วรอบ  $N_6 = 28 \text{ rpm}$

ได้โซ่ชนิด 1 ชั้น      ISO/R606 16A-1,      พิตช์ 25.4 mm

แรงแตกหัก       $F_b = 55.62 \text{ kN}$       มีมวล 2.5 kg/m

ความเร็วโซ่       $V = pzn$

$$V = 0.0254 \text{ m (20)} \left( \frac{28 \text{ rpm}}{60} \right)$$

$$V = 0.237 \text{ m/s}$$

$$F_t = \frac{W_p}{v} = \frac{276.75 \text{ w}}{0.237 \text{ m/s}} = 1,167.4 \text{ N}$$

$$F_c = mv^2 = (2.50 \text{ kg/m}) (0.237 \text{ m/s})^2 = 0.14 \text{ N}$$

$$F = F_t + F_c = 1,167.4 \text{ N} + 0.14 \text{ N} = 1,167.54 \text{ N}$$

แรงแตกหัก       $1,167.54 \text{ N} < 55.56 \text{ kN}$       (ใช้ได้)

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

$$x = \frac{2(0.6)}{0.0254} + \frac{20+20}{2} + \left( \frac{20-20}{2\pi} \right)^2 \frac{0.0254}{0.6}$$

$$x = 68 \text{ ข้อ}$$

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่

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

$$C = \frac{25.4}{4} \left\{ 68 - \frac{20+20}{2} + \sqrt{\left( 68 - \frac{20+20}{2} \right)^2 - 2 \left( \frac{20-20}{\pi} \right)^2} \right\}$$

$$C = 609.6 \text{ mm หรือ } 0.6096 \text{ m}$$

โซ่ขับเพลที่ 3 เลือกโซ่ ISO/R606 16A-1 จำนวน 68 ข้อ พินิเยน 20 ฟัน, เส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร, เฟืองโซ่ 20 ฟัน, เส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร

#### ค5. กำหนดและออกแบบเพลขับ

การคำนวณและออกแบบเพลขับกลไก เพลขับ 1 เพลขับ 2 เพลขับ 3 โดยเริ่มคำนวณจากเพลขับ 1 และเพลขับ 2 เพลขับ 3 เลือกใช้ ขนาดเดียวกับกับเพลขับ 1 การคำนวณได้ดังนี้

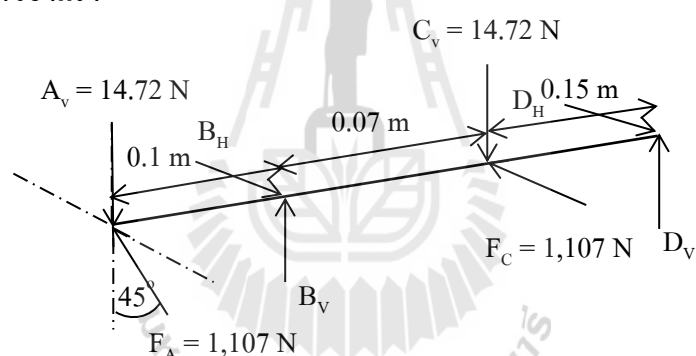
จาก กำลังที่ต้องการขับเพล 1  $W_p = 276.75 \text{ w หรือ } 0.37 \text{ HP}$

จาก  $T = \frac{W_p}{2\pi n}$

$$T = \frac{276.75}{(2\pi)(28/60)}$$

$$T = 94.38 \text{ Nm}$$

ตำแหน่งของแรง



หาแรง  $F_A$  ในแนวตั้ง และแนวระดับ

$$F_{AH} = F_A \sin 45 = 1,107 \sin 45 = 782.76 \text{ N}$$

$$F_{AV} = F_A \cos 45 = 1,107 \cos 45 = 782.76 \text{ N}$$

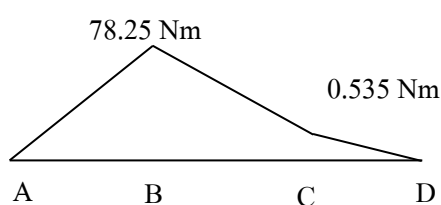
หาแรงปฏิกิริยาได้

$$B_H = 1,893.33 \text{ N} \quad B_V = 1,107.11 \text{ N}$$

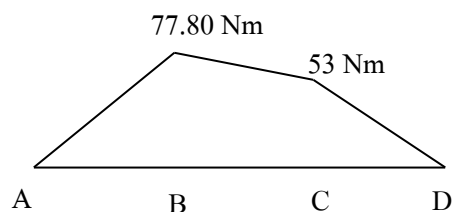
$$D_H = 3.52 \text{ N} \quad D_V = 353.79 \text{ N}$$

เขียนไดอะแกรมของโมเมนต์ตัด

โมเมนต์ตัดแนวระดับ



โมเมนต์ตัดแนวตั้ง



โมเมนต์มากที่สุดเกิดขึ้นที่จุด B

$$\left( \sqrt{(78.25)^2 + (77.80)^2} \right) = 110.3 \text{ Nm}$$

เลือกวัสดุทำเพลลาจากเหล็กคาร์บอน St 37

$$S_y = 370 \text{ N/mm}^2 \text{ หรือ } 3.7 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

เพลลาไม่มีร่องลิ้น

$$\tau_d = 0.7S_y = 0.7 \times 3.7 \times 10^8 \text{ N/m}^2 = 259 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

เลือกใช้ค่าตัวประกอบความล้า

$$C_t = 1.5 \text{ และ } C_m = 2$$

คำนวณขนาดเพลลา

$$d = \left\{ \frac{16}{\pi \tau_d} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = \left\{ \frac{16}{\pi (259 \times 10^6)} [(1.5 \times 94.37)^2 + (2 \times 110.3)^2]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = 0.0172 \text{ m หรือ } d = 17.2 \text{ mm}$$

เลือกใช้เพลลาที่ 25.4 mm

#### ค6. ตรวจสอบมุมบิด

$$\text{จาก } \theta = \frac{584TL}{Gd^4}$$

$$\text{โดย } G = 8.14 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$$

$$\theta = \frac{584 \times 94.73 \times 0.32}{(8.14 \times 10^{10})(0.0254^4)}$$

$$\theta < 4^\circ \text{ ใช้ได้}$$

#### ค7. ประเมินอายุการใช้งานของแบร้ง

จาก ขนาดเพลลา 25.4 mm

ที่จุด B แรงในแนวนอนคือ

$$\left( \sqrt{(1,893.33)^2 + (1,107.11)^2} \right) = 2,193.26 \text{ N}$$

$$\text{จากอายุการใช้งานของแบร้ง } L = (C/P)^3$$

$$\text{เลือกใช้แบร้งอนุกรมมิติ 02 ที่ } d = 25.4 \text{ mm จะได้ } C = 10.77 \text{ kN}$$

$$L = \left( \frac{10.77}{2.193} \right)^3$$

$$L = 118.44 \text{ ล้านรอบ}$$

ความเร็วรอบเพลลา 28 rpm

$$L = \left( \frac{118.77 \times 10^6}{(28 \times 60)} \right)$$

$$L = 70,696.42 \text{ ชั่วโมง}$$

ที่จุด D แรงในแนวรัศมี คือ

$$\left( \sqrt{(353.79)^2 + (3.52)^2} \right) = 353.8 \text{ N}$$

จากอายุการใช้งานของแบร่ริง

$$L = (C/P)^3$$

เลือกใช้แบร่ริงอนุกรมมิติ 02 ที่

$$d = 25.4 \text{ mm} \quad \text{จะได้ } C = 10.77 \text{ kN}$$

$$L = \left( \frac{10.77}{0.3538} \right)^3$$

$$L = 28,208.08 \text{ ล้านรอบ}$$

ความเร็วรอบเพลลา 28 rpm

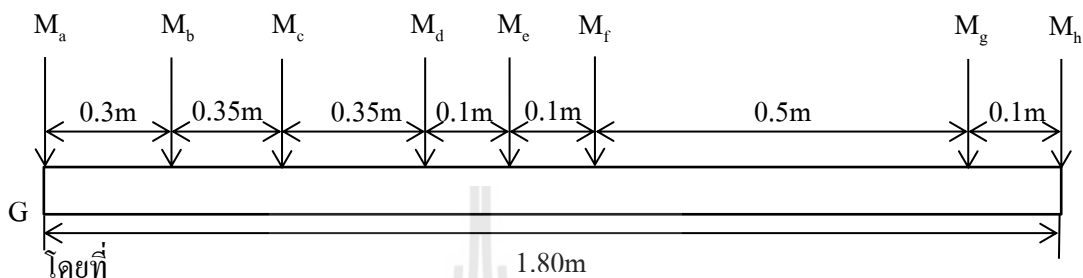
$$L = \left( \frac{28,208.08 \times 10^6}{(28 \times 60)} \right)$$

$$L = 16,790,523.8 \text{ ชั่วโมง}$$

ดังนั้น พบว่า แบร่ริงที่จุดรองรับ B และจุดรองรับ D จำนวนรอบการใช้งานเข้าใกล้  $\infty$  เลือกอายุการใช้งานของแบร่ริงที่ 8,000 ชั่วโมง เนื่องจากใช้กับเครื่องจักรกลเกษตร และ เพลลาขับที่ 1 เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา 25.4 mm ทำจากเหล็กคาร์บอน St 37 และบอลแบร่ริง อนุกรมมิติ 02 เนื่องจากเพลลาขับที่ 2 และเพลลาขับที่ 3 กำลังที่ส่งต่อจากเพลลาขับที่ 1 มีกำลังในการส่งเท่ากัน และอัตราความเร็วรอบเท่ากัน ดังนั้นที่เพลลาขับที่ 2 และเพลลาขับ 3 เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา 25.4 mm ทำจากเหล็กคาร์บอน St 37 และ บอลแบร่ริงอนุกรมมิติ 02

### ค8. คำนวณจุดศูนย์ถ่วงของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

เนื่องจากโครงสร้างอยู่ในสภาวะสมดุล ดังนั้นจึงพิจารณาในระนาบ 2 มิติ โครงสร้างของเครื่องต้นแบบ มีน้ำหนักที่จุดรับน้ำหนัก ระยะของจุดรับน้ำหนักต่าง ๆ โดยไม่รวมน้ำหนักท่อนพันธุ์และคนนั่งทำงานป้อนต้นพันธุ์ ดังนี้



|       |                                |   |       |    |
|-------|--------------------------------|---|-------|----|
| $M_a$ | ชุดเพลาชับ 1 พร้อมเบร้ง        | = | 32.4  | kg |
| $M_b$ | ชุดล้อขับ (Ground Wheel)       | = | 30.7  | kg |
| $M_c$ | ชุดเพลาชับ 2 พร้อมเบร้ง        | = | 7.8   | kg |
| $M_d$ | โครงสร้างส่วนล่าง              | = | 125.5 | kg |
| $M_e$ | ชุดเปิดร่องและโครงสร้างส่วนบน  | = | 70.5  | kg |
| $M_f$ | ชุดเพลาชับ 3 พร้อมเบร้งและกลไก | = | 9.1   | kg |
| $M_g$ | ชุดยกร่องปลูกและเก้าอี้นั่ง    | = | 123.5 | kg |
| $M_h$ | ชุดใบมีดรับ                    | = | 9     | kg |
| $G$   | จุดอ้างอิง (จุดต่อพ่วงจุดกลาง) |   |       |    |

จากหลักการของโมเมนต์จะได้

$$X = \frac{\sum M_{xm}}{\sum M}$$

โดยที่

|       |   |                                           |
|-------|---|-------------------------------------------|
| $X$   | = | ระยะของจุดศูนย์ถ่วงวัดจากจุดอ้างอิง       |
| $M$   | = | น้ำหนักแต่ละจุด                           |
| $x_m$ | = | ระยะจากจุดรับน้ำหนักแต่ละจุดถึงจุดอ้างอิง |

แทนค่า

$$X = \frac{(0 + 9.21 + 5.07 + 125.5 + 77.55 + 10.92 + 209.95 + 16.2)}{(32.4 + 30.7 + 7.8 + 70.5 + 125.5 + 9.1 + 123.5 + 9)}$$

$$X = \frac{445.2}{408.5}$$

$$X = 1.08 \text{ m}$$

ดังนั้น จุดศูนย์กลางของเครื่องปลูกมันสำปะหลังอยู่ห่างจากจุดต่อฟางจุดกลาง 1.08 เมตร

## ค9. คำนวณค่าชี้ผลของการทดสอบ

### ค9.1 ความสามารถในการทำงานจริง (Effective Field Capacity)

$$\text{เมื่อ } C_a = \frac{A}{T_t}$$

$$C_a = \frac{1.65}{(122.75/60)}$$

$$\text{จะได้ } C_a = 0.8 \text{ ไร่ต่อชั่วโมง}$$

ดังนั้น ความสามารถในการทำงานจริง 0.8 ไร่ต่อชั่วโมง

### ค9.2 ประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา (Field Efficiency)

$$\text{เมื่อ } E_f = \frac{T_e}{T_t} \times 100$$

$$E_f = \frac{98.09}{122.75} \times 100$$

$$\text{จะได้ } E_f = 80 \%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา 80 เปอร์เซ็นต์ หรือ ร้อยละ 80

### ค9.3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption)

$$\text{เมื่อ } F_c = \frac{O}{A}$$

$$F_c = \frac{5.78}{1.65}$$

$$\text{จะได้ } F_c = 3.5 \text{ ลิตร/ไร่}$$

ดังนั้น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3.5 ลิตรต่อไร่

### ค9.4 อัตราการลื่นไถลของรถแทรกเตอร์ (Slip)

$$\text{เมื่อ } \text{Slip} = \frac{\text{Load} - \text{NoLoad}}{\text{Load}}$$

$$\text{Slip} = \frac{17.45 - 16.40}{17.45} \times 100$$

$$\text{จะได้ } \text{Slip} = 6.02 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

ดังนั้น อัตราการลื่นไถลของรถแทรกเตอร์ 6.02 เปอร์เซ็นต์ หรือ ร้อยละ 6.02

### ค10. คำนวณต้นทุน

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

#### ค10.1 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)

$A_c$  = ต้นทุนการใช้เครื่อง (บาท/ไร่)

$F_c$  = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)

$A$  = พื้นที่ปลูกใน 1 ปี (ไร่)

$R$  = ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (บาท/ชั่วโมง)

$F$  = ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ชั่วโมง)

$O$  = ค่าน้ำมันหล่อลื่น (บาท/ชั่วโมง)

$L$  = ค่าแรงงาน (บาท/ชั่วโมง)

$C_t$  = ความสามารถในการทำงานของ  
เครื่องปลูกมันสำปะหลัง (ไร่/ชั่วโมง)

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของเครื่องปลูกมันสำปะหลังใช้ข้อมูลดังนี้

|                      |     |   |                                  |
|----------------------|-----|---|----------------------------------|
| ราคาแรกซื้อ          | (P) | = | 50,000 บาท                       |
| อายุการใช้งาน        | (N) | = | 5 ปี                             |
| มูลค่าซาก            | (S) | = | 5,000 (คิด 10% ของราคาแรกซื้อ)   |
| อัตราดอกเบี้ย        | (r) | = | 12% (อัตราดอกเบี้ย ธกส.)         |
| ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา | (R) | = | 1.2% ของราคาแรกซื้อ / 100 ชม.การ |

ทำงาน

$$= (0.012 \times 50,000) / 100 \text{ บาท / ชม.}$$

$$= 6 \text{ บาท / ชม.}$$

$$\text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (F)} = 2.8 \text{ ลิตร / ชม.}$$

$$= 2.8 \text{ ลิตร / ชม.} \times 24 \text{ บาท / ลิตร}$$

( คิดค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 24 บาท / ลิตร )

$$\text{ค่าน้ำมันหล่อลื่น (O)} = 3.12 \text{ บาท / ชม.}$$

( คิด 10% ของน้ำมันเชื้อเพลิง )

$$\text{ค่าแรงงาน (L)} = 2 \text{ คน / วัน}$$

$$= (\text{คิดค่าแรง } 300 \text{ บาท / วัน})$$

$$= (2 \times 300 \text{ บาท}) / (8 \text{ ชั่วโมง})$$

$$= 75 \text{ บาท / ชม.}$$

$$\text{ความสามารถในการทำงาน (C)} = 0.8 \text{ ไร่ / ชม.}$$

จากสมการที่ 3

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

$$D = \left( \frac{50,000 - 5,000}{5} \right)$$

$$D = 9,000 \text{ บาท / ปี}$$

จากสมการที่ 4

$$I = \left[ \frac{P+S}{2} \right] \times \left( \frac{12}{100} \right)$$

$$I = \left[ \frac{50,000 + 5,000}{2} \right] \times \left( \frac{12}{100} \right)$$

$$I = 3,300 \text{ บาท / ปี}$$

แทนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 2

$$F_c = D+I$$

$$F_c = 9,000+3,300 \text{ บาท/ปี}$$

$$F_c = 12,300 \text{ บาท/ปี}$$

แทนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 1

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

$$A_c = \left( \frac{12,300}{A} \right) + \left( \frac{1}{0.8} \right) [6+67.2+3.12+75]$$

$$A_c = \left( \frac{12,300}{A} \right) + 189.15 \quad (5)$$

### ค10.2 คำนวณหาต้นทุนการจ้างยกร่องปลูกและการจ้างแรงงานคนปลูก

จากผลสำรวจของผู้วิจัยพบว่า ค่ายกร่องปลูกจ้าง 250 บาทต่อไร่ และการจ้างแรงงานคนปลูก 200 บาท และบางพื้นที่ 250 และ 300 บาท ตามลำดับ การนำมาคำนวณคิดค่าจ้างพื้นที่การจ้าง 200 บาทต่อคน และความสามารถของแรงงานคนปลูกนั้นพบว่า แรงงานคน 16 คนสามารถตัดท่อนพันธุ์และปลูกได้ 10 ไร่

ดังนั้น ในพื้นที่ 10 ไร่

ต้นทุนในการจ้างยกร่องปลูก 2,500 บาท

ต้นทุนการจ้างแรงงานตัดและปลูก 3,200 บาท

จะได้ (3,200 บาท + 2,500 บาท) / 10 ไร่

รวมต้นทุน 570 บาท / ไร่

### ค11. คำนวณหาจุดคุ้มทุน

$$A_c = \left( \frac{12,300}{A} \right) + 189.15$$

$$570 = \left( \frac{12,300}{A} \right) + 189.15$$

$$A = 32.29 \text{ ไร่/ปี}$$

ดังนั้นจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับ 32.29 ไร่/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกโดยใช้แรงงานคน

## ก12. การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง

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

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

$$\text{ผลประโยชน์สุทธิ} = \text{ผลประโยชน์ (บาท/ปี) - ต้นทุนการใช้เครื่องมือ} \quad (2)$$

(ไม่รวมค่าเสื่อมราคา)

$$\text{ผลประโยชน์} = \text{พื้นที่เพาะปลูก} \times \text{ค่าจ้างปลูก} \quad (3)$$

(ค่าจ้างปลูก 300 บาท/ไร่)

$$\text{ต้นทุนการใช้เครื่อง} = \text{ดอกเบี้ย} + \text{ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา} + \text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} + \text{ค่าน้ำมันหล่อลื่น} + \text{ค่าแรงงานคนทำงาน} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าดอกเบี้ย} &= (50,000 \text{ บาท} \times 0.12 \text{ ปี}) \\ &= 12\% \text{ (อัตราดอกเบี้ย ธกส.)} \\ &= 6,000 \text{ บาท / ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าซ่อมแซมและบำรุง} &= (6 \text{ บาท / ชม.}) \times (1 \text{ ชม. / } 0.8 \text{ ไร่}) \\ &= 7.5 \text{ บาท / ไร่} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} &= (3.5 \text{ ลิตร / ไร่}) \times (24 \text{ บาท / ลิตร}) \\ &= 84 \text{ บาท / ไร่} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าแรงงานขับและปล่อยท่อนพันธุ์} &= (75 \text{ บาท / ชม.}) \times (1 \text{ ชม. / } 0.8 \text{ ไร่}) \\ &= 93.75 \text{ บาท / ไร่} \end{aligned}$$

$$\text{แทนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 4} = \text{ได้ต้นทุนการใช้เครื่อง}$$

(ผลของการแทนค่าในสมการที่ 4 เปรียบเทียบพื้นที่การทำงานต่อปีแสดงในภาคผนวก ก4.)

$$\text{แทนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 3} = \text{ได้ผลประโยชน์}$$

(ผลของการแทนค่าในสมการที่ 3 เปรียบเทียบพื้นที่การทำงานต่อปีแสดงในภาคผนวก ก5.)

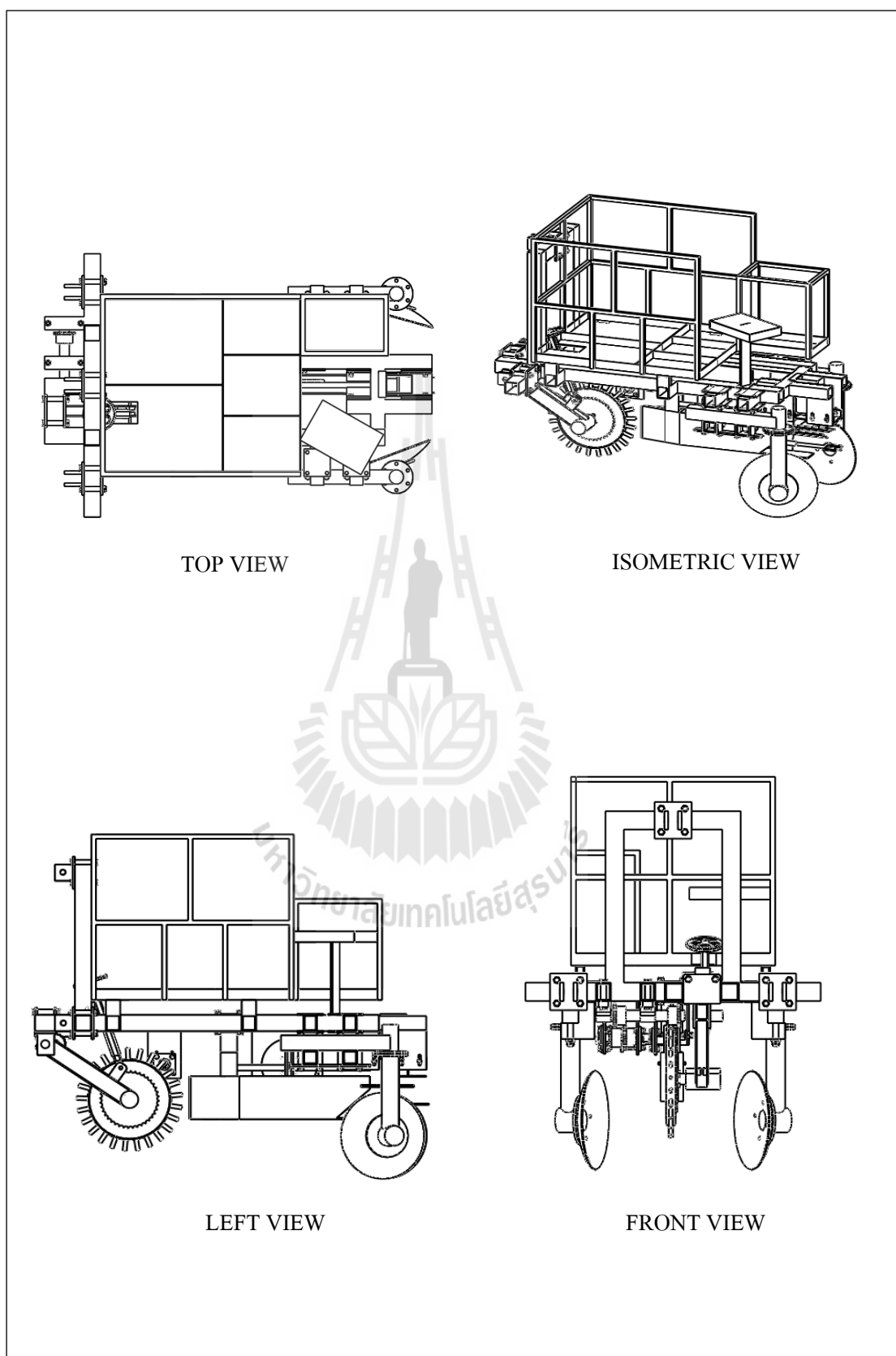
$$\text{แทนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 2} = \text{ได้ผลประโยชน์สุทธิ}$$

(ผลของการแทนค่าในสมการที่ 2 เปรียบเทียบพื้นที่การทำงานต่อปีแสดงในภาคผนวก ก5.)

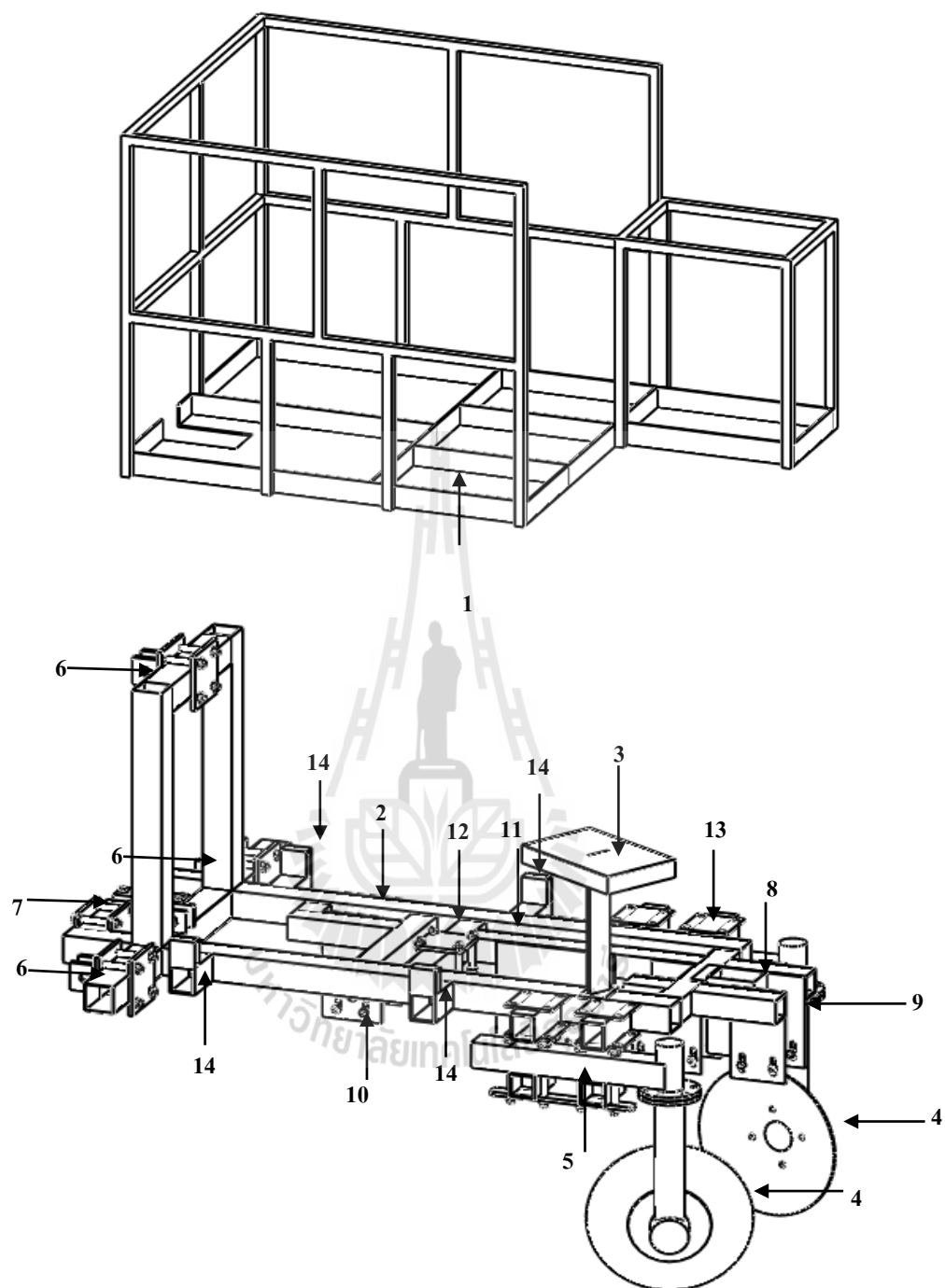
$$\text{แทนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสมการที่ 1} = \text{ได้ระยะเวลาคืนทุน}$$

(ผลของการแทนค่าในสมการที่ 1 เปรียบเทียบพื้นที่การทำงานต่อปีแสดงในภาคผนวก ก5.)





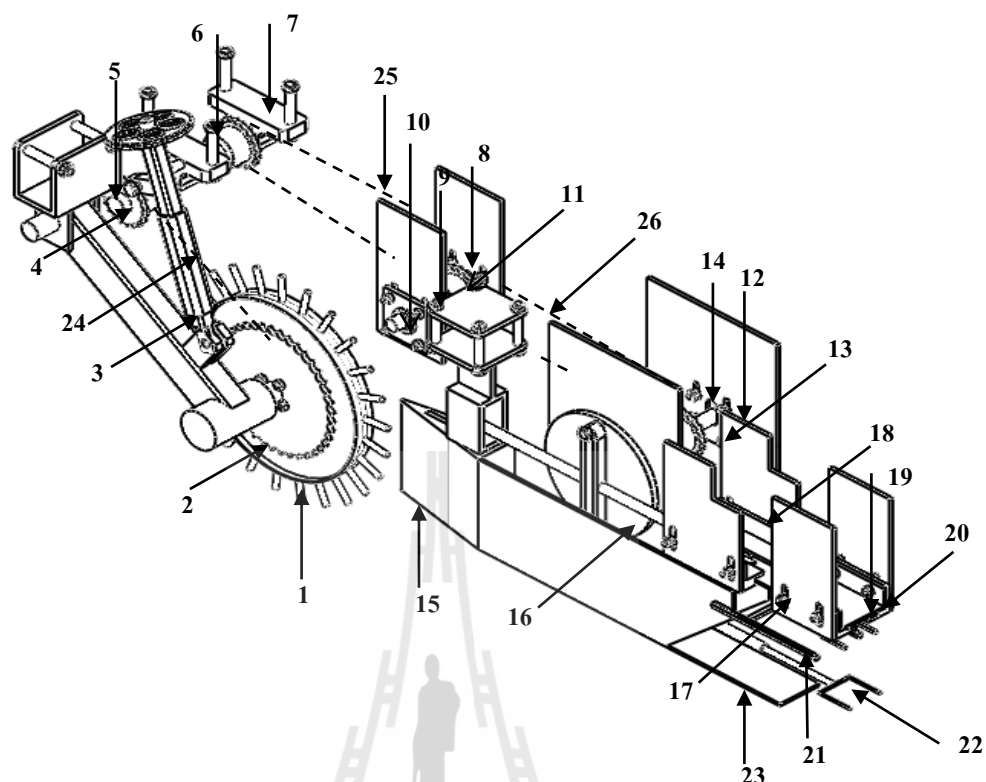
รูปที่ ๑.๑ แบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ



รูปที่ ง.2 รายละเอียดและ ส่วนประกอบโครงสร้างและชุดยกเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

ส่วนประกอบโครงสร้างและชุดยกเครื่องปลุกมันสำปะหลังประกอบด้วย

| หมายเลข | รายละเอียด                     |
|---------|--------------------------------|
| 1       | โครงสร้างส่วนบน                |
| 2       | โครงสร้างส่วนล่าง              |
| 3       | เก้าอี้นั่ง                    |
| 4       | ผาดยกเครื่อง                   |
| 5       | โครงชุดยกเครื่อง               |
| 6       | จุดต่อพ่วงแบบ 3 จุด            |
| 7       | Plate รองรับเพลาลำดับ 1        |
| 8       | ท่อส่งต้นพันธุ์                |
| 9       | Plate รองรับใบมีดตัดท่อนพันธุ์ |
| 10      | Plate รองรับเพลาลำดับ 2        |
| 11      | Plate รองรับเพลาลำดับ 3        |
| 12      | Plate ยึดชุดเปิดหน้าดิน        |
| 13      | Plate ยึดชุดยกเครื่องปลูก      |
| 14      | แท่นรองโครงสร้างส่วนบน         |



รูปที่ ง.3 รายละเอียดและ ส่วนประกอบ ชุดเปิดหน้าดิน กลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ ระบบส่งกำลัง

รายละเอียด ชุดเครื่อง กลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ ระบบส่งกำลัง ประกอบด้วย

| หมายเลข | รายละเอียด                   |
|---------|------------------------------|
| 1       | ล้อขับเคลื่อน (Ground Wheel) |
| 2       | เฟืองขับตัวที่ 1             |
| 3       | ชุดปรับระดับความลึกของล้อดิน |
| 4       | เพลาคับที่ 1                 |
| 5       | เฟืองขับที่ 2                |
| 6       | เฟืองขับที่ 3                |
| 7       | แบร็กรองรับเพลาคับที่ 1      |
| 8       | เฟืองขับที่ 4                |
| 9       | แบร็กรองรับเพลาคับที่ 2      |
| 10      | เพลาคับที่ 2                 |

รายละเอียด ชุดเครื่องมือ กลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ ระบบส่งกำลัง ประกอบด้วย (ต่อ)

| หมายเลข | รายละเอียด                     |
|---------|--------------------------------|
| 11      | เฟืองขับที่ 5                  |
| 12      | เพลาคับที่ 3                   |
| 13      | เฟืองขับที่ 6                  |
| 14      | เบร็กรองรับเพลาคับที่ 3        |
| 15      | ชุดเปิดน้ำดิน                  |
| 16      | กลไก Scotch Yoke               |
| 17      | ใบมีดตัดท่อนพันธุ์             |
| 18      | แผ่นเหล็กรองใบมีดตัดท่อนพันธุ์ |
| 19      | ใบมีดรับท่อนพันธุ์             |
| 20      | แผ่นเหล็กรองใบมีดรับท่อนพันธุ์ |
| 21      | ชุดประกอบท่อนพันธุ์ปลุก        |
| 22      | ตัวผลักท่อนพันธุ์ปลุก          |
| 23      | ชุดหยุดท่อนพันธุ์ (Stopper)    |
| 24      | โซ่ขับเพลาคับ 1                |
| 25      | โซ่ขับเพลาคับ 2                |
| 26      | โซ่ขับเพลาคับ 3                |

## ประวัติผู้เขียน

สิบเอกสุกรี สุขประเสริฐ เกิดเมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2530 เริ่มเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2549 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี เมื่อปี พ.ศ. 2554 หลังจากสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีได้ทำงานเป็นนักวิจัยที่ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีววมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และในปี พ.ศ. 2555 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร ณ สถาบันการศึกษาเดิม

ในระหว่างศึกษาต่อระดับปริญญาโท ได้เป็นผู้ช่วยสอนรายวิชาระดับปริญญาตรี ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีจำนวน 6 รายวิชา ได้แก่

- ปฏิบัติการวิศวกรรมเกษตร I (Engineering Laboratory I)
- ปฏิบัติการวิศวกรรมเกษตร II (Engineering Laboratory II)
- ปฏิบัติการวิศวกรรมรถแทรกเตอร์เกษตร (Tractor Engineering)
- ปฏิบัติการสำรวจทางการเกษตร (Agricultural Survey System)
- ปฏิบัติการวิศวกรรมดินและน้ำ (Soil and Water Engineering)
- ปฏิบัติการเครื่องจักรกลเกษตร (Agricultural Machinery)