การออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังโดยใช้กลไก SCOTCH YOKE สำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

นายณรงค์เดช ซื่อสกุลรัตน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2559

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A CASSAVA PLANTER WITH SCOTCH YOKE MECHANISM FOR SMALL TRACTOR

Narongdet Suesakunrat

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

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

Suranaree University of Technology

Academic Year 2016

การออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังโดยใช้กลไก SCOTCH YOKE สำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน)
ประธานกรรมการ

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

(ผศ. ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร)
กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปีจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ณรงค์เดช ซื่อสกุลรัตน์ : การออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังโดยใช้กลไก SCOTCH YOKE สำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (DESIGN AND DEVELOPMENT OF A CASSAVA PLANTER WITH SCOTCH YOKE MECHANISM FOR SMALL TRACTOR) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.สามารถ บุญอาจ, 86 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบ สร้าง พัฒนา ทดสอบ และประเมินผล เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนแรงงานในกระบวนการปลูกมันสำปะหลัง เครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ออกแบบมีส่วนประกอบหลักดังนี้ ชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ ชุดยกร่องปลูก ชุดเปิดหน้าดิน ระบบส่งกำลังและโครงสร้างของตัวเครื่อง เมื่อดำเนินการออกแบบสร้าง และพัฒนาแล้ว นำไปทดสอบการทำงานในภาคสนามเพื่อหาสมรรถนะและประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

ผลการวิจัยพบว่า เครื่องปลูกมันสำปะหลังที่สร้างขึ้นมีกลไกทำงานแบบ Scotch Yoke มีน้ำหนักโดยประมาณ 370 กิโลกรัม ใบมีดที่เหมาะสมกับกลไกการตัด คือ ใบมีด 45 องศา การทำงานที่เหมาะสมที่ระดับเกียร์ตำแหน่ง 2-3 ช่วงความเร็ว 1.73 – 1.89 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงาน 0.85 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 79 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.40 ลิตรต่อไร่ แรงลาก 2,452 นิวตัน ท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้งร้อยละ 88 ท่อนพันธุ์ที่ล้มร้อยละ 9 ท่อนพันธุ์ที่สูญหายร้อยละ 3 ท่อนพันธุ์ที่งอกร้อยละ 94 ทำการทดสอบในดินร่วนปนทราย เมื่อวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกโดยใช้แรงงานคนพบว่า จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 19.45 ไร่ต่อปี และระยะเวลาคืนทุนภายใน 3 ปี โดยทำงานที่ 150 ไร่ต่อปี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2559 ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา _____

NARONGDET SUESAKUNRAT : DESIGN AND DEVELOPMENT OF A CASSAVA PLANTER WITH SCOTCH YOKE MECHANISM FOR SMALL TRACTOR. THESIS ADVISOR : SAMART BUN-ART, Ph.D., 86 PP.

CASSAVA/PLANTER/CASSAVA PLANTER

In this research, a cassava planter used with small tractor was designed, created, developed, tested and evaluated for reducing the labor shortage in cassava planting process. The planter consisted mainly of stack cutting and pushing set, soil furrow and ridge set, soil opener set, transmission and planter structure. The developed planter was tested in field to find performance and economic analysis.

The results showed that the appropriate blade type in scotch yoke cutting mechanism was 45° type and the total weight of cassava planter was 370 kg. The appropriate speed range was 1.73 – 1.89 km/h in 2-3 gear position with the field capacity was 0.85 rai/h and field efficiency was 79%. The fuel consumption and draft force requirement were 2.40 L/rai and 2,452 N, respectively. The planting was 88%, cassava stake missed planting was 9%, cassava stake lost 3% and the germination was 94%, tested in sandy loam field. Economic analysis shown that the operation machine should be 19.45 rai/year with a consequence of payback period within 3 year, working 150 rai/year.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Agricultural Engineering Student's Signature นรงค์เดช ซื่อสกุลศักดิ์

Academic Year 2016 Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคล และกลุ่มบุลคลต่อไปนี้ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย

อาจารย์ ดร.สามารถ บุญอาจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษาด้านวิชาการ รวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการอันเป็นประโยชน์

คุณกรรณิกา ประเสริฐสังข์ ที่อำนวยความสะดวกขณะศึกษาและให้คำปรึกษาในการจัดรูปเล่มวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย คณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร บุคลากรประจำส่วนจักรกลเกษตร รวมถึงพี่น้องนักศึกษาบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ได้ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำวิจัยนี้

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่งที่ให้การเลี้ยงดู อบรมส่งเสริมการศึกษาครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้วิจัยตลอดมา

ณรงค์เดช ซื่อสกุลรัตน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....ฎ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 บทนำ 3
2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับมันสำปะหลัง 3
2.2.1 ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของมันสำปะหลัง 3
2.2.2 พันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกในประเทศไทย.....3
2.2.3 กระบวนการปลูกมันสำปะหลัง.....6
2.2.4 พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย.....7
2.3 แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 9
2.3.1 เครื่องกิโยติน 9
2.3.2 กลไก Scotch Yoke.....10
2.3.3 ไถยกร่อง 12
2.4 แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย 18
3.1 บทนำ 18
3.2 การทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสมสำหรับกลไกตัดท่อนพันธุ์ 18
3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ 18
3.2.2 เกณฑ์การทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสม 19
3.2.3 ขั้นตอนการหาคุณสมบัติทางกายภาพของต้นพันธุ์มันสำปะหลัง 19
3.2.4 ขั้นตอนการหาแรงที่ใช้ในการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 19
3.2.5 ขั้นตอนการวัดความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์ 21
3.3 วิธีการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 22
3.3.1 ข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวกับการออกแบบ 22
3.3.2 เกณฑ์การออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 23
3.3.3 การออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 23
3.3.4 ขั้นตอนการออกแบบ 23
3.4 วิธีการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 25
3.4.1 วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 25
3.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้าง 26
3.5 การทดสอบหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสม 26
3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบ 26
3.5.2 การทดสอบหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสม 27
3.6 การทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพปลูกในภาคสนาม 27
3.6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังในภาคสนาม 27
3.6.2 การทดสอบสมรรถนะและคุณภาพเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 28
3.6.3 ค่าชี้ผลของการทดสอบ 29
3.7 การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.7.1 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break - even point) 31
3.7.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period, PBP) 31
4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล 32
4.1 บทนำ 32
4.2 ผลการทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสมสาหรับกลไกตัดท่อนพันธุ์ 32
4.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของต้นพันธุ์มันสำปะหลัง 32
4.2.2 แรงที่ใช้ในการตัดต้นพันธุ์มันสำปะหลัง 33
4.2.3 ความเสียหายรอยตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 33
4.3 ผลการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 34
4.3.1 โครงสร้างตัวเครื่อง 34
4.3.2 ชุดยกร่องปลูก 35
4.3.3 ชุดเปิดหน้าดิน 35
4.3.4 ชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ 35
4.3.5 ชุดส่งกำลังขับกลไก 36
4.4 ผลการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 37
4.5 ผลการทดสอบหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสม 41
4.6 ผลการทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพการปลูกในภาคสนาม 41
4.7 ผลการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 45
4.7.1 ผลการประเมินค่าใช้จ่าย 45
4.7.2 ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง 45
4.7.3 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง 45
5 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล 47
5.1 สรุปผล 47
5.2 ข้อเสนอแนะ 47
รายการอ้างอิง 48

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ตารางผนวก 50

ภาคผนวก ข. ภาพผนวก 53

ภาคผนวก ค. ตัวอย่างการคำนวณ 57

ภาคผนวก ง. รายละเอียดเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 76

ภาคผนวก จ. บทความทางวิชาการที่ได้รับตีพิมพ์เผยแพร่ระหว่างศึกษา.....80

ประวัติผู้เขียน 86

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงพื้นที่ปลูกพื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยปี 2559 7

2.2 สรุปข้อมูลเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่มีการวิจัยทำมาก่อนหน้า.....17

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของต้นพันธุ์มันสำปะหลัง 32

4.2 สภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 41

4.3 ผลการทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพการปลูกในภาคสนาม.....42

4.4 สมรรถนะการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังปัจจุบันเปรียบเทียบกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่มีการวิจัยมาก่อนหน้า.....44

4.5 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 45

ก1. ตัวประกอบการใช้งานสำหรับสิ่งแวดล้อมทำงาน N_{s2} 51

ก2. ค่าความปลอดภัย 51

ก3. ตัวประกอบความล้า C_m และ C_t 52

ก4. ผลการคำนวณต้นทุนในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพื้นที่ปลูก.....52

ก5. ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพื้นที่ทำงาน.....52

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องประหารกิโยติน 10
2.2 แสดงกลไกแบบ Scotch Yoke Mechanism 10
2.3 แสดงการฉาย (Projection) ของจุด P ที่ตกลงบนแกน X 11
2.4 ไถยกร่องแบบหัวหมู 13
2.5 ไถยกร่องแบบจาน 13
2.6 เครื่องปลูกมันสำปะหลัง รุ่งเรืองและคณะ (2553) 14
2.7 เครื่องปลูกมันสำปะหลัง เชิดศักดิ์และคณะ (2555) 15
2.8 เครื่องปลูกมันสำปะหลัง ประสาทและคณะ (2556) 15
2.9 เครื่องปลูกมันสำปะหลัง สุกรี (2558) 15
3.1 เครื่องวัดแรงที่กระทำต่อวัสดุแบบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM).....20
3.2 ชุดทดสอบกลไกการตัด 20
3.3 ชุดอุปกรณ์วัดความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์ 21
3.4 การวัดความโค่งของต้นพันธุ์ 21
3.5 วิธีการวัดค่าด้วยชุดอุปกรณ์วัดความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์.....22
3.6 มุมของท่อนพันธุ์ตามแนวร่อง 29
3.7 มุมของท่อนพันธุ์ขวางแนวร่อง 29
4.1 แสดงแรงที่ใช้ในการตัดสูงสุดของใบมีดตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 33
4.2 แสดงความเสียหายรอยตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 34
4.3 กลไกตัดและผลักท่อนพันธุ์ที่ประยุกต์จากกลไก Scotch Yoke 35
4.4 ใบมีดที่ใช้ในการทดสอบ 36
4.5 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 37
4.6 แสดงเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่สร้างขึ้น 38
4.7 แสดงเครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ 38
4.8 แสดงช่องป้อนต้นพันธุ์และตัวล็อคเป้ารูปตัว V ในกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ 39
4.9 ตัวผลักท่อนพันธุ์ รูปตัว V ในกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ 39

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.10 มุมการปักของท่อนพันธุ์ในแนวตามร่องและแนวขวางร่อง 40
4.11 ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพื้นที่ปลูก 46
ข1. การทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังในแปลงทดสอบ 54
ข2. สภาพแปลงก่อนการทดสอบ 54
ข3. ขณะการทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 55
ข4. สภาพแปลงหลังการทดสอบ.....55
ข5. ลักษณะการปลูกของท่อนพันธุ์.....56
ข6. การวัดแรงลากของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง 56

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A	=	พื้นที่
a_{max}	=	ความเร่งสูงสุด
C	=	ระยะห่างระหว่างเฟืองโซ่
C_a	=	ความสามารถในการทำงาน
C_m	=	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด
C_t	=	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด
CSD	=	Cross Section Damage (ความเสียหายรอยตัด)
c	=	ค่าคงที่
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลาง
E_f	=	ประสิทธิภาพการทำงาน
F	=	แรงกระทำหรือแรงดึงขณะส่งกำลัง
F_b	=	แรงแตกหัก
F_c	=	แรงหนีศูนย์กลางข้อโซ่
F_r	=	แรงฉุกลากที่ล้อขับ
F_t	=	แรงดึงในแนวโซ่สัมผัส
g	=	ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก
HP	=	แรงม้าหรือกำลังม้า
i	=	อัตราทด
M	=	โมเมนต์ดัด
m	=	มวล
N	=	อัตราความเร็วรอบเฟืองโซ่
N_b	=	ค่าความปลอดภัย
N_{s1}	=	ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำ
N_{s2}	=	ตัวประกอบใช้งานสำหรับสภาพแวดล้อม
P	=	ระยะพิตช์ของโซ่
R_{BH}	=	แรงปฏิกิริยาของแบริ่งในแนวระดับที่จุด B
R_{BV}	=	แรงปฏิกิริยาของแบริ่งในแนวตั้งฉากที่จุด B

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

R_{CH}	=	แรงปฏิกิริยาของแบริ่งในแนวระดับที่จุด C
R_{CV}	=	แรงปฏิกิริยาของแบริ่งในแนวตั้งฉากที่จุด C
r	=	รัศมี
rpm	=	รอบต่อนาที
SF	=	Safety of factor
S_u	=	ความต้านแรงดึง
S_{sy}	=	ความต้านแรงเฉือนคราก
S_y	=	ความต้านแรงดึงคราก
T	=	โมเมนต์บิด
V_{max}	=	ความเร็วสูงสุด
w_p	=	กำลังที่ต้องการส่ง
x	=	จำนวนข้อโซ่
Z	=	จำนวนฟันของพิเนียน
z	=	จำนวนฟันของเฟืองโซ่
δ	=	จำนวนฟันของเฟืองโซ่
ω	=	ความเร็วเชิงมุม
θ	=	มุมบิดของเพลา
τ	=	ความเค้นเฉือน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่สำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลกรองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่ใหญ่เป็นอันดับ 3 ของโลกและเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเป็นอันดับ 4 รองจากยางพารา อ้อยและข้าวเท่านั้น พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยมีพื้นที่กว่า 9.3 ล้านไร่กระจายอยู่เกือบทั่วพื้นที่ของประเทศไทย พื้นที่ปลูกมากที่สุดอยู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4.9 ล้านไร่ รองลงมา คือ ภาคกลาง 2.3 ล้านไร่และภาคเหนือ 2.0 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร,2559) หัวมันสดที่ผลิตได้ในแต่ละปีนั้นถูกนำมาแปรรูปเป็นแป้งมัน มันเส้น มันอัดเม็ด และใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลซึ่งเป็นส่วนผสมในน้ำมันเชื้อเพลิงตระกูลแก๊สโซฮอล์ พร้อมทั้งรัฐบาลให้การสนับสนุนอย่างต่อเนื่องส่งผลให้พื้นที่การปลูกมันสำปะหลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี

กระบวนการปลูกมันสำปะหลังเริ่มตั้งแต่การไถเตรียมดิน ยกร่องปลูก ตัดท่อนพันธุ์ และการปลูก กระบวนการดังกล่าวล้วนแต่ใช้แรงงานคนอีกทั้งปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนแรงงานคนในภาคเกษตรกรรมจึงทำให้มีการปลูกที่ล่าช้า ไม่ทันต่อฤดูกาล ทำให้มีผลกระทบต่อผลผลิตของเกษตรกร การเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ทำงานในภาคการเกษตรของคนรุ่นใหม่ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมานี้ เมื่อจำแนกตามอายุจะพบว่า ประชากรกลุ่มอายุ 15-24 ปี (วัยรุ่น) มีแนวโน้มที่จะทำงานภาคการเกษตรลดน้อยลงเกือบ 3 เท่าตัวในช่วง 20 ปี คือ จากร้อยละ 35.3 ในปี 2530 เหลือเพียงร้อยละ 12.1 ในปี 2554 ส่วนในกลุ่มอายุ 25-39 ปี พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงปี 2530-2540 และปรับตัวลดลงอย่างต่อเนื่องจนในปี 2554 เหลือผู้ทำงานในภาคการเกษตรร้อยละ 28.7 ขณะที่ในกลุ่มอายุ 40-59 ปี มีสัดส่วนคนทำงานในภาคการเกษตรเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจากร้อยละ 25.7 เป็นร้อยละ 46.3 ในปี 2530 และ 2554 ตามลำดับ สำหรับกลุ่มผู้สูงอายุ (60 ปีขึ้นไป) พบว่า มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นเกือบ 3 เท่าตัว จากร้อยละ 4.4 ในปี 2530 เป็นร้อยละ 12.8 ในปี 2554 จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ปัจจุบันแรงงานไทยหันไปประกอบอาชีพภาคการผลิตและการบริการเป็นจำนวนมาก ทำให้การทำงานในภาคการเกษตรลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในกลุ่มวัยรุ่น (อายุ 15-24 ปี) (สำนักงานสถิติแห่งชาติ,2559) ดังนั้นการออกแบบวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังสามารถเพิ่มผลผลิตของเกษตรกร และลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานในภาคเกษตรกรรมอีกทั้งสามารถช่วยยกระดับการปลูกมันสำปะหลังของประเทศในภาพรวมได้อีกด้วย

ปัจจุบันการใช้รถแทรกเตอร์ในไร่มันสำปะหลังนิยมใช้รถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้น หลังจากพบว่ากำลังและประสิทธิภาพเพียงพอในการเตรียมดิน ยกร่องปลูก และใช้งานทั่วไปในพื้นที่ อีกทั้งอุปกรณ์ต่อพ่วงในปัจจุบันนี้ยังผลิตสำหรับใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กเพื่อใช้ในด้านต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

ด้วยปัจจัยต่าง ๆ ดังข้างต้น จึงเป็นที่มาของการออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ซึ่งจะสามารถลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานในภาคเกษตรกรรม และจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปลูกมันสำปะหลังและการเพิ่มผลผลิตของเกษตรกรได้ด้วยต้นทุนที่ลดลง

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังโดยใช้กลไก SCOTCH YOKE สำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

1.2.2 เพื่อทดสอบ ประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิค และด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กลไก SCOTCH YOKE สำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

ออกแบบ พัฒนา และทดสอบประเมินสมรรถนะเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กไม่เกิน 49 แรงม้า โดยใช้แรงงานคนส่งท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเข้าเครื่อง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เครื่องปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กไม่เกิน 49 แรงม้า พร้อมทั้งได้ผลประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการใช้งานและการพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อไป

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้กล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการปลูกมันสำปะหลังและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ดังต่อไปนี้

2.2 ข้อมูลที่เกี่ยวกับมันสำปะหลัง

2.2.1 ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชหัวชนิดหนึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Manihot Esculenta Crantz และชื่อสามัญทั่วไปได้แก่ Cassava, Tapioca, Manioc, Mandioa, Yuca เป็นต้น เป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนแล้งได้ดี สามารถเติบโตได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ลำต้นมีลักษณะทั้งตรงและโค้งงอ สีน้ำตาลอ่อน ความสูงของลำต้นประมาณ 160 ถึง 250 เซนติเมตร แตกกิ่งทำมุมกับลำต้น 45 ถึง 90 องศา แผ่นใบมีรูปร่างคล้ายใบหอก ใบแก่มีสีเขียวเข้ม ยอดอ่อนมีสีเขียวอมม่วง หัวมีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อภายในหัวมีสีขาว ขยายพันธุ์โดยใช้ลำต้นเป็นท่อนพันธุ์ ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนและช่วงปลายฤดูฝน การจำแนกสายพันธุ์มันสำปะหลังสามารถจำแนกตามคุณลักษณะ ได้แก่ สีของใบ สีก้านใบ สีลำต้น ขนที่ยอดอ่อน ลักษณะทรงต้น และหูใบของมันสำปะหลัง

2.2.2 พันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกในประเทศไทย

1. พันธุ์ระยอง 1 ลักษณะประจำพันธุ์ ยอดอ่อนสีม่วงมีขน ก้านใบสีเขียวอมม่วง แผ่นใบหอกปลายมน ระดับการแตกกิ่ง 0-1 ระดับ ความสูงของการแตกกิ่งแรก 180 เซนติเมตร ลำต้นสีเขียวเงิน เนื้อหัวสีขาว เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อน ลักษณะหัวยาวเรียว เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 18.3% ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 3.22 ตันต่อไร่ ลักษณะเด่นผลผลิตสูงปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ข้อจำกัด ปริมาณแป้งต่ำ

2. พันธุ์ระยอง 3 ลักษณะประจำพันธุ์ ยอดอ่อนสีเขียวอ่อน ก้านใบสีเขียวอ่อนปนแดง แผ่นใบหอกใบมน ระดับการแตกกิ่ง 2-4 ระดับ ความสูงของการแตกกิ่งแรก 80 เซนติเมตร ลำต้นสีน้ำตาลอ่อน เนื้อหัวสีขาว เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อน ลักษณะหัวยาวเรียวแหลม เปอร์เซ็นต์แป้งในฤดูฝน 23% เปอร์เซ็นต์แป้งในฤดูแล้ง 28% ผลผลิตสูงสุด 2.73 ตันต่อไร่ ลักษณะเด่นปริมาณแป้งสูง ข้อจำกัด ต้นเตี้ยและแตกกิ่งไม่สะดวกต่อการดูแลรักษา

3. พันธุ์ระยอง 5 ลักษณะประจำพันธุ์ ลำต้นสีเขียวอมน้ำตาล สูงประมาณ 170 เซนติเมตร ระดับการแตกกิ่ง 2-3 ระดับ ความสูงระดับแตกกิ่ง 100-120 เซนติเมตร กิ่งทำมุมกับลำต้น 15-30 องศา แผ่นใบรูปร่างแบบหอก ใบแก่สีเขียวเข้ม ยอดอ่อนสีม่วงอมน้ำตาล ก้านใบสีแดงเข้ม หัวรูปร่างอวบป้อม เปลือกหัวสีน้ำตาล เนื้อในสีขาว เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 25-27% ผลผลิตสูงสุด 4.4 ตันต่อไร่ ข้อจำกัด เป็นโรคใบไหม้ง่ายกว่าพันธุ์อื่น ๆ แต่อาการไม่รุนแรงถึงกับทำให้ต้นตายได้

4. พันธุ์ระยอง 7 ลักษณะประจำพันธุ์ ยอดอ่อนสีเขียวอ่อน ก้านใบสีเขียวอ่อน แผ่นใบแฉกใบกลางเป็นรูปหอก ระดับการแตกกิ่ง 0-1 ระดับ ลำต้นสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีขาว เปลือกหัวสีขาวนวล หัวมีลักษณะเรียวยาว เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 27-29% ผลผลิตสูงสุด 6.1 ตันต่อไร่ ลักษณะเด่น อัตราการงอกสูงเจริญเติบโตเร็วช่วง 1-2 เดือนแรก ไม่ค่อยแตกกิ่ง ผลผลิตสูง ทนแล้งได้ดี ข้อจำกัด ไม่ต้านทานโรคใบไหม้และไรแดง

5. พันธุ์ระยอง 9 ลักษณะประจำพันธุ์ ยอดอ่อนสีเขียวอ่อน ก้านใบสีเขียวอ่อนอมชมพู แผ่นใบแฉกใบกลางเป็นรูปใบหอก ระดับการแตกกิ่ง 0-2 ระดับ ระดับการแตกกิ่งแรก 160-190 เซนติเมตร ลำต้นสีน้ำตาลอมเหลือง เนื้อในสีขาว เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อน หัวมีลักษณะเรียวยาว เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 29-31% ผลผลิตสูงสุด 4.9 ตันต่อไร่ ลักษณะเด่น ลำต้นตรงแข็งแรงผลผลิตสูง มีปริมาณแป้งสูงต้านทานโรค ข้อจำกัด ไม่ต้านทานไรแดงไม่เหมาะกับสภาพดินร่วนเหนียวและดินร่วนปนลูกรัง ไม่เหมาะต่อการเก็บเกี่ยวอายุต่ำกว่า 12 เดือน

6. พันธุ์ระยอง 11 ลักษณะประจำพันธุ์ ยอดอ่อนสีน้ำตาลปนเขียว ก้านใบสีเขียวอมแดง แผ่นใบแฉกใบกลางเป็นรูปใบหอก ระดับการแตกกิ่ง 0-2 ระดับ ลำต้นสีเขียวเงิน เนื้อในสีขาว เปลือกหัวสีน้ำตาล ลักษณะหัวอวบป้อม เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 29-32% ผลผลิตสูงสุด 4.77 ตันต่อไร่ ลักษณะเด่น มีปริมาณแป้งสูง ข้อจำกัด ควรเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือนเพราะมีเปอร์เซ็นต์แป้งที่สูง แต่สะสมน้ำหนักช้า

7. พันธุ์ระยอง 60 ลักษณะประจำพันธุ์ ยอดอ่อนสีเขียวอมม่วง ก้านใบสีเขียวปนแดง แผ่นใบแหลมแบบใบหอก ระดับการแตกกิ่ง 1-3 ระดับ ความสูงของการแตกกิ่งแรก 150 เซนติเมตร ลำต้นสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีขาวครีม เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อน ลักษณะหัวอวบสั้น เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 20% ผลผลิตสูงสุด 4.2 ตันต่อไร่ ลักษณะเด่น สะสมน้ำหนักเร็วเหมาะกับเกษตรกรที่ต้องการเก็บเกี่ยวอายุต่ำกว่า 12 เดือน ท่อนพันธุ์คุณภาพดี ข้อจำกัด ไม่ควรเก็บเกี่ยวที่อายุมากกว่า 12 เดือน

8. พันธุ์ระยอง 72 ลักษณะประจำพันธุ์ ยอดอ่อนสีม่วง ก้านใบสีแดงเข้ม แผ่นใบแบบใบหอก ระดับการแตกกิ่ง 0-1 ระดับ ความสูงของการแตกกิ่งแรก 130-140 เซนติเมตร ลำต้นสีเขียวเงิน เนื้อในสีขาว เปลือกหัวสีขาวนวล หัวมีลักษณะอ้วนและยาวกว่าพันธุ์ระยอง 5

เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 24% ผลผลิตสูงสุด 5.1 ตันต่อไร่ ลักษณะเด่น ให้ผลผลิตหัวสดสูงต้นพันธุ์คุณภาพดีทนแล้ง ข้อจำกัด ปริมาณแป้งต่ำเมื่อปลูกในภาคตะวันออกและค่อนข้างอ่อนแอต่อโรคใบไหม้

9. พันธุ์ระยอง 90 ลักษณะประจำพันธุ์ ยอดอ่อนสีเขียวอ่อน ก้านใบสีเขียวอ่อน แผ่นใบแบบใบหอก ระดับการแตกกิ่ง 0-2 ระดับ ความสูงของการแตกกิ่งแรก 120-140 เซนติเมตร ลำต้นสีน้ำตาลอมส้ม เนื้อในหัวสีขาว เปลือกหัวสีน้ำตาลเข้ม หัวมีรูปร่างยาวเรียว เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 27-29% ผลผลิตสูงสุด 3.8 ตันต่อไร่ ลักษณะเด่น มีปริมาณแป้งที่สูง ข้อจำกัด ท่อนพันธุ์สูญเสียความงอกเร็วและไม่ทนแล้งจึงไม่เหมาะสมต่อการปลูกปลายฝน

10. พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ลักษณะประจำพันธุ์ ยอดอ่อนสีม่วงไม่มีขน ก้านใบสีเขียวอมม่วง แผ่นใบรูปร่างแบบใบหอก ระดับการแตกกิ่ง 0-1 ระดับ ความสูงของการแตกกิ่งแรก 150 เซนติเมตร ลำต้นสีเขียวเงิน เนื้อในหัวสีขาว เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อน ลักษณะหัวมีความสม่ำเสมอ เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 28% ผลผลิตหัวสด 4.4 ตันต่อไร่ ลักษณะเด่น ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี อัตราการงอกดี เก็บรักษาท่อนพันธุ์ได้นานและมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง ข้อจำกัด ในบางท้องที่อาจแตกกิ่งทำให้ไม่สะดวกต่อการดูแลรักษา

11. พันธุ์ห้วยบง 60 ลักษณะประจำพันธุ์ ยอดอ่อนสีม่วงอ่อน ก้านใบสีเขียวอมม่วง แผ่นใบรูปร่างแบบหอก ระดับการแตกกิ่ง 0-1 ระดับ ความสูงของการแตกกิ่งแรก 90-140 เซนติเมตร ลำต้นสีเขียวเงิน เนื้อในหัวสีขาว เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อน หัวมีลักษณะยาวเรียว เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 25.5% ผลผลิตหัวสด 5.8 ตันต่อไร่ ลักษณะเด่น มีผลผลิตและปริมาณแป้งสูง ต้านทานโรคใบจุดปานกลาง ข้อจำกัด ควรเก็บเกี่ยวเมื่ออายุไม่ต่ำกว่า 10 เดือน

12. พันธุ์ห้วยบง 80 ลักษณะประจำพันธุ์ ยอดอ่อนสีเขียวอ่อน ก้านใบสีเขียวอมแดง แผ่นใบมีลักษณะเป็นใบหอก ลำต้นสีเขียวเงิน เนื้อในหัวมีสีขาว เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อน ลักษณะหัวยาวเรียว เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 27.3% ผลผลิตสูงสุด 4.9 ตันต่อไร่ ลักษณะเด่น มีปริมาณแป้งสูง ข้อจำกัด ควรเก็บเกี่ยวเมื่ออายุไม่ต่ำกว่า 10 เดือน

13. พันธุ์ศรีราชา 1 ลักษณะประจำพันธุ์ ทรงต้น สีของยอดอ่อน ก้านใบ และใบใกล้เคียงกับพันธุ์ระยอง 1 แตกต่างจากพันธุ์ระยอง 1 คือ แผ่นใบกลางของพันธุ์ศรีราชา 1 จะเป็นรูปหอก ส่วนของพันธุ์ระยอง 1 จะมีรอยคอดและโป่งบริเวณปลายเล็กน้อย และสีเนื้อของหัว พันธุ์ระยอง 1 เป็นสีขาว ส่วนของพันธุ์ศรีราชา 1 เป็นสีครีม ลักษณะเด่น มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับพันธุ์ระยอง 1 แต่มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าพันธุ์ระยอง 1 ประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์

14. พันธุ์ห้านาที จัดเป็นมันสำปะหลังชนิดหวาน ลักษณะประจำพันธุ์ ยอดอ่อนสีเขียวอ่อน ใบที่เจริญเต็มที่สีเขียวอ่อน ก้านใบสีแดงเข้ม แผ่นใบเป็นแบบใบหอก ต้นสูง 2.5-3.5 เมตร ลำต้นสีน้ำตาลอมเขียว แตกกิ่ง 1-3 ระดับ ระดับแรกสูงจากพื้นดินประมาณ 1.8 เมตร กิ่งทำมุม

ประมาณ 45-60 องศา หัวยาวเรียว เปลือกนอกขรุขระสีน้ำตาลเข้ม เนื้อสีขาว มักจะไม่ออกดอกภายใน 1 ปี ดอกและผลไม่ดก ถ้าปลูกในสภาพไร่ควรเก็บเกี่ยวเมื่ออายุประมาณ 6-8 เดือน หากเกินกว่านั้นเนื้อจะมีเสี้ยนมาก ไม่เหมาะจะนำมาบริโภค แต่ถ้าปลูกในสภาพสวนเนื้อจะไม่เป็นเสี้ยน ลักษณะเด่น เนื้อร่วนซุย เหมาะสำหรับบริโภคโดยตรงในรูปมันนึ่งหรือมันเชื่อม หรือมันเผา ข้อจำกัด ผลผลิตต่ำ ถ้าปลูกในสภาพไร่ หากปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีในสภาพไร่จะให้ผลผลิตต่ำ คือเฉลี่ยประมาณ 2 - 3 ตันต่อไร่ แต่ถ้าปลูกในสภาพสวน เช่นที่จังหวัดปทุมธานี จะให้ผลผลิตสูงประมาณ 5 ตันต่อไร่ พันธุ์ห้านาทีมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ เกษตรกรจะไม่นำผลผลิตของพันธุ์ห้านาทีไปขายส่งโรงงานอุตสาหกรรม

2.2.3 กระบวนการปลูกมันสำปะหลัง

กระบวนการปลูกมันสำปะหลังจำแนกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ และการปลูกท่อนพันธุ์ มีรายละเอียดดังนี้

1) การเตรียมดิน

มันสำปะหลังสามารถปลูกได้ในดินทั่วไปตั้งแต่ดินเหนียวถึงดินทรายแต่จะให้ผลผลิตสูงในดินเนื้อหยาบและดินร่วนซุย ที่มีการระบายน้ำได้ดี ควรหลีกเลี่ยงการปลุกในดินที่ชื้นแฉะเพราะหัวมันจะเน่าเสียได้ง่ายและมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคสูง การเตรียมดินควรไถ 2 ครั้ง ด้วยผาล 3 และผาล 7 ไถลึกประมาณ 8-12 นิ้ว โดยไถกลบมันสำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวในฤดูเพาะปลูกที่ผ่านมา สำหรับพื้นที่ปลูกที่ลาดเอียง การไถควรขวางทิศทางของความลาดเอียง เพื่อลดการสูญเสียหน้าดิน และพื้นที่ปลูกที่มีน้ำท่วมขัง ก็ควรทำร่องระบายน้ำและยกร่องปลูก

2) การเตรียมท่อนพันธุ์

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ขยายด้วยลำต้น โดยอายุของท่อนพันธุ์ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 8-12 เดือน ซึ่งเมื่อนำไปปลูกจะมีการอยู่รอดถึงร้อยละ 90-94 ขนาดความยาวของท่อนพันธุ์ประมาณ 20-25 เซนติเมตร มีจำนวนตาประมาณ 10 ตาขึ้นไปต่อ 1 ท่อนพันธุ์ และต้นพันธุ์ที่ตัดมานั้น หากยังไม่นำไปปลูกเลยก็ควรตั้งกองไว้ในที่ร่มมีแดดผ่านได้เล็กน้อย และไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 7-15 วัน เพราะคุณภาพของท่อนพันธุ์จะเสื่อมและอัตราการงอกจะลดลงได้

3) การปลูกท่อนพันธุ์

วิธีการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรมี 2 วิธี คือ การปลูกแบบนอนและการปลูกแบบปัก โดยการปลูกแบบปักจะให้ผลดีกว่าการปลูกแบบนอน เนื่องจากมันสำปะหลังจะงอกได้เร็วกว่า สะดวกต่อการปลูกซ่อมและกำจัดวัชพืช การปลุกแบบปักสามารถปลูกได้ทั้งปักตรงและปักเอียง โดยปักลึกลงไปในดินประมาณ 10-15 เซนติเมตร ระยะปลูกมันสำปะหลังสามารถปลูกได้ตั้งแต่ระยะ 60 × 60 เซนติเมตร จนถึง 120 × 120 เซนติเมตร โดยระยะ 100 × 100 เซนติเมตรจะมี

แนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าระยะอื่นๆ แต่ถ้าหากเกษตรกรมีการใช้เครื่องทุ่นแรง ระยะปลูกระหว่างแถวกับต้น อาจใช้ 120 × 80 เซนติเมตร เพื่อความสะดวกในการใช้เครื่องทุ่นแรง

2.2.4 พื้นที่การเพาะปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย

พื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทยในปี 2558 – 2559 มีการเพาะปลูกที่มากที่สุดคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาคือภาคกลาง และภาคเหนือตามลำดับ จังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดคือ จังหวัดนครราชสีมา (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,2559) แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงพื้นที่ปลูกพื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยปี 2559

จังหวัด / ภาค	พื้นที่ปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
รวมทั้งประเทศ	**9,319,718**	**8,919,803**	**30,557,857**
ตะวันออกเฉียงเหนือ	**4,891,792**	**4,724,221**	**16,350,730**
เลย	341,718	333,583	1,091,343
หนองบัวลำภู	69,261	68,894	239,576
อุดรธานี	297,993	306,597	1,138,073
หนองคาย	17,468	15,187	47,885
บึงกาฬ	12,859	13,049	36,525
สกลนคร	123,404	127,437	402,202
นครพนม	51,078	36,481	117,388
มุกดาหาร	153,250	142,308	490,998
ยโสธร	88,327	88,320	313,660
อำนาจเจริญ	60,880	64,388	219,535
อุบลราชธานี	435,605	432,887	1,464,637
ศรีสะเกษ	148,235	150,212	515,295
สุรินทร์	80,520	90,975	336,542
บุรีรัมย์	239,540	208,104	816,294
มหาสารคาม	104,282	109,712	357,674
ร้อยเอ็ด	46,728	48,976	157,329
กาฬสินธุ์	224,366	252,468	894,612
ขอนแก่น	197,328	206,315	678,568
ชัยภูมิ	526,054	509,142	1,687,048
นครราชสีมา	1,672,896	1,519,186	5,345,546

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.1 แสดงพื้นที่ปลูกพื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยปี 2559 (ต่อ)

จังหวัด / ภาค	พื้นที่ปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
ภาคกลาง	**2,375,047**	**2,253,496**	**7,527,219**
สระบุรี	34,476	37,990	117,852
ลพบุรี	260,894	256,427	873,790
ชัยนาท	68,400	69,265	210,167
สุพรรณบุรี	39,949	39,592	130,748
ปราจีนบุรี	154,689	144,535	466,195
ฉะเชิงเทรา	283,848	271,087	875,513
สระแก้ว	446,238	431,891	1,370,742
จันทบุรี	217,621	158,241	494,707
ระยอง	45,163	39,641	167,685
ชลบุรี	274,826	251,867	1,058,310
กาญจนบุรี	470,854	473,917	1,512,487
ราชบุรี	76,184	77,178	243,056
เพชรบุรี	1,068	904	2,745
ประจวบคีรีขันธ์	837	961	3,222
ภาคเหนือ	**2,052,879**	**1,942,086**	**6,679,908**
เชียงราย	66,660	68,284	213,946
พะเยา	11,291	13,623	44,661
ลำปาง	28,768	31,408	96,990
ลำพูน	4,391	4,599	12,853
เชียงใหม่	2,164	2,231	6,994
ตาก	157,583	145,273	487,828
กำแพงเพชร	677,399	650,796	2,454,834
สุโขทัย	69,153	73,806	203,577
แพร่	20,144	21,253	63,487
น่าน	1,856	1,670	5,079
อุตรดิตถ์	28,846	29,424	92,720
พิษณุโลก	170,491	161,588	503,297
พิจิตร	24,487	22,592	72,114

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.1 แสดงพื้นที่ปลูกพื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยปี 2559 (ต่อ)

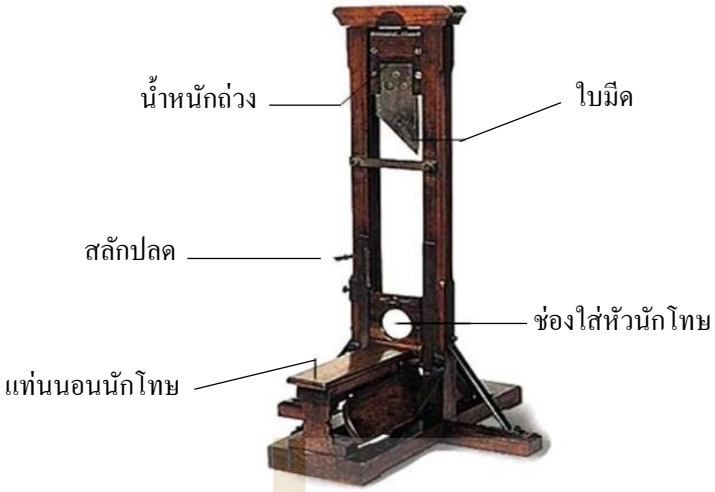
จังหวัด / ภาค	พื้นที่ปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
นครสวรรค์	439,814	364,849	1,230,966
อุทัยธานี	155,753	149,535	493,798
เพชรบูรณ์	194,079	201,155	696,764

2.3 แนวคิดและทฤษฎีการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าในการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังนั้นได้ประยุกต์ทั้ง ชิ้นส่วน กลไก หลักการทำงานต่าง ๆ มาใช้งานเพื่อให้เครื่องทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์แนวคิดที่นำมาใช้ในการออกแบบดังนี้

2.3.1 เครื่องกิโยติน (Guillotine)

กิโยตินคือเครื่องประหารชีวิตที่ใช้ในการลงโทษโดยการตัดคอ ประกอบโครงโดยส่วนมากทำด้วยไม้ ไว้สำหรับแขวนใบมีดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู น้ำหนักประมาณ 40 กิโลกรัม ใบมีดจะถูกแขวนไว้ในส่วนบนสุด ภายใต้ใบมีดจะเป็นส่วนที่ให้นักโทษวางศีรษะ เมื่อเชือกได้ถูกปล่อยหรือตัดลง ใบมีดที่หนักจะหล่นลงตามรางใบมีดในระยะทางประมาณ 2 - 3 เมตร และตัดศีรษะผู้ถูกประหาร มีส่วนประกอบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2.1 ผู้คิดค้นคือ อองตวน หลุยส์ (Antoine Louis) โดยเครื่องกิโยตินตอนแรกได้ใช้ชื่อว่า หลุยซอง (Louison) หรือ หลุยเซท (Louisette) แต่ได้ถูกเปลี่ยนชื่อเป็น "กิโยติน" ตามชื่อของ ดร. โจเซฟ-อิกเนซ กิโยติน (Joseph-Ignace Guillotin) แพทย์ชาวฝรั่งเศส เป็นผู้เสนอแนะการประหารชีวิตโดยการตัดคอ ภายหลัง ดร.กิโยติน ได้เปลี่ยนนามสกุล เนื่องจากไม่ต้องการใช้ชื่อสกุล เป็นคำเดียวกับวิธีการประหารชีวิต การใช้เครื่องกิโยตินแทนการประหารชีวิตแบบเก่า โดยให้เหตุผลว่าเป็นการประหารชีวิตของมนุษย์ ก่อนการปฏิวัติฝรั่งเศสผู้มีชื่อเสียงจะถูกตัดคอโดยดาบหรือขวาน ในขณะที่ชาวบ้านทั่วไปจะถูกแขวนคอ หรือวิธีการประหลาดต่างๆ ในช่วงของยุคกลาง(เช่น ถูกเผา หรือมัดกับล้อไม้) ในการตัดคอหลายครั้งที่การตัดคอไม่สำเร็จในดาบแรก ซึ่งทำให้เกิดการทรมานต่อผู้ถูกประหารชีวิต ซึ่งการใช้กิโยตินจะทำให้ผู้ถูกประหารชีวิตเจ็บปวดน้อยที่สุดในสมัยนั้น

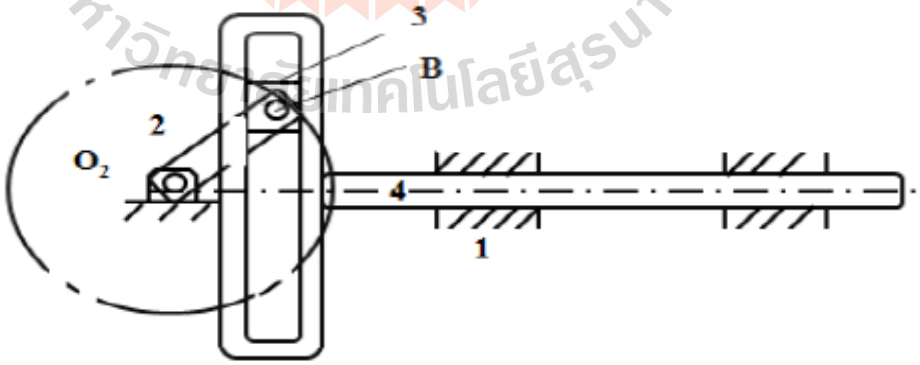


รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องประหารกิโยติน

จากส่วนประกอบต่าง ๆ ผู้วิจัยสนใจในหลักการทำงานของใบมีดตัดซึ่งมีลักษณะหน้าเฉียงทำมุมทำให้เกิดทั้งแรงตัดและแรงเฉือน และการเคลื่อนที่ของใบมีดในรางทำให้การตัดแม่นยำ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกลไกการตัดท่อนพันธุ์ได้

2.3.2 กลไก Scotch Yoke

กลไก Scotch Yoke กลไกชนิดนี้อาศัยหลักการทำงานของ Slider-Crank Mechanism มาดัดแปลงเมื่อให้ก้านสูบลิงค์ 3 ของ Slider-Crank Mechanism ยาวไม่มีที่สิ้นสุดก็จะได้เครื่องกลไกชนิดนี้ Scotch Yoke Mechanism ลักษณะกลไก Scotch Yoke แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงกลไกแบบ Scotch Yoke Mechanism

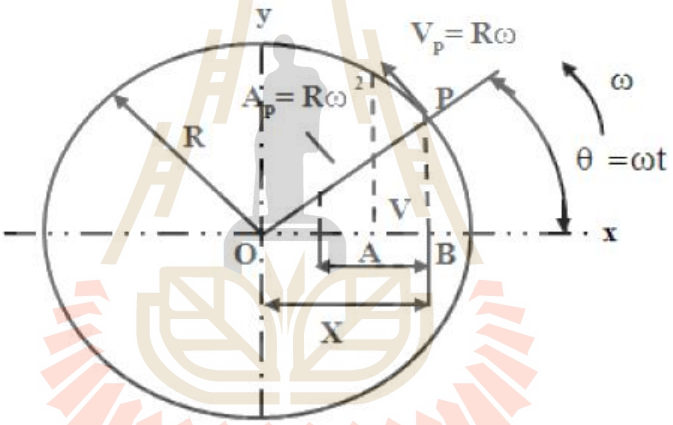
หลักการทำงานของเครื่องกลไกนี้เป็นการเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (SHM) เมื่อวัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและมีความเร่งเป็นสัดส่วนกับระยะทางการเคลื่อนที่แต่ความเร่งนี้มีเครื่องหมายตรงกันข้ามก็ถือว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (SHM) ดังสมการ SHM ดังนี้

$$A = -kx \tag{2.1}$$

โดยที่ A = ความเร่ง (m/s^2)

x = ระยะทาง (mm)

k = ค่าคงที่



รูปที่ 2.3 แสดงการฉาย (Projection) ของจุด P ที่ตกลงบนแกน X

ในรูปที่ 2.3 ให้ P เป็นจุดหนึ่งเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่ ให้จุด B เป็นจุดที่ตกตั้งฉาก (Projection) ของจุด P ที่ตกลงบนแกน X ดังนั้น ระยะที่จุด B จะเคลื่อนที่ออกจากจุด O ก็คือ

$$x = R\cos\omega t \tag{2.2}$$

และความเร็วของจุด B คือ

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

ส่วนความเร่งของจุด B คือ

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

ดังนั้น จะได้สมการ

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

โดยที่ x = ระยะทางการเคลื่อนที่ (mm)
v = ความเร็ว (mm/s)
A = ความเร่ง (mm/s^2)
R = รัศมี (mm)
ω = ความเร็วเชิงมุม (rps)

จากหลักการทำงานและความสัมพันธ์ดังสมการที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า กลไก Scotch Yoke เป็นกลไกที่มีการทำงานที่เป็นคาบเวลาที่แน่นอนสอดคล้องสัมพันธ์กับความเร็วการหมุน สามารถประยุกต์ปรับปรุงชิ้นส่วนกลไกได้หลากหลายตามความต้องการ ซึ่งสามารถประยุกต์กับการทำงานของเครื่องปลูกที่ต้องการการปลูกที่ระยะเท่า ๆ กันได้

2.3.3 ไถยกร่อง

ไถยกร่องเป็นอุปกรณ์ทุ่นแรงทางการเกษตรที่สำคัญ ในกระบวนการยกร่องเพื่อปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ไถยกร่องมีหลายแบบ เช่น แบบหัวหมู (Moldboard bottom) แสดงดังรูปที่ 2.4 และไถแบบจาน (Disk bottom) แสดงดังรูปที่ 2.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 2.4 ไถยกร่องแบบหัวหมู

รูปที่ 2.5 ไถยกร่องแบบจาน

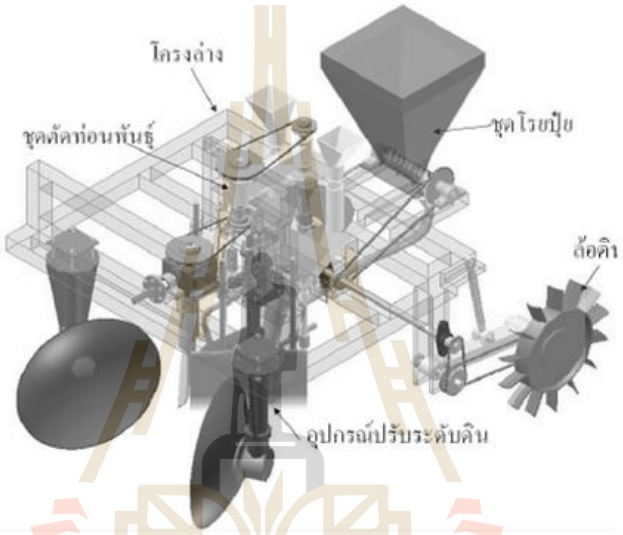
การเลือกใช้ไถแบบใดขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ความชื้นของดินและลักษณะงานที่ได้ ไถยกร่องแบบจานจะสามารถ ทำงานได้ดีระดับหนึ่ง และไม่เน้นการลอกท้องร่อง และจะใช้ได้ดีเมื่อดินค่อนข้างแข็งหรือมีสิ่งขีดขวางในดินมาก ไถยกร่องในปัจจุบันได้พัฒนาให้กินดินและไถผ่านทะลุดินได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามหากใช้ไถยกร่องเสมือนกับการเตรียมดินครั้งแรกชุดไถดังกล่าวจะกินดินได้ไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะเมื่อดินค่อนข้างแข็ง ดังนั้นเพื่อให้ไถดังกล่าวทำงานได้ดียิ่งขึ้นควรใช้หลังจากมีการไถเตรียมดินไปก่อนหน้านั้น เนื่องจากดินจะจับกันอย่างหลวม ๆ รูปร่างของไถยกร่องควรมีรูปร่างที่เหมาะสม และขอบของชุดไถควรมีความคม

เมื่อพิจารณาในการเลือกใช้งานในแปลงเพาะปลูกของเกษตรกรไทย ด้วยสภาพพื้นที่แปลงมีสิ่งกีดขวางในดินมากจึงควรใช้ไถยกร่องแบบจานในการทำงานเพราะใช้แรงลากน้อยกว่า การสึกหรอต่ำกว่า และการบำรุงรักษาน้อยกว่าไถยกร่องแบบหัวหมู

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบปลูกตั้งที่เป็นงานวิจัยที่เผยแพร่ มีรายละเอียดที่สามารถสรุปได้ดังนี้

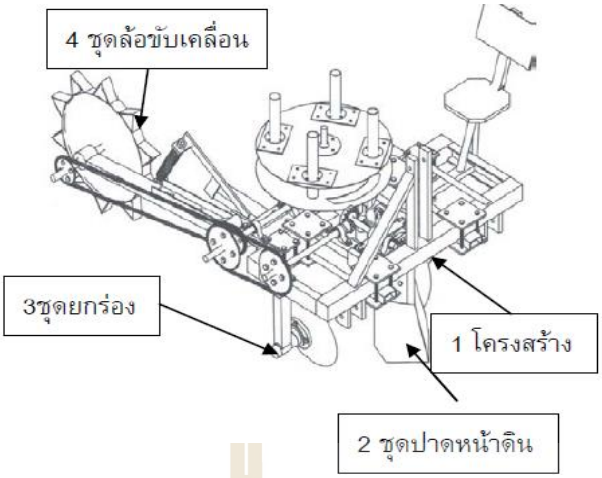
รุ่งเรืองและคณะ (2553) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังโดยเครื่องต้นแบบประกอบด้วยโครงสร้างส่วนบน ชุดตัดท่อนพันธุ์ ชุดปลูก ชุดโรยปุ๋ย ชุดยกร่อง และระบบส่งกำลัง แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เครื่องปลูกมันสำปะหลัง รุ่งเรืองและคณะ (2553)

ทุกส่วนประกอบจะถูกติดตั้งบนโครงสร้างส่วนล่าง โดยใช้รถแทรกเตอร์ 60-70 แรงม้าเป็นต้นกำลัง จากผลการทดสอบในแปลงทดสอบที่ความเร็วของรถแทรกเตอร์ 1.5, 1.7 และ 2.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าเครื่องปลูกมันสำปะหลังมีความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานระหว่าง 0.55 - 0.74 ไร่ต่อชั่วโมงและ ร้อยละ 70 - 86 ตามลำดับ เคลื่อนที่เกียร์ 1, 2, และ 3 ต่ำ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 6 - 11.6 ลิตรต่อไร่ การปลูกตั้ง ร้อยละ 17.3 - 38.2 และปลูกฝังดิน ร้อยละ 34.6 - 39.8 ท่อนพันธุ์ที่หายระหว่างแถวปลูก ร้อยละ 7.6 - 10.8 ความเสียหาย ร้อยละ 8.5 - 15 จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าคุณภาพการปลูกมันสำปะหลังของเครื่องต้นแบบยังมีค่าค่อนข้างต่ำ จึงควรมีการพัฒนาเครื่องต้นแบบให้ใช้งานได้จริงต่อไป

เชิดศักดิ์และคณะ (2555) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลัง โดยมีส่วนประกอบหลัก 6 ส่วน คือ โครงสร้างของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ชุดปาดหน้าดิน ชุดยกร่อง ชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ ชุดปลูก และชุดส่งกำลัง แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 เครื่องปลูกมันสำปะหลัง เชิดศักดิ์และคณะ (2555)

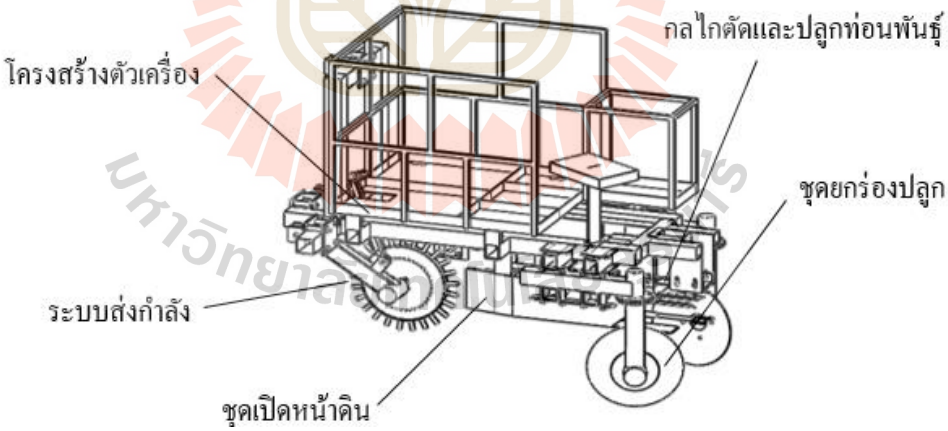
โดยใช้รถแทรกเตอร์ 60 - 70 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ผลประเมินพบว่าเครื่องปลูกมันสำปะหลังจะใช้ได้ดีที่ความเร็วในการเคลื่อนที่เกียร์ 1 ต่ำ ความเร็ว 1.94 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงาน 0.226 ไร่ต่อชั่วโมง สามารถปลูกตั้งได้ประมาณ ร้อยละ 90 และการงอกท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ร้อยละ 100

ประสาทและคณะ (2556) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขึ้นโดยมี 2 แบบ คือแบบ 1 แถว และแบบ 2 แถว มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนโรยปุ๋ยรองพื้น ส่วนยกร่อง ส่วนป้อนและกำหนดระยะท่อนพันธุ์ และส่วนปักท่อนพันธุ์ มีหลักการทำงานโดยเครื่องจะโรยปุ๋ยรองพื้นแล้วยกร่องกลบ และปักท่อนพันธุ์บนร่องตามระยะระหว่างต้นที่กำหนด แสดงดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 เครื่องปลูกมันสำปะหลัง ประสาทและคณะ (2556)

ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการปักท่อน และความเสียหายของตาท่อนพันธุ์พบว่า ล้อปักแบบยางร่องวีสามารถทำงานได้ดีกว่าล้อปักแบบยางเรียบ ความเร็วรอบล้อปักที่เหมาะสมประมาณ 450 รอบต่อนาที (ล้อปักมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร) และแรงกดของล้อปักต่อท่อนพันธุ์ประมาณ 29.43 นิวตัน ซึ่ง ผลการทดสอบการสมรรถนะการทำงานในแปลงของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง โดยใช้รถแทรกเตอร์ต้นกำลังขนาด 37 แรงม้า สำหรับเครื่องแบบ 1 แถว และแทรกเตอร์ขนาด 50 แรงม้าสำหรับเครื่องแบบ 2 แถว พบว่ามีความสามารถในการทำงาน 1 และ 2 ไร่ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ที่ระยะการปลูก 50 x 120 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ร้อยละ 80 และ 75 และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.05 และ 2.55 ลิตรต่อไร่ โดยท่อนพันธุ์ที่ปักได้จากเครื่องต้นแบบจะเอียงตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ประมาณ 60-80 องศา ประสิทธิภาพการปักประมาณ ร้อยละ 93-95 และมีอัตราการงอกประมาณ ร้อยละ 90 ไม่แตกต่างจากการใช้แรงงานคน

สุกรี (2558) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับจุดต่อพ่วงสามจุด CATEGORY II ใช้ต้นกำลัง 60 แรงม้า เครื่องต้นแบบมีส่วนประกอบหลัก คือ โครงสร้างตัวเครื่อง ชุดยกร่องปลูก ชุดเปิดหน้าดิน ชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์และระบบส่งกำลัง แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 เครื่องปลูกมันสำปะหลัง สุกรี (2558)

กลไกการทำงานแบบ Scotch Yoke ใช้ใบมีดตัดท่อนพันธุ์หน้าตัดตรง มุมคม 20 องศา ช่วงความเร็วที่เหมาะสมในการทำงาน 0.89 – 1.20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระดับเกียร์ 2 ต่ำ ความสามารถในการทำงาน 0.8 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน ร้อยละ 80 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3.5 ลิตรต่อไร่ ท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง ร้อยละ 90 ท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้ม ร้อยละ 7 ท่อนพันธุ์ที่สูญหาย

ร้อยละ 3 ท่อนพันธุ์ที่งอก ร้อยละ 90 มุมของท่อนพันธุ์ 65 องศา ตามทิศของการเคลื่อนที่ มีการทำงานที่อยู่ในเกณฑ์ดี

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น เครื่องปลูกมันสำปะหลังมีส่วนประกอบที่สำคัญประกอบด้วย ชุดยกร่องปลูก ชุดตัดท่อนพันธุ์ และชุดปลูก ใช้รถแทรกเตอร์เป็นต้นกำลัง สามารถยกร่องและปลูกได้ในขั้นตอนเดียว สรุปข้อมูลสมรรถนะการทำงานที่สำคัญต่าง ๆ ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน ประสิทธิภาพการทำงาน ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง และความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง สรุปข้อมูลเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่มีการวิจัยมาก่อนหน้าแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สรุปข้อมูลเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่มีการวิจัยมาก่อนหน้า

สมรรถนะ	รุ่งเรือง และคณะ (2553)	เชิดศักดิ์ และคณะ (2555)	ประสาท และคณะ (2556)		สุกรี (2558)
	1 แถว	1 แถว	1 แถว	2 แถว	1 แถว
ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	0.55 - 0.74	0.226	1	2	0.8
ประสิทธิภาพในการทำงาน (ร้อยละ)	70 - 86	-	80	75	80
ร้อยละของท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง	17.3 - 38.2	90	93 - 95	93 - 95	90
ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อไร่)	6 - 11.6	-	2.05	2.55	3.5

โดยสรุปจากข้อมูลเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่มีการวิจัยมาก่อนหน้า โดยในแต่ละงานวิจัยมีวัตถุประสงค์เดียวกันคือ ช่วยลดปัญหาด้านการขาดแคลนแรงงานคน เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและลดเวลาในกระบวนการปลูกมันสำปะหลัง ผู้วิจัยจึงได้นำข้อดีและข้อด้อยของแต่ละงานวิจัยมาเป็นแนวทางในการศึกษา ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบโดยใช้กลไก Scotch Yoke สำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ต้นกำลังไม่เกิน 49 แรงม้า เพื่อเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและผู้สนใจต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

ในบทนี้กล่าวถึงวิธีการทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสมสำหรับกลไกการตัดท่อนพันธุ์ การออกแบบ สร้างและพัฒนา การทดสอบเพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสม การประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคในภาคสนามและการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กลไก SCOTCH YOKE สำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

3.2 การทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสมสำหรับกลไกตัดท่อนพันธุ์

การทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสมสำหรับกลไกตัดท่อนพันธุ์ในเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ทำเพื่อหามุมตัดของใบมีดที่เหมาะสมกับกลไกการตัด ประกอบด้วย เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ เกณฑ์การทดสอบ และขั้นตอนการทดสอบ โดยทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการร่วมกับชุดทดสอบกลไกการตัดที่จำลองการทำงานจริงของกลไกก่อนนำไปติดตั้งเข้ากับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องวัดแรงที่กระทำต่อวัสดุแบบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM) ขนาด 500 นิวตัน ยี่ห้อ Intron รุ่น Merlin Series 5500 แสดงดังรูป 3.1

2) แท่นจับตัวอย่างท่อนพันธุ์

3) ใบมีดรูปแบบต่าง ๆ ใบมีดหน้าตัดตรง ใบมีดหน้าตัดเฉียงมุม 45 องศา และใบมีดหน้าตัดเฉียงมุม 30 องศา หนา 5 มิลลิเมตร กว้าง 70 มิลลิเมตร มีมุมคม (knife bevel angle) 20 องศา (สุกรี, 2558) เป็นมุมคมที่ใช้แรงตัดน้อยที่สุด

4) ชุดทดสอบกลไกการตัด แสดงดังรูป 3.2

5) ชุดวัดความโก่งของลำต้น

6) เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ยี่ห้อ Insize รุ่น 1205 – 150s 6 in/150 mm

7) เครื่องชั่งดิจิตอลพิกัด 3,200 g ความละเอียด 0.01g ยี่ห้อ Sartoriusรุ่น ED3202S

8) เครื่องชั่งดิจิตอลพิกัด 150 kg ความละเอียด 0.01g ยี่ห้อ TCS รุ่น TZ-150

9) มีดอีโต้

10) ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ยี่ห้อ France Etuves รุ่น XU058

11) ชุดอุปกรณ์วัดความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์ แสดงดังรูป 3.3

12) ต้นพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ ห้วยบง 80 และพันธุ์ CMR-89

3.2.2 เกณฑ์การทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสม

เกณฑ์การทดสอบมีดังนี้

1) เพื่อทดสอบหาแรงตัดที่เกิดขึ้นในใบมีดทั้ง 3 รูปแบบ

2) เพื่อทดสอบความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์ที่เกิดขึ้นจากการทดสอบด้วยกลไกการตัด

3.2.3 ขั้นตอนการหาคุณสมบัติทางกายภาพของต้นพันธุ์มันสำปะหลัง

1) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

2) วัดความยาวของลำต้น

3) วัดความโค้งของลำต้น แสดงดังรูปที่ 3.4

4) ชั่งน้ำหนักลำต้น

5) วัดความชื้นฐานเปียกของตัวอย่างต้นพันธุ์

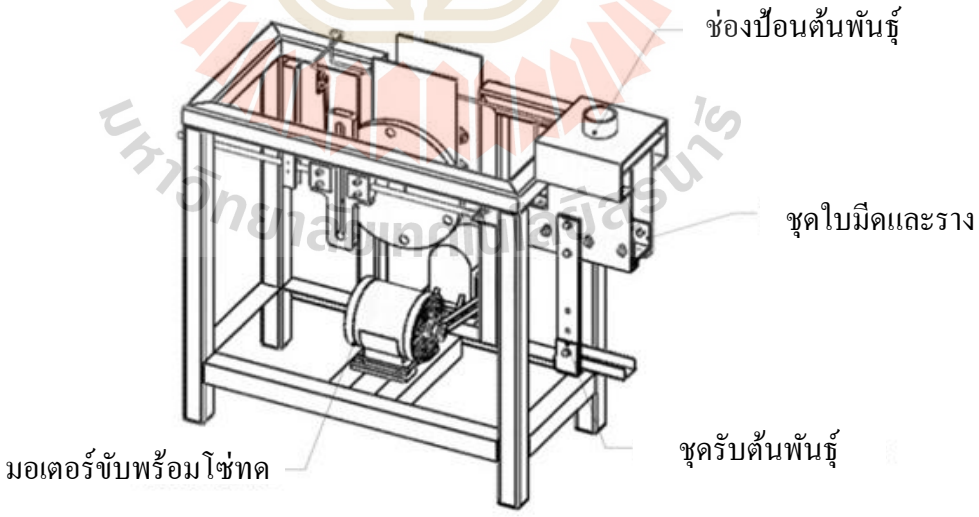
3.2.4 ขั้นตอนการหาแรงที่ใช้ในการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

1) นำท่อนพันธุ์ตัวอย่างมาวางยึดบนแท่นจับตัวอย่างท่อนพันธุ์ตัดด้วยเครื่องวัดแรงที่กระทำต่อวัสดุแบบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM) แล้วบันทึกค่าแรงที่ใช้ตัดสูงสุดในแต่ละท่อน ตั้งค่าความเร็วที่ใช้ในการตัด 254 มิลลิเมตรต่อนาที (ณัฐพงษ์, 2551) เป็นค่าความเร็วที่ใช้ในการตัดวัสดุทางการเกษตร

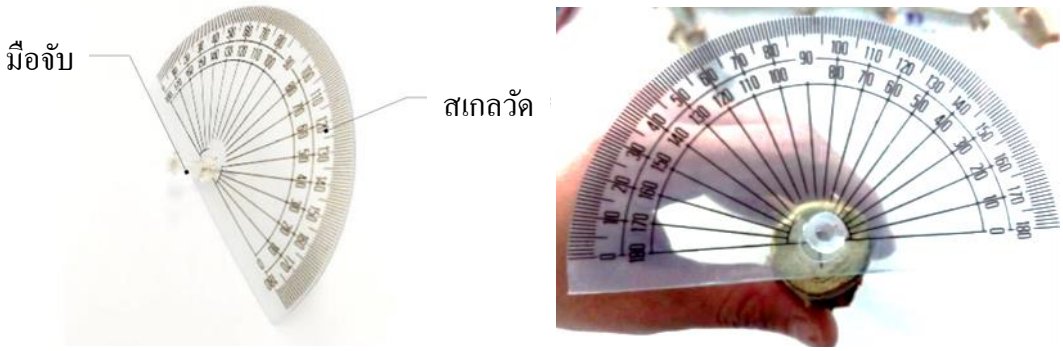
2) บันทึกค่าแรงที่ใช้ตัดสูงสุดของแต่ละใบมีด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

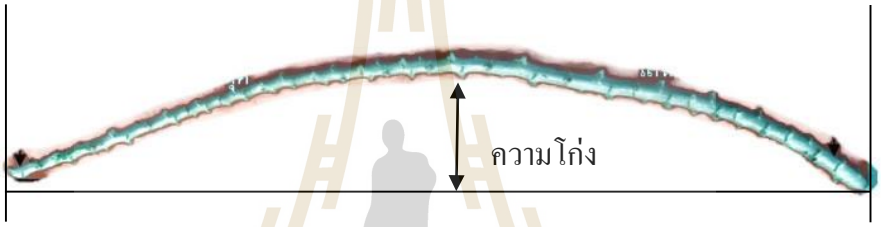
รูปที่ 3.1 เครื่องวัดแรงที่กระทำต่อวัสดุแบบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM)



รูปที่ 3.2 ชุดทดสอบกลไกการตัด



รูปที่ 3.3 ชุดอุปกรณ์วัดความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์



รูปที่ 3.4 การวัดความโก่งของต้นพันธุ์

3.2.5 ขั้นตอนการวัดความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์

1) เปิดการทำงานของชุดทดสอบกลไกการตัด ขับด้วยมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ทดรอบการขับเคลื่อนซึ่งมีความเร็วการตัด 0.25 เมตรต่อวินาที

2) นำต้นพันธุ์ตัวอย่างป้อนเข้าชุดทดสอบกลไกการตัด

3) เปลี่ยนใบมีดที่ใช้ตัดจนครบทุกรูปแบบ ในแต่ละพันธุ์ของมันสำปะหลัง

4) นำท่อนพันธุ์ตัวอย่างที่ตัดแล้ว นำมาวัดด้วยชุดวัดความเสียหายรอยตัดด้านโคนที่เป็นด้านที่ปักลงดินวิธีการวัด แสดงดังรูป 3.5 แล้วนำมาคำนวณจากสมการดังนี้

$$\%\,CSD = \frac{CSD_{down}}{360} \times 100 \qquad (3.1)$$

โดยที่ $\%\,CSD$ = ร้อยละความเสียหายรอยตัด

CSD_{down} = ผลรวมมุมความเสียหายของรอยตัดด้านโคน (องศา)

360 = ค่ามุมภายในวงกลม (องศา)

รูปที่ 3.5 วิธีการวัดค่าด้วยชุดอุปกรณ์วัดความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์

วิธีการวัดความเสียหายรอยตัดให้เปรียบเสมือนว่า รอยตัดที่สมบูรณ์คือรอยตัดที่เรียบไม่มีส่วนที่เสียหายแตกหัก คล้ายรูปวงกลม วิธีการวัดค่าทำได้โดยปักชุดวัดความเสียหายลงในจุดศูนย์กลางรอยตัด อ่านค่าส่วนของมุมที่เสียหาย แล้วคำนวณดังความสัมพันธ์ดังสมการ

5) เลือกใบมีดที่ใช้แรงตัดน้อยที่สุดร่วมกับค่าความเสียหายรอยตัดน้อยที่สุดมาพิจารณาใช้งานกับกลไกการตัดท่อนพันธุ์ในเครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อไป

3.3 วิธีการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

การออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังนั้นประกอบด้วย ข้อมูลเบื้องต้น เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ และขั้นตอนการออกแบบ มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวกับการออกแบบ

1) ข้อมูลเกี่ยวกับต้นพันธุ์มันสำปะหลัง

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นพันธุ์โดยเฉลี่ย 20-35 มิลลิเมตร
- ความยาวของต้นพันธุ์สูงสุด 150 เซนติเมตร
- ความโค้งของต้นพันธุ์สูงสุด 26 เซนติเมตร

2) ข้อมูลเกี่ยวกับต้นกำลัง

- รถแทรกเตอร์ 47 แรงม้า
- การขับกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์รับกำลังจากล้อขับ (Ground Wheel)

3.3.2 เกณฑ์การออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

เกณฑ์การออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังมีรายละเอียดดังนี้

1) การทำงานของกลไกสามารถตัดและปลูกท่อนพันธุ์พร้อมกัน

2) การทำงานของกลไกไม่ซับซ้อน มีความปลอดภัย และซ่อมบำรุงง่าย

3) สามารถปรับความยาวการตัดท่อนพันธุ์ได้ 3 ระดับ ที่ 20, 25 และ 30 เซนติเมตร

4) สามารถปรับความเอียงการปักของท่อนพันธุ์ได้

5) สามารถปรับระยะปลูกได้

6) ออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังให้สามารถใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดไม่เกิน 49 แรงม้า

7) ออกแบบให้มีผู้ปฏิบัติงาน 2 คน ผู้ขับขี่และผู้ป้อนต้นพันธุ์เข้าเครื่อง

3.3.3 การออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

การออกแบบเครื่องโดยใช้โปรแกรมการเขียนแบบทางด้านวิศวกรรม Solid Works มีส่วนประกอบหลักและอุปกรณ์ประกอบ ดังนี้

1) การออกแบบชุดโครงสร้างของตัวเครื่อง

2) การออกแบบชุดยกร่องปลูก

3) การออกแบบชุดเปิดหน้าดิน

4) การออกแบบชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์

5) การออกแบบชุดส่งกำลังขับกลไก

3.3.4 ขั้นตอนการออกแบบ

1) การออกแบบโครงสร้างของตัวเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

โครงสร้างของตัวเครื่องปลูกมันสำปะหลังได้ออกแบบให้มีรูปร่างที่กะทัดรัด ยืดหยุ่นในการปรับตั้งส่วนประกอบต่าง ๆ และโครงสร้างของตัวเครื่องสามารถรับค่าแรงภายนอกที่มากระทำต่อเครื่องได้ โดยมีลักษณะการคำนวณการออกแบบ ตามลำดับดังนี้

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

2) การออกแบบชุดยกร่องปลูก

ชุดยกร่องปลูกใช้ผาลยกร่องที่เกษตรกรใช้กันอยู่ทั่วไปเพราะเป็นที่ยอมรับของเกษตรกรและสามารถซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด การทำงานของชุดยกร่องออกแบบให้มีความสูงของสันร่องอยู่ประมาณ 25 - 40 เซนติเมตร และมีระยะระหว่างร่องอยู่ประมาณ 80 - 120 เซนติเมตร สามารถปรับระดับได้

3) การออกแบบชุดเปิดหน้าดิน

ชุดเปิดหน้าดินการออกแบบประยุกต์ให้มีลักษณะแบบไถหัวหมู ซึ่งมีหน้าที่เปิดร่องให้กับกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ปลูกพร้อมทั้งป้องกันดินไม่ให้ติดขัดกลไกอีกด้วย โดยออกแบบให้มีขนาดร่องกว้างมากกว่าฝาครอบกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ปลูกเล็กน้อย

4) การออกแบบชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ปลูก

กลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ปลูกเป็นกลไกแบบ Scotch Yoke โดยเพิ่มใบมีดในการตัดท่อนพันธุ์และตัวผลักท่อนพันธุ์ที่สามารถถอดเปลี่ยนหรือลับคมได้ ตัวกลไกแยกเป็นอิสระกับโครงสร้างตัวเครื่องปรับเลื่อนได้ 4 ระดับ เพื่อให้สามารถปรับระยะการปลูกให้เหมาะสมกับร่องดินที่ยกโดยชุดยกร่องปลูก สามารถปรับความสูงได้ 3 ระดับ เพื่อปรับระยะความลึกท่อนพันธุ์ที่ฝังดิน โดยมีลักษณะการคำนวณการออกแบบตามลำดับดังนี้

- หาความเร็วสูงสุดของกลไก (V_{max})
- หาความเร่งสูงสุดของกลไก (a_{max})
- หาการเคลื่อนที่ได้สูงสุดของกลไก (x)

5) การออกแบบชุดส่งกำลังขับกลไก

ชุดส่งกำลังขับกลไกการปลูกรับกำลังมาจากล้อขับ (Ground Wheel) ส่งกำลังผ่านโซ่ไปยังเพลาขับ ซึ่งจะประกอบด้วย พิเนียน เฟืองโซ่และส่งกำลังไปขับกลไกที่ออกแบบขึ้น ซึ่งการออกแบบระบบส่งกำลังจำแนกได้ 2 ประเภทคือ การออกแบบเพลาส่งกำลัง และการออกแบบโซ่ส่งกำลัง สามารถดำเนินการคำนวณการออกแบบตามลำดับดังนี้

5.1) การออกแบบโซ่ส่งกำลัง ดำเนินการคำนวณการออกแบบตามลำดับดังนี้

- กำหนดค่าต่าง ๆ คือ กำลังที่ต้องการส่ง (w_p)

อัตราเร็วรอบเฟืองขับ (N_1) และเฟืองตาม (N_2)

- พิจารณาลักษณะการใช้งาน เพื่อเลือกตัวประกอบการใช้งานสำหรับแรงกระทำ (N_{s1})

- พิจารณาลักษณะการใช้งานเพื่อเลือกตัวประกอบการใช้งาน สำหรับสิ่งแวดล้อม (N_{s2})

- กำหนดจำนวนฟันบนเฟืองโซ่ (z)

- กำหนดอัตราทดที่ต้องการ (m_w)

- หากำลังที่ใช้เลือกโซ่ (p)

- เลือกขนาดโซ่จากค่ากำลังออกแบบของโซ่ โดยเลือกใช้โซ่ที่มีระยะพิตช์น้อยที่สุด

- หาค่าความปลอดภัย (N_b)

- หาจำนวนข้อโซ่ (x)

- หาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่โดยประมาณ (C)

5.2) การออกแบบเพลาส่งกำลัง ดำเนินการคำนวณการออกแบบตามลำดับดังนี้

- กำหนดค่าต่างๆ คือ กำลังที่ต้องการถ่ายทอด (W_p)

อัตราความเร็วรอบของเพลา (Z)

- กำลังที่ใช้ในการออกแบบเพลา (P)

- หาโมเมนต์บิดที่ใช้ในการออกแบบ (T)

- หาโมเมนต์ดัดที่ใช้ในการออกแบบ (M)

- หาความเค้นเฉือนใช้งาน (τ_d)

- เขียนไดอะแกรมแสดงโหลดในแนวดิ่งและแนวระดับ

- หาโหลดที่เกิดขึ้นในแนวดิ่งและแนวระดับ

- หาแรงปฏิกิริยาที่จุดหมุนในแนวดิ่งและแนวระดับ

- เขียนไดอะแกรมโมเมนต์ดัดในแนวดิ่งและแนวระดับ

- จากไดอะแกรมโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในแนวดิ่งและแนวระดับที่ตำแหน่งของเฟืองทุกตัวรวมโมเมนต์ดัดในแนวดิ่งและแนวระดับของเฟืองทุกตัวเข้าด้วยกัน ใช้ค่าที่มาก ที่สุดในการหาขนาดของเพลา

- กำหนดค่าตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด (C_m)

- กำหนดค่าตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด (C_t)

- หาขนาดของเพลา (d)

- ตรวจสอบมุมที่เพลาบิดเป็น (องศา)

- หาอายุการใช้งานของแบริ่งเป็น (ชั่วโมง)

3.4 วิธีการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

การสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลังนั้นประกอบด้วย วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างและเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ มีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

1) เหล็กรูปพรรณต่าง ๆ โดยรวมสำหรับโครงสร้างเครื่อง ได้แก่

- เหล็กกล่อง

- เหล็กฉาก

- เหล็กเส้น

- เหล็กแผ่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- เหล็กตะแกรง

2) วัสดุสำหรับระบบส่งกำลัง ได้แก่

- โซ่และเฟืองโซ่
- ตลับลูกปืน
- เพลา
- เหล็กแผ่น

3) วัสดุสำหรับจับยึดชิ้นงาน ได้แก่

- Nut, Bolt, ลิ่ม, สลัก และอื่น ๆ

4) อุปกรณ์สำเร็จรูป ได้แก่

- เบาะที่นั่งสำหรับผู้ปฏิบัติงานป้อนต้นพันธุ์
- ผาลชนิดจาน 18 นิ้ว 2 ใบ
- ผาลชนิดจาน 15.6 นิ้ว 2 ใบ
- กระทู้ผาล

3.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้าง

1) เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
2) เครื่องตัดเหล็ก
3) เครื่องเจาะชิ้นงาน
4) เครื่องกลึงชิ้นงาน
5) เครื่องเจียระไน
6) เครื่องมือช่าง เครื่องมือวัด และอื่น ๆ

3.5 การทดสอบหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสม

ดำเนินการทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ประกอบด้วย อุปกรณ์ เกณฑ์การทดสอบและค่าชี้วัดผลทางด้านสมรรถนะและคุณภาพการปลูกของเครื่องปลูกมันสำปะหลังเบื้องต้น เพื่อเลือกระดับเกียร์และช่วงความเร็วที่เหมาะในการทำงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบ

1) รถแทรกเตอร์ NEW HOLLAND รุ่น TC48R PLUS กำลังเครื่องยนต์ 47 HP
2) นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ RHYTHM
3) เครื่องวัดมุม ยี่ห้อ SHINWA
4) เวอร์เนียคาร์ลิเปอร์ ยี่ห้อ Insize รุ่น 1205-150s 6in/150mm
5) เครื่องมือวัดคุณสมบัติของดิน ยี่ห้อ Eijkelkamp

6) เทปวัด

7) ถุงซิป เก็บตัวอย่าง

8) หมุดเหล็ก

9) กล้องถ่ายรูป

10) หลักเล็งแนว

11) ตลับเมตร

3.5.2 การทดสอบหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสม

การทดสอบหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

1) การทดสอบสมรรถนะเครื่องปลูกมันสำปะหลัง เพื่อหา

- ความเร็วในการทำงาน
- เปอร์เซ็นต์การลื่นไถลของรถแทรกเตอร์ (Slip)

2) การประเมินคุณภาพการปลูกของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ดังนี้

- ร้อยละท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง
- ร้อยละท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้ม
- ร้อยละท่อนพันธุ์ที่สูญหาย

3.6 การทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพปลูกในภาคสนาม

ดำเนินการทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ประกอบด้วยอุปกรณ์ เกณฑ์การทดสอบและค่าชี้วัดผลทางด้านสมรรถนะและคุณภาพการปลูกของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังในภาคสนาม

1) รถแทรกเตอร์ MASSEY FERGUSON รุ่น 4225 กำลังเครื่องยนต์ 60 HP

2) รถแทรกเตอร์ NEW HOLLAND รุ่น TC48R PLUS กำลังเครื่องยนต์ 47 HP

3) นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ RHYTHM

4) เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ WANT รุ่น WT22002NE

5) เครื่องวัดมุม ยี่ห้อ SHINWA

6) เวอร์เนียคาร์ลิเปอร์ ยี่ห้อ Insize รุ่น 1205-150s 6in/150mm

7) เครื่องมือวัดคุณสมบัติของดิน ยี่ห้อ Eijkelkamp

8) Load sell ยี่ห้อ Transmate พิกัด 5,000 กิโลกรัม

9) ถังน้ำมันสำรอง

10) เทปวัด

11) ถุงซิป เก็บตัวอย่าง

12) หมุดเหล็ก

13) กล้องถ่ายรูป

14) เทปกาว

15) กระบอกตวงน้ำมัน

16) หลักเล็งแนว

17) ตลับเมตร

18) ชุดวัดความโค้งท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

3.6.2 การทดสอบสมรรถนะและคุณภาพเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

การทดสอบสมรรถนะและคุณภาพการปลูกประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

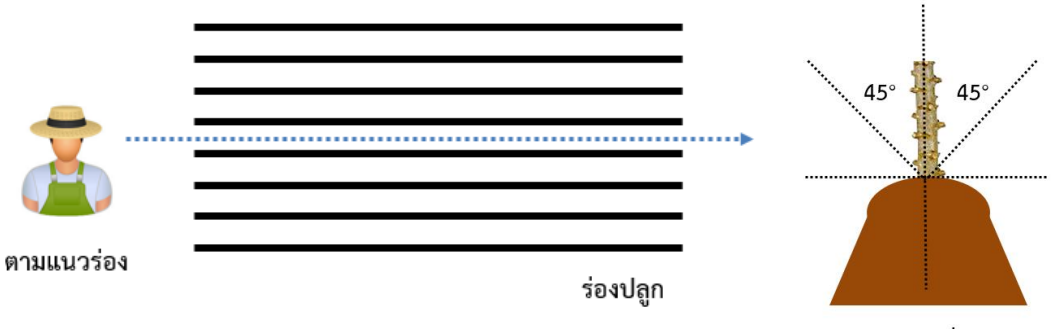
1) การทดสอบสมรรถนะเครื่องปลูกมันสำปะหลัง เพื่อหา

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

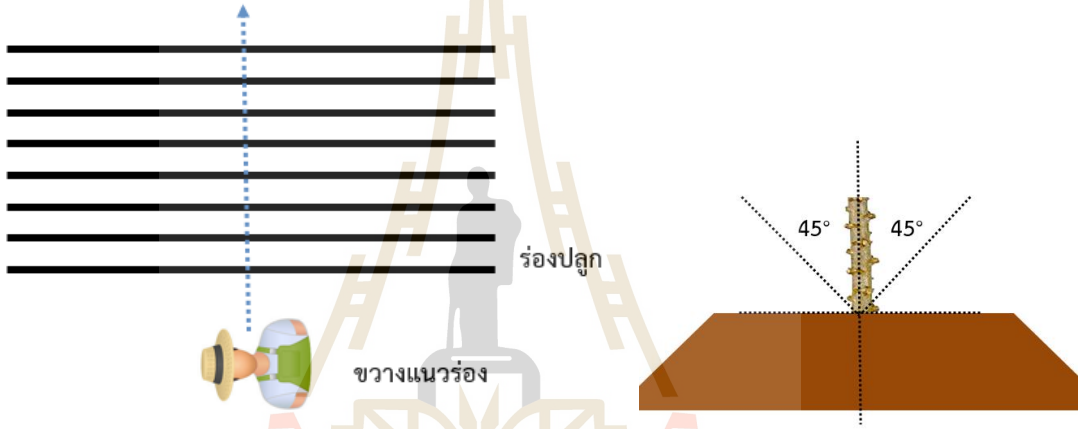
2) การประเมินคุณภาพการปลูกของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ดังนี้

- ร้อยละท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง (มุมของท่อนพันธุ์ทั้งแนวตามร่องและแนวขวางร่องไม่น้อยกว่า 45 องศา)
- ร้อยละท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้ม
- ร้อยละท่อนพันธุ์ที่เสียหาย
- ร้อยละท่อนพันธุ์ที่สูญหาย
- ร้อยละท่อนพันธุ์ที่งอก
- มุมของท่อนพันธุ์ตามแนวร่อง แสดงดังรูปที่ 3.6
- มุมของท่อนพันธุ์ขวางแนวร่อง แสดงดังรูปที่ 3.7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.6 มุมของท่อนพันธุ์ตามแนวร่อง



รูปที่ 3.7 มุมของท่อนพันธุ์ขวางแนวร่อง

จากรูปที่ 3.6 และ 3.7 เป็นการกำหนดการวัดผลมุมของท่อนพันธุ์ตามแนวร่องและมุมของท่อนพันธุ์ขวางแนวร่อง โดยให้ผู้อ่านค่ามองท่อนพันธุ์ที่ปลูกเพื่อตัดสินการปลูกตั้งก็ต่อเมื่อท่อนพันธุ์นั้นมีมุมไม่น้อยกว่า 45 องศา ในทั้ง 2 ทิศทาง และตัดสินการปลูกล้มก็ต่อเมื่อมีท่อนพันธุ์ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง น้อยกว่า 45 องศา

3.6.3 ค่าชี้ผลของการทดสอบ

ค่าชี้ผลของการทดสอบเพื่อใช้ในการวัดค่าผลของการทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังใน ภาคสนามประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

1) ความสามารถในการทำงานจริง (Effective Field Capacity)

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

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 รวมทั้งเวลาที่สูญเสีย เนื่องจาก การเลี้ยวรถ การหยุดรถ การปรับตั้งเครื่องจักร (ชั่วโมง)

3) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

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

เมื่อ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)

4) การลื่นไถล

$$\text{การลื่นไถล} = \frac{\text{การเคลื่อนที่เมื่อไม่มีภาระ} - \text{การเคลื่อนเมื่อมีภาระ}}{\text{การเคลื่อนที่เมื่อไม่มีภาระ}} \quad (3.5)$$

เมื่อ อัตราการลื่นไถล (%)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.7 การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังมีรายละเอียดดังนี้

3.7.1 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break - even point) เป็นการคำนวณเปรียบเทียบการปลูกมันสำปะหลังโดยนับตั้งแต่การจ้างยกร่องปลูก การใช้แรงงานคนปลูกนับตั้งแต่กระบวนการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไปตลอดจนกระบวนการปลูกเพื่อนามาเปรียบเทียบกับเครื่องปลูก มันสำปะหลังจะสามารถใช้ต้นทุนในการทำงานเท่ากับต้นทุนของการปลูกมันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนที่พื้นที่เท่าไรในระยะเวลา 1 ปี

3.7.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period, PBP) เป็นการคะเนว่าระยะเวลาจากการเริ่มต้นลงทุนถึงเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits) ของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง มีค่าเท่ากับ การลงทุนและทำการคำนวณหาระยะเวลาในการคืนทุนต่อพื้นการทำงานต่อปีของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

4.1 บทนำ

ในบทนี้กล่าวถึง ผลการทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสมสำหรับกลไกการตัดท่อนพันธุ์ ผลของการออกแบบ สร้างและพัฒนา ผลการทดสอบเพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมในการทำงาน ผลการประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคในภาคสนาม และผลการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กลไก SCOTCH YOKE สำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

4.2 ผลการทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสมสำหรับกลไกตัดท่อนพันธุ์

จากผลการทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสมสำหรับกลไกการตัดท่อนพันธุ์ ของใบมีดทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ ใบมีดมีดตรง ใบมีด 45 องศา และใบมีด 30 องศา

4.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของต้นพันธุ์มันสำปะหลัง

ในขั้นแรกได้หาคุณสมบัติทางกายภาพของต้นพันธุ์มันสำปะหลังที่ได้นำมาทดสอบ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของต้นพันธุ์มันสำปะหลัง

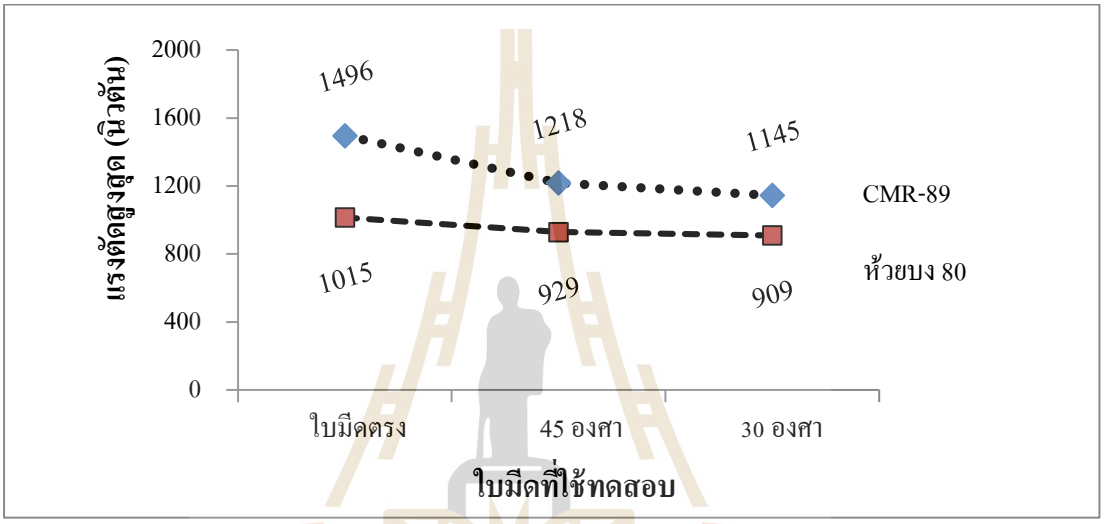
คุณสมบัติ	CMR-89	ห้วยบง 80
อายุต้นพันธุ์ (เดือน)	9	9
เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	19.83±2.25	19.26±1.68
ความยาวลำต้น (เซนติเมตร)	149.5±10.7	135.7±13.9
ความโค้ง (เซนติเมตร)	4.9±1.6	12.1±3.6
น้ำหนัก (กรัม)	530±123	390±68
ความชื้น (% wb)	71.09±2.45	64.25±3.76

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงคือ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.2 แรงที่ใช้ในการตัดต้นพันธุ์มันสำปะหลัง

ผลการทดสอบแรงที่ใช้ในการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ทำการตัดและวัดแรงด้วยเครื่องวัดแรงที่กระทำต่อวัสดุแบบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine: UTM) ทั้ง 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ CMR-89 และห้วยบง 80 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่สามารถหาได้ง่ายในพื้นที่ในช่วงเวลาที่ทดสอบ ตัดต้นพันธุ์มันสำปะหลังทั้งพันธุ์ CMR-89 และพันธุ์ห้วยบง 80 แรงตัดสูงสุดของแต่ละใบมีด แสดงดังรูปที่ 4.1

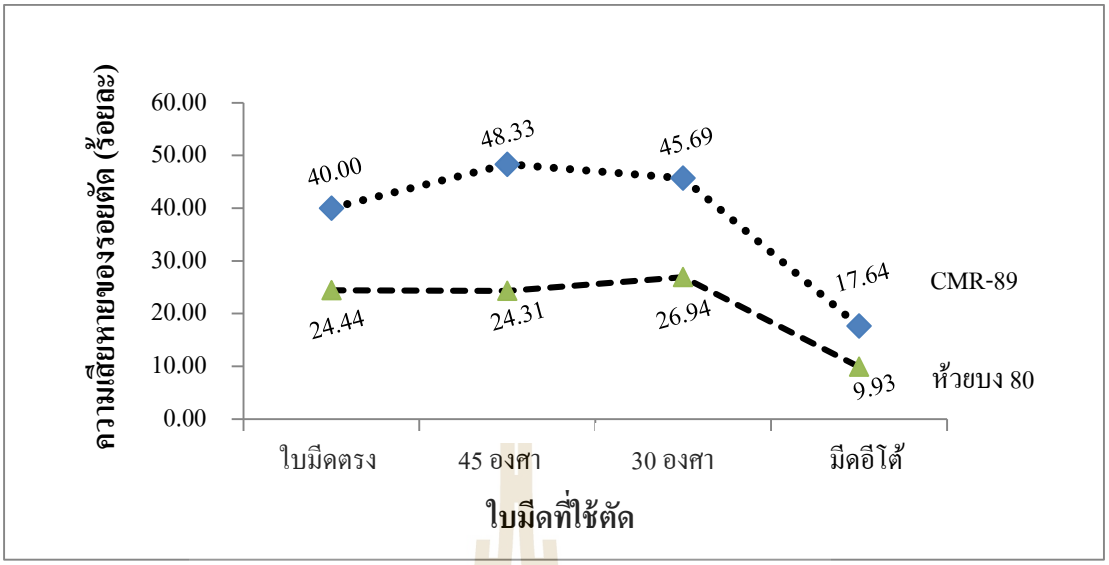


รูปที่ 4.1 แสดงแรงที่ใช้ในการตัดสูงสุดของใบมีดตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

จากแรงตัดสูงสุดของใบมีดรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ ใบมีดตรง ใบมีด 45 องศาและใบมีด 30 องศา พบว่าแรงตัดของใบมีดตรงมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือใบมีด 45 องศาและใบมีด 30 องศา ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแรงที่ใช้ตัดควรเลือกใช้ใบมีดที่ใช้แรงตัดน้อยที่สุด

4.2.3 ความเสียหายรอยตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

ในการตัดท่อนพันธุ์ที่ต้องคำนึงถึงคือความเสียหายของรอยตัด ด้านโคนเป็นด้านที่ถูกปักลงดินซึ่งส่งผลต่อการแตกราก หลังจากทดสอบการตัดด้วยชุดกลไกทดสอบการตัดและวัดค่าความเสียหายรอยตัดด้วยชุดวัดความเสียหาย ดังแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงความเสียหายรอยตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

จากความเสียหายของรอยตัดของใบมีดทั้ง 3 รูปแบบกับชุดกลไกการตัด พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 จึงควรพิจารณาเลือกใช้ใบมีด 30 องศา แต่ในการปฏิบัติงานจริงพบว่าการป้อนต้นพันธุ์เกิดการติดขัดเนื่องจากใบมีด 30 องศา มีความยาวใบมีดที่มากกว่าทำให้การป้อนต้นพันธุ์ไม่สะดวก เพื่อป้องกันปัญหาการที่จะเกิดขึ้นในการนำไปใช้ในกลไกการตัดท่อนพันธุ์ของเครื่องปลูกมันสำปะหลังใช้งานได้สะดวกจึงพิจารณาเลือกใบมีด 45 องศา มาใช้งาน เนื่องจากใช้แรงตัดต่ำกว่าใบมีดตรง และความเสียหายรอยตัดไม่แตกต่างจากใบมีดแบบอื่น

4.3 ผลการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

ผลการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังประกอบด้วย ชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ ชุดเบิกร่อง ล้อขับกลไก ชุดยกร่องปลูก เก้าอี้นั่งป้อนต้นพันธุ์ กระบะใส่ต้นพันธุ์ ระบบโซ่ส่งกำลัง และโครงสร้างตัวเครื่อง แสดงการคำนวณต่าง ๆ ในภาคผนวก ค. และแสดงชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ ในภาคผนวก ง.

4.3.1 โครงสร้างของตัวเครื่อง

ผลการออกแบบโครงสร้างตัวเครื่องได้ดังนี้

1) โครงสร้างตัวเครื่องหลัก ใช้เหล็กฉากขนาด 3 x 3 นิ้ว หนา 6 มิลลิเมตร เชื่อมประกบกัน

2) ความกว้างตัวเครื่อง 1.15 เมตร

3) ความยาวตัวเครื่อง 1.50 เมตร

4) ความสูงจากพื้นดินสูงสุด 1.90 เมตร

4.3.2 ชุดยกร่องปลูก

ผลการออกแบบชุดยกร่องปลูกได้ดังนี้

1) เส้นผ่านศูนย์กลางผาลขนาด 15.6 นิ้ว

2) หน้ากว้างการทำงาน 1 เมตร

3) ห่างจากจุดต่อพ่วง 1.40 เมตร

4) ความสูงกระทู้ผาล 60 เซนติเมตร

5) ไถจานยกร่องทำมุม 40 องศากับแนวร่องปลูก

4.3.3 ชุดเปิดหน้าดิน

ผลการออกแบบชุดเปิดหน้าดินได้ดังนี้

1) เหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร พับเป็นรูปทรงคล้ายไถหัวหมู

2) ก้านไถชุดเปิดหน้าดิน หนา 10 มิลลิเมตร

3) จับยึดกับตัวโครงสร้างด้วยหน้าแปลนประกบ

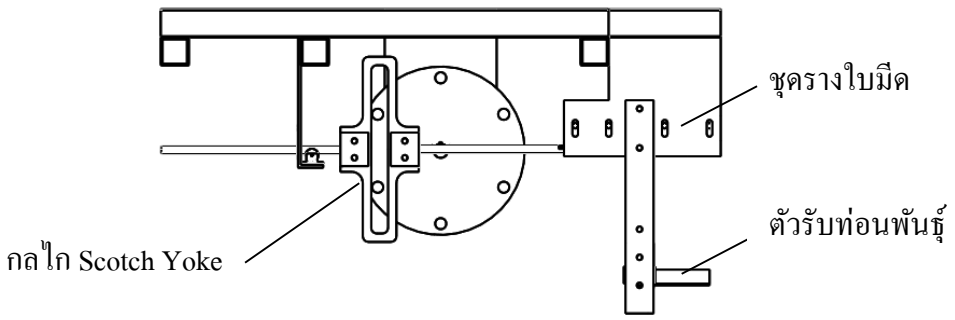
4.3.4 ชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์

ผลการออกแบบชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ได้ดังนี้

1) ชุดรางใบมีดกว้าง 8 เซนติเมตร

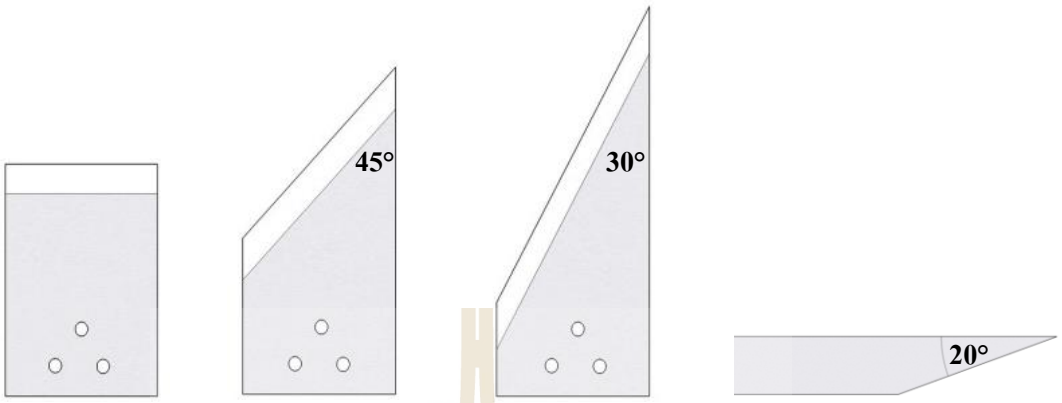
2) แผ่นจานของกลไก Scotch Yoke หนา 20 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ระยะชัก 140 มิลลิเมตร

3) โครงสร้างกลไกตัดและผลักท่อนพันธุ์ ใช้เหล็กกล่องขนาด 2 x 2 นิ้ว หนา 5 มิลลิเมตร เป็นกลไกที่ประยุกต์จากกลไก Scotch Yoke แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กลไกตัดและผลักท่อนพันธุ์ที่ประยุกต์จากกลไก Scotch Yoke

4) ใบมีดกว้าง 7 เซนติเมตร หนา 5 มิลลิเมตร ทั้ง 3 รูปแบบ แสดงดังรูปที่ 4.4



(ก) ใบมีดตรง (ข) ใบมีด 45 องศา (ค) ใบมีด 30 องศา (ง) มุมคมใบมีด 20 องศา

รูปที่ 4.4 ใบมีดที่ใช้ในการทดสอบ

4.3.5 ชุดส่งกำลังขับกลไก

ผลการออกแบบชุดส่งกำลังขับกลไกได้ดังนี้

1) ล้อขับ (Ground wheel) เส้นผ่านศูนย์กลาง 37 เซนติเมตร

2) เพลาที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร

3) เพลาที่ 2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร

4) เพลาขับกลไก เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร

5) โซ่ ชนิด 1 ชั้น ANSI-50-1 (โซ่เบอร์ 50)

6) พิเนียน (ล้อขับ, เฟืองโซ่ที่ 1) 30 ฟัน

7) เฟืองโซ่ที่ 2 15 ฟัน

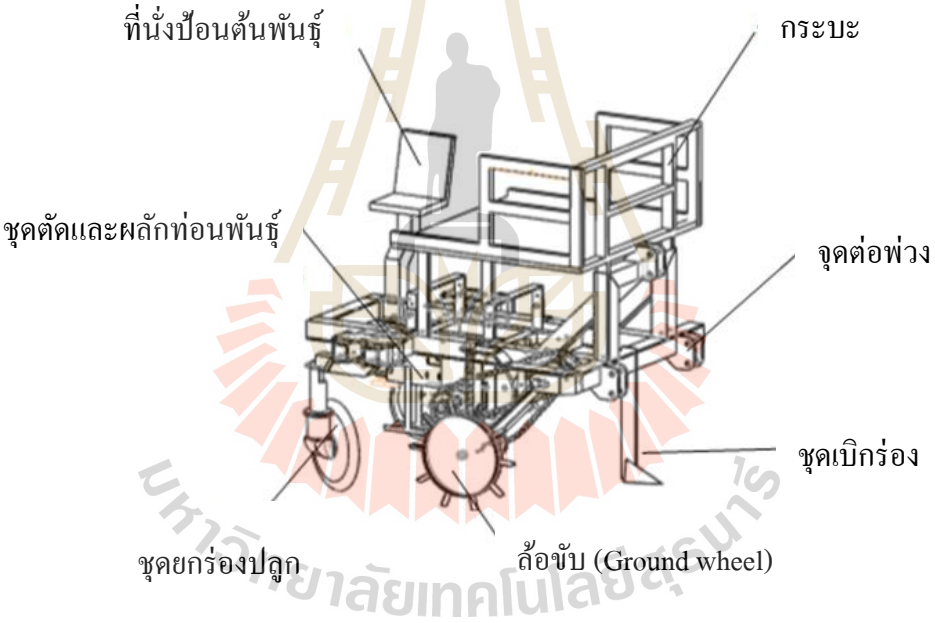
8) เฟืองโซ่ที่ 3 19 ฟัน

9) เฟืองโซ่ที่ 4 19 ฟัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4 ผลการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

หลังจากการออกแบบ จึงได้สร้างกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์เป็นอันดับแรกเพื่อนำไปทดสอบการหามุมตัดที่เหมาะสม และสร้างส่วนประกอบอื่น ๆ ตามหลัง แล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกัน การปรับตั้งระยะปลูกได้ 60 – 120 เซนติเมตรโดยเปลี่ยนอัตราทดที่เฟืองโซ่ในตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่ 4 ความยาวท่อนพันธุ์ปรับได้ 3 ระดับที่ 20 25 และ 30 เซนติเมตร ที่นั่งป้อนท่อนพันธุ์สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความถนัดของผู้ปฏิบัติงาน ผู้วิจัยมุ่งหวังว่าการปรับปรุง การปรับแต่ง แก้ไข และทดสอบให้เครื่องปลูกมันสำปะหลังสามารถทำงานได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน และง่ายต่อการบำรุงรักษา ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง แสดงดังรูปที่ 4.5 เครื่องปลูกมันสำปะหลังที่สร้างขึ้น แสดงดังรูปที่ 4.6 และเครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ แสดงดังรูปที่ 4.7

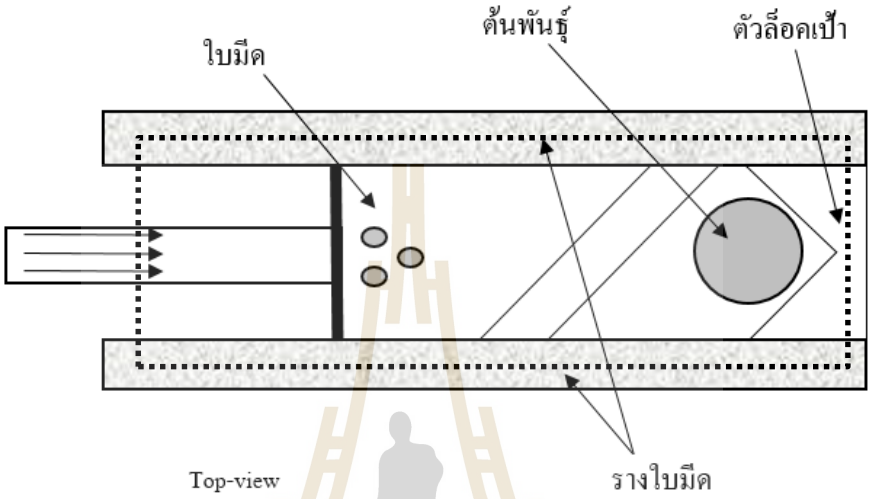


รูปที่ 4.5 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

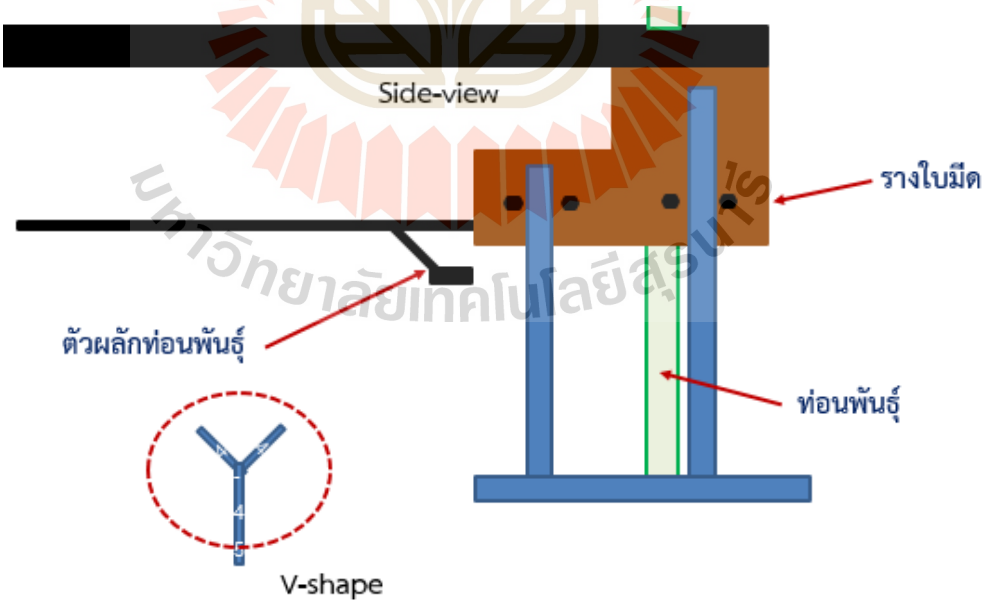
รูปที่ 4.6 เครื่องปลูกมันสำปะหลังที่สร้างขึ้น

รูปที่ 4.7 แสดงเครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์

เครื่องปลูกมันสำปะหลังที่สร้างขึ้นนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาปรับปรุงในส่วนคุณภาพการตัดโดยการออกแบบใบมีดรูปแบบต่าง ๆ มาใช้ทดสอบ ปรับปรุงการปลูกตั้งโดยการออกแบบให้ช่องป้อนต้นพันธุ์ให้กว้างขึ้น ชุดใบมีดมีตัวล็อกเป้ารูปตัว V แสดงดังรูปที่ 4.8 และตัวผลักท่อนพันธุ์ รูปตัว V เช่นเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 4.9

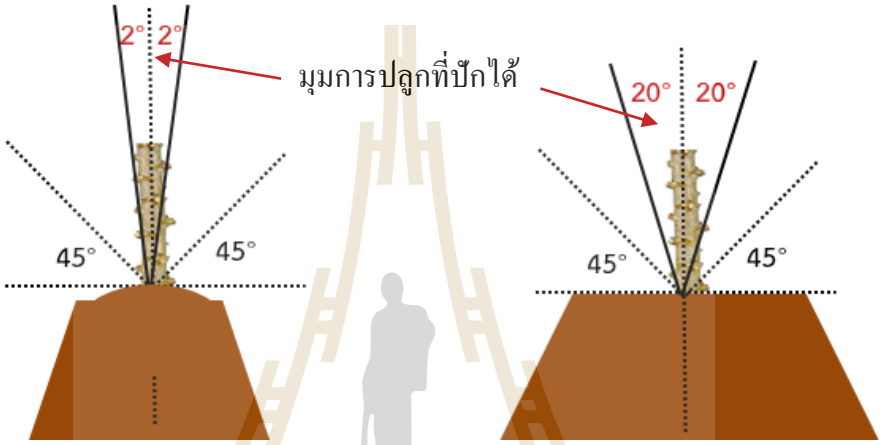


รูปที่ 4.8 ช่องป้อนต้นพันธุ์และตัวล็อคเป้ารูปตัว V ในกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์



รูปที่ 4.9 ตัวผลักท่อนพันธุ์ รูปตัว V ในกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์

ตัวล็อกเป้ารูปตัว V นี้จะทำหน้าที่บังคับต้นพันธุ์ให้ลู่เข้าจุดกึ่งกลางของเป้าเมื่อถูกใบมีดและตัวผลักท่อนพันธุ์ดันเข้าประทะกับตัวล็อกเป้า ทำให้ได้รอยตัดที่ตรงและเรียบมากขึ้น พร้อมทั้งออกแบบให้ช่องป้อนต้นพันธุ์กว้างขึ้นและมีลักษณะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าดังบริเวณเส้นประ พร้อมทั้งเพิ่มช่วงชักของกลไกให้ยาวขึ้นและวางจุดตัดท่อนพันธุ์ให้อยู่ปลายสุดของช่วงชัก หลังจากตัดแล้วตัวผลักท่อนพันธุ์จะทำหน้าที่ผลักท่อนพันธุ์เข้าร่องปลูก จากการพัฒนาทำให้ลดปัญหาการป้อนไม่ทันและทำให้การปลูกแม่นยำมากยิ่งขึ้นทั้งในแนวตามร่องละแนวขวางร่อง แสดงดังรูปที่ 4.10



(ก) มุมของท่อนพันธุ์แนวตามร่อง (ข) มุมของท่อนพันธุ์แนวขวางร่อง

รูปที่ 4.10 มุมการปักของท่อนพันธุ์ในแนวตามร่องและแนวขวางร่อง

จากรูปที่ 4.10 มุมของท่อนพันธุ์ตามแนวร่องมีความแม่นยำขึ้นอย่างเห็นได้ชัด มีความเอียงโดยเฉลี่ยจากแกนตั้ง 2 องศา ทั้งด้านซ้ายและด้านขวา เป็นผลจากการพัฒนาตัวล็อกเป้าและตัวผลักท่อนพันธุ์ ส่วนของมุมท่อนพันธุ์ขวางแนวร่อง มีความเอียงโดยเฉลี่ยจากแกนตั้ง 20 องศา ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ที่ลาก เนื่องจากหลักการปลูกอาศัยความสัมพันธ์จากการพูนตัวของดินร่วมกับกลไกผลักท่อนพันธุ์ ทำให้บางจังหวะการปลูกทำให้ดินพูนตัวไม่พอดีกับท่อนพันธุ์ ทำให้ท่อนพันธุ์เอนเอียงเล็กน้อย กรณีที่ปลูกล้มเนื่องจากการพูนตัวของดินไม่พอดีกับการปลูก วิธีแก้ไขสามารถปรับตัวผลักท่อนพันธุ์ชดเชยหรือปรับตำแหน่งชุดกลไกได้

4.5 ผลการทดสอบหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสม

การหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมในระดับเกียร์ต่าง ๆ ซึ่งมีช่วงความเร็วที่ต่างกันตามตำแหน่งเกียร์หลัก (เลขหน้า) และเกียร์รอง (เลขหลัง) ได้แก่ ตำแหน่งเกียร์ 2-2, 2-3, 2-4 และ 3-1 ตามลำดับ ที่ช่วงความเร็ว 1.45 - 1.43, 1.73 – 1.89, 2.18 – 2.40 และ 2.69 – 2.91 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ เตรียมดินด้วยไถจานและตีดินด้วยจอบหมุน 1 ครั้ง ตั้งค่าระยะปลูกระหว่างแถว 1 เมตร ระยะปลูกระหว่างต้น 1 เมตร แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

รายการ	**เกียร์ 2-2**	**เกียร์ 2-3**	**เกียร์ 2-4**	**เกียร์ 3-1**
ความเร็วในการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	1.45 - 1.43	1.73 - 1.89	2.18 - 2.40	2.69 – 2.91
ท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง (ร้อยละ)	83.76	92.17	88.03	81.03
ท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้ม (ร้อยละ)	13.68	5.22	4.27	6.90
ท่อนพันธุ์ที่สูญหาย (ร้อยละ)	2.56	2.61	7.69	12.07

หมายเหตุ : การปลูกตั้ง คือมุมท่อนพันธุ์ 45-90 องศา และการปลูกล้ม คือมุมท่อนพันธุ์ < 45 องศา

ผลทดสอบพบว่า เกียร์ 2-3 ที่ช่วงความเร็ว 1.73 – 1.89 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การปลูกตั้งสูงที่สุด การปลูกล้มต่ำเป็นอันดับที่ 2 และท่อนพันธุ์ที่สูญหายต่ำเป็นอันดับ 2 เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการปลูกตั้ง ได้แก่ การพูนตัวของดินขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ เมื่อไม่สัมพันธ์กันทำให้การปลูกตั้งมีค่าต่ำ กรณีการพูนตัวของดินช้านั้นทำให้ดินที่พูนไม่แน่นพอดีกับท่อนพันธุ์ ดังเห็นได้ที่ตำแหน่งเกียร์ 2-2 ร้อยละท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้มมีค่าสูงที่สุดนั่นเอง กรณีการพูนตัวของดินสูงเกินไปทำให้ดินดันกีดขวางชุดมีดตัดและผลักท่อนพันธุ์เข้าร่องทำให้การป้อนท่อนพันธุ์ไม่สะดวก ดังเห็นได้จากที่ตำแหน่งเกียร์ 2-4 และ 3-1 ร้อยละท่อนพันธุ์ที่สูญหายมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จึงใช้เกียร์ที่ตำแหน่ง 2-3 ที่ช่วงความเร็ว 1.73 – 1.89 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเหมาะสมที่สุด

4.6 ผลการทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพการปลูกในภาคสนาม

การทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพการปลูกในภาคสนาม แปลงทดสอบฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เตรียมดินด้วยไถจานและตีดินด้วยจอบหมุน 1 ครั้ง ตั้งค่าระยะปลูกระหว่างแถว 1 เมตร ระยะปลูกระหว่างต้น 1 เมตร เช่นเดียวกัน ใช้รถแทรกเตอร์ต้นกำลัง ขนาด 47 แรงม้า ที่ระดับเกียร์ 2-3 ผลการทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพการปลูกในภาคสนาม แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพการปลูกในภาคสนาม

	รายการ		ข้อมูลการทำงาน
1.	พื้นที่ทดสอบ	(ไร่)	0.19
2.	คุณสมบัติของดิน		
	2.1 ชนิดของดิน		ร่วนปนทราย
	2.2 ความชื้นดิน	(% db)	14.36
	2.3 ค่าการแทงทะลุของดิน ก่อนการทดสอบ	(kPa)	
	ผิวดิน		40
	5 cm		13
	10 cm		143
	15 cm		377
	20 cm		600
	25 cm		907
	2.4 ค่าแรงเฉือนของดิน ก่อนการทดสอบ	(kPa)	5
	2.5 ค่าการแทงทะลุของดิน หลังการทดสอบ	(kPa)	
	ผิวดิน		67
	5 cm		347
	10 cm		687
	15 cm		826
	20 cm		940
	2.6 ค่าแรงเฉือนของดิน หลังการทดสอบ	(kPa)	22
3.	คุณสมบัติของต้นพันธุ์มันสำปะหลัง		
	3.1 พันธุ์		ระยอง 72
	3.2 อายุต้นพันธุ์	(เดือน)	9
	3.3 ความโค้งเฉลี่ย	(เซนติเมตร)	8.8
	3.4 ความสูงเฉลี่ย	(เซนติเมตร)	153.7
	3.5 เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย	(เซนติเมตร)	1.74
	3.6 เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่สุด	(เซนติเมตร)	2.46
	3.7 เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุด	(เซนติเมตร)	1.34
4.	ความกว้างหัวแปลง	(เมตร)	3
5.	การลื่นไถล	(เปอร์เซ็นต์)	5.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบประเมินสมรรถนะและคุณภาพการปลูกในภาคสนาม (ต่อ)

	รายการ		ข้อมูลการทำงาน
6.	ความเร็วในการเคลื่อนที่	(กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	1.82
7.	เวลาทำงานจริง	(นาที)	10.53
8.	เวลาปรับแต่งเครื่องมือ	(นาที)	-
9.	เวลาที่ใช้กลับรถ	(นาที)	2.83
10.	เวลาสูญเสียรวม	(นาที)	2.83
11.	เวลาทำงานรวมทั้งหมด	(นาที)	13.36
12.	ความสามารถในการทำงาน	(ไร่ต่อชั่วโมง)	0.85
13.	ความสามารถในการทำงานเชิงทฤษฎี	(ไร่ต่อชั่วโมง)	1.08
14.	ประสิทธิภาพการทำงาน	(ร้อยละ)	78.82
15.	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	(ลิตรต่อไร่)	2.40
16.	แรงลาก	(นิวตัน)	2452
17.	ลักษณะการปลูก		
	17.1 หน้ากว้างการทำงาน	(เมตร)	1
	17.2 ระยะห่างระหว่างแถวเฉลี่ย	(เมตร)	1.01
	17.3 ระยะห่างระหว่างต้นเฉลี่ย	(เมตร)	1.08
	17.4 ความลึกในการปลูกเฉลี่ย	(เมตร)	0.15
	17.5 ความยาวท่อนพันธุ์ปลูกเฉลี่ย	(เซนติเมตร)	26.4
	17.6 ความสูงสันร่องปลูกเฉลี่ย	(เซนติเมตร)	25
18.	มุมของท่อนพันธุ์ปลูก		
	18.1 มุมของท่อนพันธุ์ขวางแนวร่อง	(องศา)	69.5
	18.2 มุมของท่อนพันธุ์ตามแนวร่อง	(องศา)	87.5
19.	คุณภาพการปลูก		
	19.1 ท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง	(ร้อยละ)	88
	19.2 ท่อนพันธุ์ที่ปลูกล้ม	(ร้อยละ)	9
	19.3 ท่อนพันธุ์ที่สูญหาย	(ร้อยละ)	3
	19.4 ท่อนพันธุ์ที่เสียหาย	(ร้อยละ)	0
	19.5 ท่อนพันธุ์ที่งอก	(ร้อยละ)	94

ผลการทดสอบในภาคสนาม พบว่า สมรรถนะเครื่องปลูกมันสำปะหลัง มีความสามารถในการทำงาน 0.85 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน ร้อยละ 79 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.4 ลิตรต่อไร่ คุณภาพการปลูกสามารถปลูกตั้งได้ ร้อยละ 88 มุมของท่อนพันธุ์ขวางแนวร่อง 88 องศา มุมของท่อนพันธุ์ตามแนวร่อง 70 องศา และอัตราการงอกของท่อนพันธุ์ที่ปลูก ร้อยละ 94 และเมื่อเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยที่มีมาก่อนหน้า ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สมรรถนะการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังปัจจุบันเปรียบเทียบกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่มีการวิจัยมาก่อนหน้า

สมรรถนะ	**รุ่งเรือง และคณะ (2553)**	**เชิดศักดิ์ และคณะ (2555)**	**ประสาท และคณะ (2556)**		**สุกรี (2558)**	**เครื่องปัจจุบัน**
	1 แถว	**1 แถว**	**1 แถว**	**2 แถว**	**1 แถว**	**1 แถว**
ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	0.55 - 0.74	0.226	1	2	0.8	0.85
ประสิทธิภาพในการทำงาน (ร้อยละ)	70 - 86	-	80	75	80	79
ท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง (ร้อยละ)	17.3 - 38.2	90	93 - 95	93 - 95	90	88
ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อไร่)	6 - 11.6	-	2.05	2.55	3.5	2.4

จากตารางข้อมูลโดยสรุปพบว่า สมรรถนะการทำงานและคุณภาพการปลูกของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กนั้นสามารถทำงานได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยที่มีมาก่อนหน้าด้วยขนาดเครื่องปลูกและต้นกำลังที่ขนาดเล็กกว่า

4.7 ผลการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

ผลการวิเคราะห์และคำนวณจุดคุ้มทุน ระยะเวลาคืนทุน ของเครื่องปลูกมันสำปะหลังโดยกำหนดให้ใช้แรงงานคนขับรถแทรกเตอร์ 1 คน และคนป้อนต้นพันธุ์ 1 คน รายละเอียดแสดงดังนี้

4.7.1 ผลการประเมินค่าใช้จ่าย

เครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ออกแบบและพัฒนามีค่าใช้โดยประมาณทั้งสิ้น 45,000 บาท โดยรวมทั้งค่าวัสดุและค่าแรงการประกอบและอื่น ๆ แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
1. โครงตัวเครื่อง	20,000
2. ล้อขับกลไก	4,000
3. โซ่พร้อมชุดเฟือง เบอร์ 50	2,000
4. ชุดกลไกปลูก	7,500
5. อุปกรณ์ยกร่อง	3,000
6. อุปกรณ์เปิดร่อง	500
7. กระบะใส่ต้นพันธุ์และที่นั่ง	3,000
8. ค่าแรงประกอบและอื่น ๆ	5,000
รวม	45,000

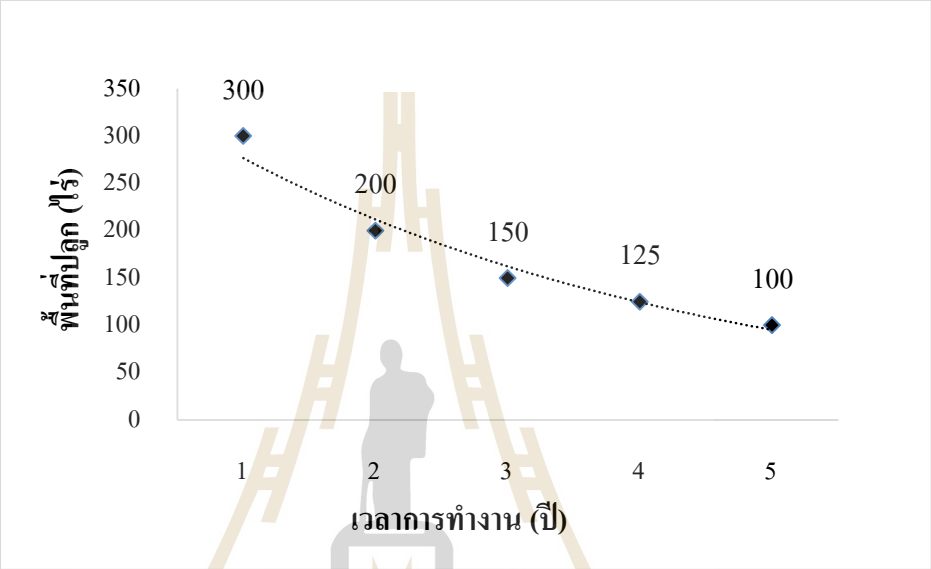
4.7.2 ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง

ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบเทียบกับการใช้แรงงานคนปลูกและค่าจ้างในการยกร่องปลูก โดยคิดค่าแรงงานปลูก 300 บาทต่อคนต่อวัน และค่าจ้างยกร่องปลูก 250 บาทต่อไร่ จุดคุ้มทุนของการสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลังนี้อยู่ที่ 19.45 ไร่ต่อปี แสดงผลการคำนวณในภาคผนวก ค. ทั้งนี้จุดคุ้มทุนจะขึ้นอยู่กับค่าจ้างแรงงาน จุดคุ้มสั้นลงเมื่อค่าจ้างแรงงานสูงขึ้นและจุดคุ้มทุนนานขึ้นเมื่อค่าจ้างแรงงานถูกลง

4.7.3 ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การปลูกกับระยะเวลาคืนทุนที่อัตราค่าบริการ 300 บาทต่อไร่ แสดงดังรูปที่ 4.11 เห็นได้ว่าเมื่อพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาคืนทุนสั้นลง เช่น มีพื้นที่ปลูก 300 ไร่ จะสามารถคืนทุนที่ 1 ปี สำหรับการปลูกมันสำปะหลังใน 1 ปีนั้น เกษตรกรจะแบ่งการปลูกออกเป็น 2

ช่วง คือ ช่วงต้นฤดูฝน (เมษายน-มิถุนายน) และช่วงปลายฤดูฝน (กันยายน-พฤศจิกายน) เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกเพียง 150 ไร่ (150 x 2 ครั้งต่อปี) ก็สามารถคืนทุนภายใน 1 ปี เช่นเดียวกัน ดังนั้นการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังสามารถลดการจ้างแรงงานคนปลูกและยกร่องปลูกได้ ส่งผลให้มีรายได้เพิ่มขึ้นและลดความเหนื่อยยากของเกษตรกรได้ ตามสถานการณ์การขาดแคลนแรงงานภาคการเกษตรที่เกิดขึ้นอยู่ในปัจจุบันและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต



รูปที่ 4.11 ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพื้นที่ปลูก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

เครื่องปลูกมันสำปะหลังโดยใช้กลไก SCOTCH YOKE สำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กที่ออกแบบและพัฒนามีส่วนประกอบหลัก คือ ชุดกลไกการตัดและผลักท่อนพันธุ์ ชุดยกร่องปลูก ชุดเปิดหน้าดิน และชุดระบบส่งกำลัง มีน้ำหนักรวมประมาณ 370 กิโลกรัม สามารถปรับตั้งค่าในการใช้งานและการบำรุงรักษาที่สะดวกครอบคลุมความต้องการของผู้ใช้งาน ใบมีดที่เหมาะสมกับกลไกการตัด คือ ใบมีด 45 องศา การทำงานที่เหมาะสมที่ระดับเกียร์ตำแหน่ง 2-3 ช่วงความเร็ว 1.73 – 1.89 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สมรรถนะการทำงาน 0.85 ไร่ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน ร้อยละ 79 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.40 ลิตรต่อไร่ แรงลาก 2,452 นิวตัน ระยะห่างระหว่างแถว 1.01 เมตร ระยะห่างระหว่างต้น 1.08 เมตร ความลึกในการปลูก 15 เซนติเมตร ความยาวท่อนพันธุ์ปลูก 26.4 เซนติเมตร มุมของท่อนพันธุ์ขวางแนวร่อง 70 องศา มุมของท่อนพันธุ์ตามแนวร่อง 88 องศา ท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้งร้อยละ 88 ท่อนพันธุ์ที่ล้มร้อยละ 9 ท่อนพันธุ์ที่สูญหายร้อยละ 3 ท่อนพันธุ์ที่งอกร้อยละ 94 เมื่อวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกโดยใช้แรงงานคน พบว่า จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 19.45 ไร่ต่อปี และระยะเวลาคืนทุนภายใน 3 ปี โดยพื้นที่การทำงาน 150 ไร่ต่อปี ด้วยทั้งหมดนี้ การใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังสามารถลดต้นทุนในกระบวนการปลูกมันสำปะหลังได้ และลดความเหนื่อยยากของเกษตรกรได้เป็นอย่างดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) เมื่อมีการปรับตั้งระยะต่าง ๆ ของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ก่อนการใช้งานควรทดสอบก่อนการปลูกจริง ในขั้นตอนทดสอบหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่ระดับเกียร์ต่าง ๆ ของรถแทรกเตอร์ต้นกำลังที่ใช้งาน และยังขึ้นอยู่กับสภาพดินที่แตกต่างกันด้วย

2) การใช้งานเครื่องปลูกมันสำปะหลังควรปฏิบัติตามคำแนะนำใช้การตรวจสอบ ขันแน่นและหล่อลื่นทุกครั้ง เพื่อยืดอายุการใช้งานและป้องกันการเสียหายที่จะเกิดขึ้น

3) ควรมีการพัฒนาชุดกลไกการป้อนต้นพันธุ์เพื่อลดการทำงานของผู้ป้อน

4) ในกรณีที่เกษตรกรต้องการชุบท่อนพันธุ์เพื่อการงอกที่ดีหรือป้องกันโรคของพืช สามารถชุบได้ทั้งต้นสำหรับใช้งานกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่พัฒนาขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2551). **การปลูกมันสำปะหลัง.** สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 40 น.

เชิดศักดิ์ ศิริหล้า ปิยณัฐ สิทธิ ยุทธศักดิ์ พิมสาร. (2555). เครื่องปลูกมันสำปะหลัง. ใน **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 ระหว่างวันที่ 4-5 เมษายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่.** (หน้า 215- 221)

ณัฐพงษ์ ประภาการ. (2551). **การศึกษาพารามิเตอร์เบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบเครื่องตัดเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 100 น.

ประสาท แสงพันธุ์ตา อนุชิต ฉ่ำสิงห์ คุรุวรรณ์ ภามาตย์ วุฒิพล จันทร์สระคู ศักดิ์ชัย อายาวัง สิทธิชัย ดาศรี ดนัย ศาลทูลพิทักษ์ สุชาติ สุขนิยม. (2556). การออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์. ใน **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 ระหว่างวันที่ 2-4 เมษายน 2556 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.** (หน้า 399- 406)

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

มงคล กวางวโรภาส. (2545). **ทฤษฎีเครื่องจักรกลเกษตร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 325 น.

รังสรรค์ กุฎสำโรง วินัย กล้าจริง. (2558). การศึกษาสมบัติเชิงกลของต้นมันสำปะหลัง. ใน **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16 ระหว่างวันที่ 17–19 มีนาคม 2558 กรุงเทพมหานคร.** (หน้า 571- 577)

รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ มานพ ตันตระบัณฑย์. (2553). **การพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลัง.** ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโลโลยีราชมงคลธัญบุรี. 49 น.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์และชาญ ถนัดงาน. (2556). **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1.** ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 456 น.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์และชาญ ถนัดงาน. (2556). **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2.** ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 456 น.

วินิต ชินสุวรรณ. (2530). **เครื่องจักรกลการเกษตรและการจัดการเบื้องต้น.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 220 น.

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

สามารถ บุญอาจ. (2543). **การออกแบบและพัฒนาเครื่องเก็บหัวมันสำปะหลังแบบติดพ่วงกับรถแทรกเตอร์.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 107 น.

สุกรี สุขประเสริฐ. (2558). **การพัฒนาเครื่องเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับจุดต่อพ่วงสามจุด CAT0045GORY II.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 82 น.

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). สถิติการส่งออก (Export) – **มันสำปะหลัง : ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน[ระบบออนไลน์].** แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php (25 ตุลาคม 2559)

Hunt, D. (1977). **Farm Power and Machinery Management.** Iowa State University Press, Iowa, U.S.A. 365 p.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

ตารางผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก1. ตัวประกอบการใช้งานสำหรับสิ่งแวดล้อมทำงาน N_{s2}

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

ที่มา : วริทธิ์และชาญ, (2556)

ก2. ค่าความปลอดภัย

สภาวะสิ่งแวดล้อมทำงาน	**เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว**		**เหล็กหล่อและโลหะเปราะ**
	N_y	**N_u**	**N_u**
แรงอยู่นิ่ง	1.5 - 2	3 - 4	5 - 6
แรงซ้ำทิศทางเดียวหรือกระแทกเล็กน้อย	3	6	7 - 8
แรงซ้ำสองทิศทางหรือกระแทกเล็กน้อย	4	8	10 - 12
แรงกระแทกอย่างหนัก	5 - 7	10 - 15	15 - 20

ที่มา : วริทธิ์และชาญ, (2556)

ก3. ตัวประกอบความล้า C_m และ C_t

ชนิดของแรง		**C_m**	**C_t**
เพลาอยู่นิ่ง	แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
	แรงกระตุก	2.0	2.0
เพลาหมุน	แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.5	1.0
	แรงกระตุกอย่างเบา	2.0	1.5
	แรงกระตุกอย่างแรง	3.0	3.0

ที่มา : วริทธิ์และชาญ, (2556)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก4. ผลการคำนวณต้นทุนในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพื้นที่ปลูก

พื้นที่ (ไร่)	ดอกเบี้ย (บาท/ปี)	ค่าซ่อมบำรุง (บาท/ปี)	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ปี)	ค่าน้ำมันหล่อลื่น (บาท/ปี)	ค่าแรงงาน (บาท/ปี)	รวมต้นทุน (บาท/ปี)
100	5,400	635	6,000	600	8,824	21,459
125	5,400	794	7,500	750	11,029	25,474
150	5,400	953	9,000	900	13,235	29,488
200	5,400	1,271	12,000	1,200	17,647	37,518
300	5,400	1,906	18,000	1,800	26,471	53,576

ก5. ผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุนในการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังต่อพื้นที่ทำงาน

พื้นที่คืนทุน (ไร่)	ผลประโยชน์ที่ได้รับ (บาท/ปี)	ต้นทุน (บาท/ปี)	ผลประโยชน์สุทธิ (บาท/ปี)	ระยะเวลา (ปี)
100	30,000	21,459	8,541	5
125	37,500	25,474	12,026	4
150	45,000	29,488	15,512	3
200	60,000	37,518	22,482	2
300	90,000	53,576	36,424	1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

ภาพผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ ข.1 การทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลังในแปลงทดสอบ

รูปที่ ข.2 สภาพแปลงก่อนการทดสอบ

รูปที่ ข.3 ขณะการทดสอบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

รูปที่ ข.4 สภาพแปลงหลังการทดสอบ

รูปที่ ข.5 ลักษณะการปลูกของท่อนพันธุ์

รูปที่ ข.6 การวัดแรงลากของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค1. คำนวณกลไก ความเร็ว ความเร่ง ของกลไก Scotch yoke

การออกแบบกลไก Scotch yoke ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นจาน 300 มิลลิเมตร ระยะชักของกลไก 280 มิลลิเมตร ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที ที่เกียร์ 2-3 ช่วงความเร็ว 1.73-1.89 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถคำนวณได้ดังนี้

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

$\omega = \frac{2\pi (30)}{60}$

จะได้ $\omega = 3.14$ rad/sec

จาก ระยะชักสูงสุด $R = \frac{1}{2}$ stroke

$R = \frac{1}{2}(280)$

จะได้ $R = 140$ mm

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

$V_{max} = (140)(3.14)$

จะได้ $V_{max} = 439.6$ mm/s หรือ 0.4396 m/s

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

$a_{max} = (140)(3.14)^2$

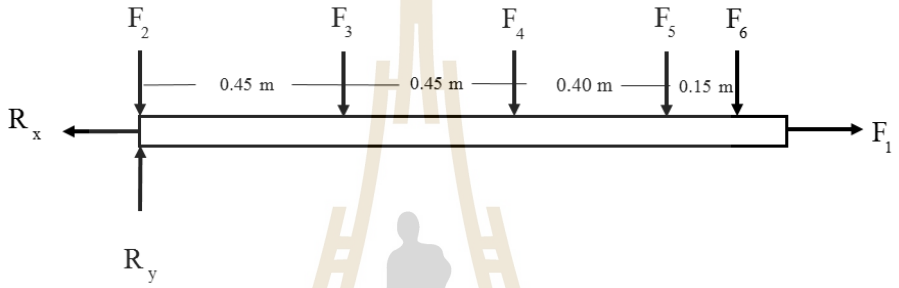
จะได้ $a_{max} = 1{,}380.3$ mm/s^2 หรือ 0.1380 m/s^2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดังนั้น การเคลื่อนที่ของกลไกสูงสุด 140 mm , ความเร็วสูงสุด 0.44 m/s และความเร่งสูงสุด 0.14 m/s^2

ค2. คำนวณการออกแบบโครงสร้างตัวเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

การคำนวณนี้พิจารณาส่วนโครงสร้างที่รับแรงกระทำจากส่วนประกอบต่าง ๆ ได้แก่ อุปกรณ์ ผาล ผู้ปฏิบัติงาน แรงฉุดลาก และน้ำหนักของต้นพันธุ์ที่บรรทุก นำมาคำนวณในระนาบ 2 มิติ เนื่องจากโครงสร้างอยู่ในสภาวะสมดุล และแรงกระทำเป็นจุด



เมื่อ ชั่งน้ำหนักจุดต่าง ๆ ที่กระทำกับโครงสร้าง และนำมาคิดแต่ละจุดที่กระทำ จะได้

F_1 (แรงฉุดลากที่เกิดขึ้น)			=	2,452 N
F_2 (น้ำหนักชุดเปิดร่อง)	=	7 kg	=	69 N
F_3 (น้ำหนักกระบะขณะบรรทุกต้นพันธุ์)	=	100 kg	=	981 N
F_4 (น้ำหนักกลไกตัดและผลักท่อนพันธุ์)	=	70 kg	=	687 N
F_5 (น้ำหนักชุดยกร่อง)	=	86 kg	=	844 N
F_6 (น้ำหนักเก้าอี้พร้อมคนนั่ง)	=	120 kg	=	1,177 N

R_y (แรงกระทำที่จุดรองรับแนวแกน y)

R_x (แรงกระทำที่จุดรองรับแนวแกน x)

รวมแรงในแนวแกน y

$$+\downarrow \Sigma F_y = 0 ; \quad F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 = R_y$$

$$R_y = 3{,}758 \text{ N}$$

รวมแรงในแนวแกน x

$$+\leftarrow \Sigma F_x = 0 ; \quad R_x = F_1 = 2{,}452 \text{ N}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แรงลัพธ์ที่กระทำต่อโครงสร้าง

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(3{,}758)^2 + (2{,}452)^2}$$

$$R = 4{,}487 \text{ N}$$

จาก $$A = \frac{R}{\delta_a}$$

โดย $$\delta_a = \frac{\delta}{SF}$$; δ = 370 N/mm^2 (เหล็ก St 37)

SF คือ Safety factor = 6 (จากตาราง ก2.)

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

แทนค่า $$A = \frac{R}{\delta_a} = \frac{4{,}487}{62}$$

$$A = 72.37 \text{ mm}^2$$

ต้องใช้เหล็กโครงสร้างที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 73 mm^2
(เหล็ก St 37 ทนแรงดึงได้ 37 kg/ mm^2)

ค3. การคำนวณโซ่ส่งกำลัง

ค3.1 คำนวณโซ่ส่งกำลังที่เพลาขับที่ 1 (จาก Ground wheel ถึง เพลาที่ 1)

จาก แรงฉุดลากที่ล้อขับ F_r = 948 N

ความเร็วเฟืองโซ่ V = πd n

(d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเฟืองโซ่)

$$V = \pi \ (0.15)\left(\frac{30\text{rpm}}{60}\right)$$

V = 0.24 m/s

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

$$W_p = \left(\frac{948 \times 0.24}{0.8}\right)$$

W_p = 284.40 w หรือ 0.39 HP

N_2 = 38 rpm N_1 = 76 rpm i = 2:1 เลือกจำนวนฟันพิเนียน 30 ฟัน ขับบนเฟืองโซ่ 15 ฟัน ระยะห่างเฟืองโซ่ที่ออกแบบ 480 mm

หากำลังในการขับโซ่

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

P = 284.40 w (1.4) (1.2)

P = 477.79 w หรือ 0.65 HP

เลือกใช้โซ่ ชนิด 1 ชั้น ANSI-50-1, พิตช์ 15.875 mm (โซ่เบอร์ 50)

แรงแตกหัก F_b = 26.16 kN มวลโซ่ 0.98 kg/m

ความเร็วโซ่ $V = pzn$

V = (0.01587 m)(30)(76 rpm/60)

V = 0.60 m/s

$$F_t = \frac{W_p}{V} = \frac{284.40}{0.60} = 474 \text{ N}$$

$$F_c = mV^2 = (0.98 \text{ kg/m})(0.60 \text{ m/s})^2 = 0.35 \text{ N}$$

$$F = F_t + F_c = 474 \text{ N} + 0.35 \text{ N} = 474.35 \text{ N}$$

แรงแตกหัก 474.35 N < 26.16 kN (ใช้ได้)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

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

$x = \frac{2(0.48m)}{0.01587} + \frac{30+15}{2} + \left(\frac{30-15}{2\pi}\right)^2 \frac{0.01587}{0.48}$

$x = 84$ ข้อ

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่

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

$$C = \frac{15.875}{4}\left\{84 - \frac{30+15}{2} + \sqrt{\left(84 - \frac{30+15}{2}\right)^2 - 2\left(\frac{30-15}{\pi}\right)^2}\right\}$$

$C = 487$ mm หรือ 0.487 m

ที่เพลาขับที่ 1 เลือกโซ่ ANSI-50-1 จำนวน 84 ข้อ พิเนียน 30 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 161 มิลลิเมตร เฟืองโซ่ 15 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 84 มิลลิเมตร (ตามตารางคุณสมบัติโซ่ของผู้ผลิต)

ค3.2 คำนวณโซ่ส่งกำลังที่เพลาขับที่ 2 (จากเพลาที่ 1 ถึงเพลาขับกลไกการตัด)

จากการคำนวณที่โซ่ส่งกำลังที่ 1 ใช้ $W_p = 284.40$ w หรือ 0.39 HP

$N_2 = 30$ rpm $N_1 = 30$ rpm $i = 1:1$ เลือกจำนวนฟันพิเนียน 19 ฟัน ขับเฟืองโซ่ 19 ฟัน ระยะห่างเฟืองโซ่ที่ออกแบบ 660 mm

จะได้กำลังในการขับโซ่ $P = 477.79$ w หรือ 0.65 HP

เลือกใช้โซ่ ชนิด 1 ชั้น ANSI-50-1, พิตซ์ 15.875 mm (โซ่เบอร์ 50)

แรงแตกหัก $F_b = 26.16$ kN มวลโซ่ 0.98 kg/m

ความเร็วโซ่ $V = pzn$

$V = (0.01587\ m)(30)(30\ rpm/60)$

$V = 0.24\ m/s$

$$F_t = \frac{W_p}{V} = \frac{284.40}{0.24} = 1{,}185\ N$$

$$F_c = mV^2 = (0.98\ kg/m)(0.24\ m/s)^2 = 0.06\ N$$

$$F = F_t + F_c = 1{,}185\ N + 0.06\ N = 1{,}185.06\ N$$

แรงแตกหัก $1{,}185.06\ N < 26.16\ kN$ (ใช้ได้)

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

$$x = \frac{2(0.66m)}{0.01587} + \frac{19+19}{2} + \left(\frac{19-19}{2\pi}\right)^2 \frac{0.01587}{0.66}$$

$x = 102$ ข้อ

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$C = \frac{15.875}{4}\left\{102 - \frac{19+19}{2} + \sqrt{\left(102 - \frac{19+19}{2}\right)^2 - 2\left(\frac{19-19}{\pi}\right)^2}\right\}$$

C = 659 mm หรือ 0.659 m

ที่เพลาขับที่ 2 เลือกโซ่ ANSI-50-1 จำนวน 102 ข้อ พิเนียน 19 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร เฟืองโซ่ 19 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร

ค4. คำนวณและออกแบบเพลา

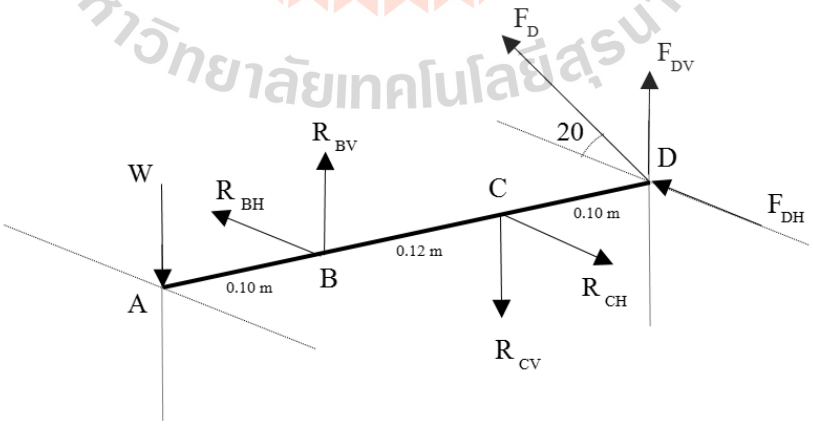
ตามหลักของ ASME

จาก กำลังที่ต้องการขับเพลา W_p = 284.40 w หรือ 0.39 HP

จาก $T = \frac{W_p}{2\pi n}$

$$T = \frac{284.40}{2\pi(30/60)} = 90.53 \text{ Nm}$$

ตำแหน่งของแรง



F_D = แรงดึงโซ่ขับ = 948 N

W = น้ำหนักจานของกลไก = 6.3 kg = 61.80 N

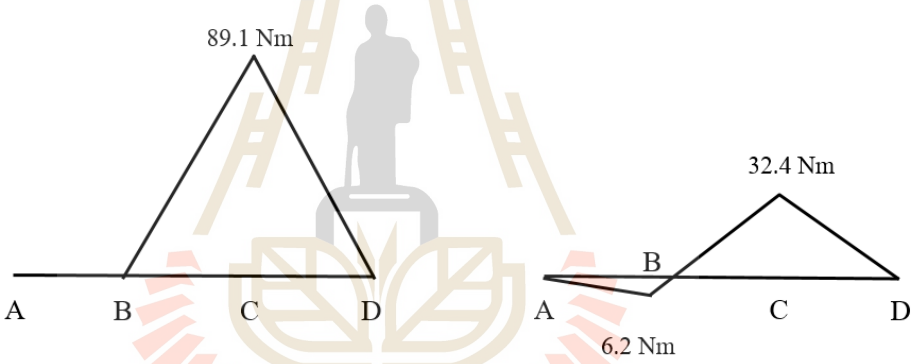
หาแรง F_D ในแนวดิ่งและแนวระดับ

$$F_{DH} = F_{DH}\cos 20° = 948\ \text{N}\cos 20° = 891\ \text{N}$$
$$F_{DV} = F_{DV}\sin 20° = 948\ \text{N}\sin 20° = 324\ \text{N}$$

หาแรงปฏิกิริยาที่แบริ่งได้

$$R_{BH} = 742.50\ \text{N} \quad R_{BV} = 383.30\ \text{N}$$
$$R_{CH} = 1{,}633.50\ \text{N} \quad R_{CV} = 645.50\ \text{N}$$

เขียนไดอะแกรมของโมเมนต์ดัด



โมเมนต์ดัดในแนวระดับ โมเมนต์ดัดในแนวดิ่ง

โมเมนต์มากที่สุดเกิดขึ้นที่จุด C

$$M_C = \sqrt{(89.1)^2 + (32.4)^2} = 94.81\ \text{Nm}$$

เลือกวัสดุทำเพลาจากเหล็กคาร์บอน St 37

$$S_y = 370\ \text{N/mm}^2 \quad \text{หรือ} \quad 3.7\times10^8\ \text{N/m}^2$$

เพลามีร่องลิ่มและกำหนดวัสดุในการทำเพลา

$$\tau_d = 0.75\times0.3\ S_y = 0.75\times 0.3 \times 3.7 \times 10^8\ N/m^2$$

$$= 83.25 \times 10^6\ N/m^2$$

เลือกใช้ค่าประกอบความล้า $C_t = 1.5$ และ $C_m = 2.0$

คำนวณขนาดเพลา

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

$$d = \left\{ \frac{16}{\pi\left(83.25\times 10^6\right)} \left[\left(1.5\times 90.53\right)^2 + \left(2.0\times 94.81\right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$d = 0.024$ m หรือ 24 mm

เลือกใช้เพลาขนาด 40 mm

ค5. ตรวจสอบมุมบิด

จาก $\theta = \frac{584TL}{Gd^4}$; $G = 8.14 \times 10^{10}\ N/m^2$

$$\theta = \frac{584\times 90.53\times 0.32}{G(0.040)^4}$$

$\theta = 0.08 < 4°$ (ใช้ได้)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค6. ประเมินอายุการใช้งานของแบริ่ง

จากขนาดเพลาที่เลือกใช้ 40 mm

ที่จุด B แรงลัพธ์ คือ

$$R_B = \sqrt{(R_{BH})^2 + (R_{BV})^2}$$

$$= \sqrt{(742.50)^2 + (383.30)^2} = 835.60 \text{ N}$$

จาก อายุการใช้งานของแบริ่ง $L = (C / R_B)^3$

เลือกใช้แบริ่งอนุกรมมิติ 02 ที่ d = 40 mm จะได้ C = 22.43 kN

$$L = \left(\frac{22.43\text{kN}}{0.8356\text{kN}}\right)^3 = 19{,}341 \text{ ล้านรอบ}$$

ความเร็วรอบเพลา 30 rpm

$$L = \left(\frac{19{,}341 \times 10^6}{30 \times 60}\right) = 10{,}745{,}000 \text{ ชั่วโมง}$$

ที่จุด C แรงลัพธ์ คือ

$$R_C = \sqrt{(R_{CH})^2 + (R_{CV})^2}$$

$$= \sqrt{(1{,}633.50)^2 + (645.50)^2} = 1{,}756.41 \text{ N}$$

จาก อายุการใช้งานของแบริ่ง $L = (C / R_C)^3$

เลือกใช้แบริ่งอนุกรมมิติ 02 ที่ d = 40 mm จะได้ C = 22.43 kN

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$L = \left(\frac{22.43\text{kN}}{1.7564\text{lkN}}\right)^3 = 2{,}082 \text{ ล้านรอบ}$$

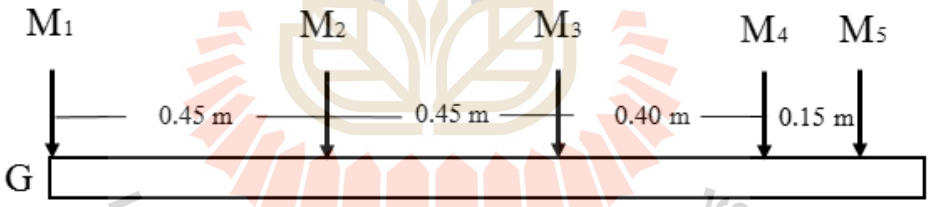
ความเร็วรอบเพลา 30 rpm

$$L = \left(\frac{2{,}082\times10^6}{30\times60}\right) = 1{,}156{,}666 \text{ ชั่วโมง}$$

ดังนั้น พบว่า แบริ่งที่จุด B และ C จำนวนรอบเข้าใกล้ ∞ จึงเลือกการใช้งานของแบริ่งที่ 8,000 ชั่วโมง เนื่องจากใช้กับเครื่องกลทางการเกษตร

ค7. คำนวณจุดศูนย์ถ่วงของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

การคำนวณพิจารณาในระนาบ 2 มิติเนื่องจากโครงสร้างอยู่ในสภาวะสมดุล มีน้ำหนักกระทำบนโครงสร้าง ระยะของจุดรับน้ำหนักต่าง ๆ โดยไม่รวมน้ำหนักท่อนพันธุ์และคนนั่งป้อนต้นพันธุ์ ดังนี้



โดยที่	M_1	ชุดเปิดร่อง	=	7 kg
	M_2	กระบะใส่ต้นพันธุ์	=	20 kg
	M_3	ชุดกลไกตัดและผลักท่อนพันธุ์	=	70 kg
	M_4	ชุดยกร่อง	=	86 kg
	M_5	เก้าอี้นั่งป้อนต้นพันธุ์	=	20 kg
	G	จุดอ้างอิง (จุดต่อพ่วงกึ่งกลาง)		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากหลักการของโมเมนต์ จะได้

$$X = \frac{\sum Mx_m}{\sum M}$$

โดยที่

X = ระยะของจุดศูนย์ถ่วงวัดจากจุดอ้างอิง

M = น้ำหนักแต่ละจุด

x_m = ระยะจากจุดรับน้ำหนักแต่ละจุดถึงจุดอ้างอิง

แทนค่า

$$X = \frac{(7 \times 0m) + (20 \times 0.45m) + (70 \times 0.90m) + (86 \times 1.30m) + (20 \times 1.45m)}{7 + 20 + 70 + 86 + 20}$$

$$X = 1.05 \text{ m}$$

ดังนั้น จุดศูนย์ถ่วงของเครื่องปลูกมันสำปะหลังอยู่ห่างจากจุดอ้างอิง 1.05 เมตร

ค8. คำนวณค่าชี้ผลของการทดสอบ

ค8.1 ความสามารถในการทำงานจริง (Effective Field Capacity)

เมื่อ $C_a = \frac{A}{T_t} = \frac{0.19}{13.36/60}$

จะได้ $C_a = 0.85$ ไร่ต่อชั่วโมง

ดังนั้น ความสามารถในการทำงานจริง 0.85 ไร่ต่อชั่วโมง

ค8.2 ประสิทธิภาพในการทำงาน (Field Efficiency)

เมื่อ $E_f = \frac{T_e}{T_t} \times 100 = \frac{10.53}{13.36} \times 100$

จะได้ $E_f = 78.82$ (ร้อยละ)

ดังนั้น ประสิทธิภาพการทำงานร้อยละ 78.82

ค8.3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (Fuel Consumption)

เมื่อ $F_c = \frac{O}{A} = \frac{0.45}{0.19}$

จะได้ $F_c = 2.40$ ลิตรต่อไร่

ดังนั้น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้องเพลิง 2.40 ลิตรต่อไร่

ค8.4 อัตราการลื่นไถลของรถแทรกเตอร์ (Slip)

เมื่อ $Slip = \frac{Load - Noload}{Load} \times 100$

$= \frac{11.5 - 10.87}{11.5} \times 100$

จะได้ $Slip = 5.5$ %

ดังนั้น อัตราการลื่นไถลของรถแทรกเตอร์ 5.5 เปอร์เซนต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค9. คำนวณต้นทุน

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

ค9.1 ต้นทุนการใช้เครื่อง

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

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

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

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

เมื่อ

D	=	ค่าเสื่อมราคา	(บาท/ปี)
I	=	ค่าเสื่อมราคา	(บาท/ปี)
P	=	ราคาแรกซื้อ	(บาท)
S	=	ราคาแรกซื้อ	(บาท)
N	=	อายุการใช้งาน	(ปี)
r	=	อัตราดอกเบี้ย	(เปอร์เซ็นต์/ปี)
A_c	=	ต้นทุนการใช้เครื่อง	(บาท/ไร่)
F_c	=	ต้นทุนคงที่	(บาท/ปี)
A	=	พื้นที่ปลูกใน 1 ปี	(ไร่)
R	=	ค่าซ่อมบำรุง	(บาท/ชั่วโมง)
F	=	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	(บาท/ชั่วโมง)
O	=	ค่าน้ำมันหล่อลื่น	(บาท/ชั่วโมง)
L	=	ค่าแรงงาน	(บาท/ชั่วโมง)
C_t	=	ความสามารถในการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง	(ไร่/ชั่วโมง)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนใช้ข้อมูลดังนี้

ราคาแรกซื้อ (P) = 45,000 บาท

อายุการใช้งาน (N) = 5 ปี

มูลค่าซาก (S) = 4,500 บาท (คิด 10% ของราคาแรกซื้อ)

อัตราดอกเบี้ย (r) = 12% (อัตราดอกเบี้ย ธกส.)

ค่าซ่อมบำรุงรักษา (R) = 1.2% ของราคาแรกซื้อ
ต่อ 100 ชั่วโมงการทำงาน
= (0.012 x 45,000) บาท / 100 ชั่วโมง
= 5.40 บาท/ชั่วโมง

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (F) = 2.048 ลิตร/ชั่วโมง x 25 บาท/ลิตร
(คิดที่ราคาน้ำมัน 25 บาท/ลิตร)
= 51.20 บาท/ชั่วโมง

ค่าน้ำมันหล่อลื่น (O) = 5.12 บาท/ชั่วโมง
(คิดที่ 10% ของน้ำมันเชื้อเพลิง)

ค่าแรงงาน (L) = 2 คน/วัน
= 75 บาท/ชั่วโมง
(คิดที่ค่าแรง 300 บาท/วัน วันละ 8 ชั่วโมง)
(2 x 300 บาท) / (8 ชั่วโมง)

ความสามารถในการทำงาน (C_t) = 0.85 ไร่/ชั่วโมง

จากสมการที่ 3

$$D = \left(\frac{45,000 - 4,500}{5} \right)$$

$$D = 8,100 \text{ บาท/ปี}$$

จากสมการที่ 4

$$I = \left(\frac{(45,000 + 4,500}{2} \right) \times \left(\frac{12}{100} \right)$$

$$I = 2,970 \text{ บาท/ปี}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แทนค่าในสมการที่ 2

$$F_c = 8,100 + 2,970$$

$$F_c = 11,070 \text{ บาท/ปี}$$

แทนค่าในสมการที่ 1

$$A_c = \left(\frac{11,070}{A}\right) + \left(\frac{5.40 + 51.20 + 5.12 + 75}{0.85}\right)$$

$$A_c = \left(\frac{11,070}{A}\right) + (160.84) \quad (5)$$

ค9.2 คำนวณหาต้นทุนการค่าจ้างยกร่องปลูกและค่าจ้างคนปลูก

จากการสำรวจพบว่า

ค่าจ้างยกร่อง = 250 บาท/ไร่

ค่าจ้างปลูก = 300 บาท/คน (คน 16 คนสามารถตัดท่อนพันธุ์และปลูกได้ 10 ไร่)

ดังนั้น ในพื้นที่ 10 ไร่

ต้นทุนค่ายกร่องปลูก = 2,500 บาท

ต้นทุนค่าจ้างแรงงานตัดท่อนพันธุ์และปลูก = 4,800 บาท

จะได้ = (2,500 + 4,800 บาท) / 10

= 730 บาท / ไร่

ค10. คำนวณหาจุดคุ้มทุน

$$A_c = \left(\frac{11,070}{A}\right) + (160.84)$$

$$730 = \left(\frac{11,070}{A}\right) + (160.84)$$

$$A = 19.45 \text{ ไร่/ปี}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดังนั้น จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังเท่ากับ 19.45 ไร่ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกด้วยแรงงานคนและการจ้างยกร่องปลูก

ค11. การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลัง

ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period, PBP) หมายถึงระยะเวลาการเริ่มต้นลงทุนถึงเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits) ของการใช้เครื่องปลูกมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับการลงทุน คำนวณได้ดังนี้

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

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

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

ต้นทุนการใช้เครื่อง = ดอกเบี้ย+ ค่าซ่อมบำรุง+ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง + ค่าน้ำมันหล่อลื่น+ ค่าแรงงานคนทำงาน (4)

ค่าดอกเบี้ย = 45,000 บาท x (12/100) ; อัตราดอกเบี้ย 12% ธกส.
= 5,400 บาท /ปี

ค่าซ่อมบำรุง = (5.40 บาท/ชั่วโมง) / ความสามารถในการทำงาน
= 5.40 / 0.85
= 6.35 บาท/ไร่

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง = (2.40 ลิตร/ไร่) x (25 บาท/ลิตร)
= 60 บาท/ไร่

ค่าแรงงาน = (75 บาท/ชั่วโมง) / (0.85 ไร่/ชั่วโมง)
(ขับและปล่อยท่อนพันธุ์) = 88.24 บาท/ไร่

แทนค่าต่าง ๆ ใน สมการที่ 4 จะได้ ต้นทุนการใช้เครื่อง
(ผลของการแทนค่าเปรียบเทียบพื้นที่การทำงานต่อปี แสดงในภาคผนวก ก4.)

แทนค่าต่าง ๆ ใน สมการที่ 3 จะได้ ผลประโยชน์
(ผลของการแทนค่าเปรียบเทียบพื้นที่การทำงานต่อปี แสดงในภาคผนวก ก5.)

แทนค่าต่าง ๆ ใน สมการที่ 2 จะได้ ผลประโยชน์สุทธิ
(ผลของการแทนค่าเปรียบเทียบพื้นที่การทำงานต่อปี แสดงในภาคผนวก ก5.)

แทนค่าต่าง ๆ ใน สมการที่ 1 จะได้ ระยะเวลาคืนทุน
(ผลของการแทนค่าเปรียบเทียบพื้นที่การทำงานต่อปี แสดงในภาคผนวก ก5.)

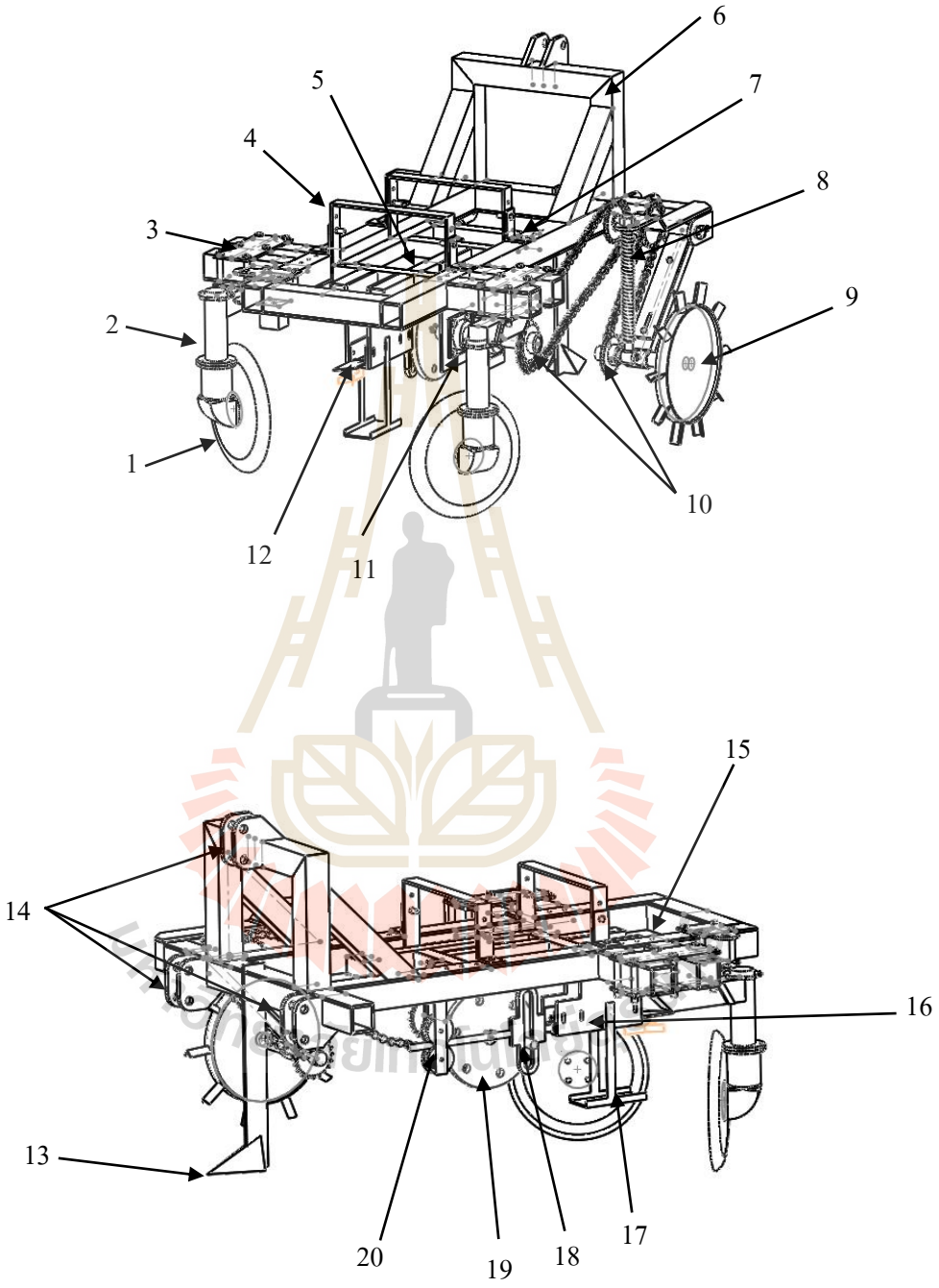
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

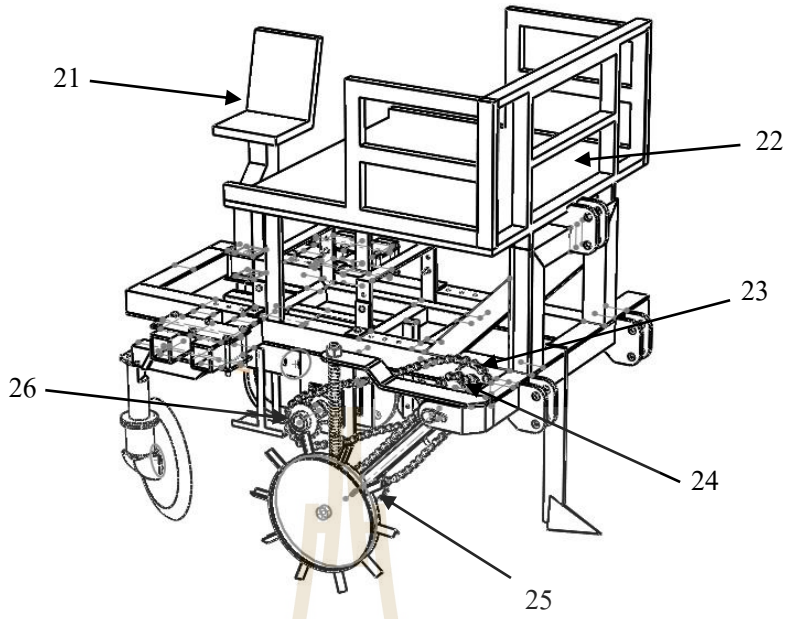
ภาคผนวก ง

รายละเอียดเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ง1. ส่วนประกอบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

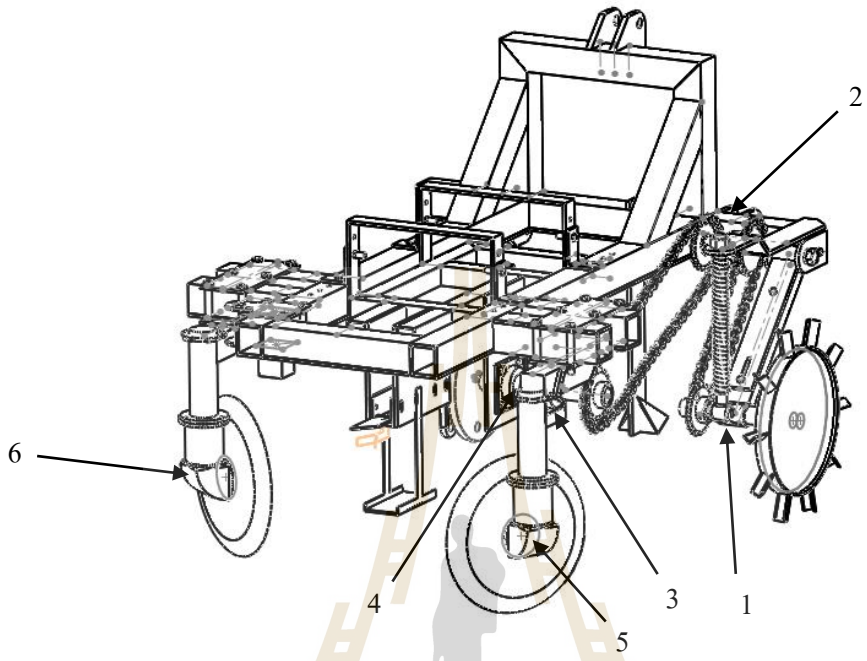




หมายเลข	รายละเอียด
1	จานผาล
2	กระทู้ผาล
3	แผ่นยึดกระทู้ผาลยกร่อง
4	จุดปรับระดับความสูงท่อนพันธุ์
5	ชุดกลไกตัดและผลักท่อนพันธุ์
6	โครงสร้างตัวเครื่อง
7	จุดยึดชุดตัดและผลักท่อนพันธุ์
8	โช๊คกดล้อขับ
9	ล้อขับ (Ground wheel)
10	ระบบโซ่ส่งกำลัง
11	ชุดแบริ่งเพลาขับกลไก
12	ใบมีดตัด
13	ชุดเปิดหน้าดิน

หมายเลข	รายละเอียด
14	จุดต่อพ่วงสามจุด
15	ช่องป้อนต้นพันธุ์
16	ชุดรางใบมีด
17	ชุดรับท่อนพันธุ์
18	กลไก Scotch Yoke
19	จานขับกลไก
20	ตัวประคองก้านใบมีด
21	ที่นั่งป้อนท่อนพันธุ์
22	กระบะ
23	เฟืองโซ่ที่ 3
24	เฟืองโซ่ที่ 2
25	เฟืองโซ่ที่ 1
26	เฟืองโซ่ที่ 4

ง2. จุดหล่อลื่น



หมายเลข	จุดหล่อลื่น	หมายเลข	จุดหล่อลื่น
1	เพลาล้อขับ	4	แบริ่งเพลาขับ ตัวที่ 2
2	เพลาจุดที่ 2	5	กระทู้ผาลที่ 1
3	แบริ่งเพลาขับ ตัวที่ 1	6	กระทู้ผาลที่ 2

หมายเหตุ : หล่อลื่นด้วยจารบี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก จ

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

ณรงค์เดช ซื่อสกุลรัตน์ สามารถ บุญอาจ. (2559). **การทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสมสำหรับกลไกตัดท่อนพันธุ์ในเครื่องปลูกมันสำปะหลัง.** การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17., หน้า 372- 375

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

The 17th TSAE National Conference and The 9th TSAE International Conference : TSAE 2016
การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 17 ประจำปี 2559 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 9

TPM-04

การทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสมสำหรับกลไกตัดท่อนพันธุ์ในเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

ณรงค์เดช ซื่อสกุลรัตน์[1]*, สามารถ บุญอาจ[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา 30000

ผู้เขียนติดต่อ: ณรงค์เดช ซื่อสกุลรัตน์ E-mail: big4629@outlook.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหามุมตัดที่เหมาะสมสำหรับกลไกการตัดท่อนพันธุ์ในเครื่องปลูกมันสำปะหลังโดยใช้พันธุ์ CMR-89 กับพันธุ์ห้วยบง 80 ทดสอบด้วยเครื่องวัดแรงที่กระทำต่อวัสดุแบบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM) ความเร็วการตัดที่ 254 mm min^{-1} ร่วมกับวิธีวัดค่าความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อพิจารณาแรงตัดสูงสุดร่วมกับคุณภาพรอยตัดโดยใช้ใบมีดที่ออกแบบ 3 รูปแบบ ได้แก่ ใบมีดตรง ใบมีด 45° และใบมีด 30° มีมุมคม (knife bevel angle) เท่ากันที่ 20° ความเร็วการตัด 0.25 m s^{-1} ตัดในลักษณะรอยตัดตรง ผลจากการทดสอบพบว่าใบมีด 30° เหมาะสมที่สุด ใช้แรงตัด 823.0 N สำหรับพันธุ์ CMR-89 และ 608.8 N สำหรับพันธุ์ห้วยบง 80 ร้อยละความเสียหายของรอยตัดร้อยละ 38.54 สำหรับพันธุ์ CMR-89 และร้อยละ20.90 สำหรับพันธุ์ห้วยบง 80 วิธีการวัดค่าความเสียหายของรอยตัดสามารถนำมาร่วมใช้เป็นเกณฑ์เพื่อพิจารณาด้านคุณภาพของการตัดและสามารถประยุกต์ใช้กับรอยตัดที่มีลักษณะคล้ายวงกลมได้

คำสำคัญ: การตัดท่อนพันธุ์, มุมการตัด, เครื่องปลูกมันสำปะหลัง

Appropriate Cutting Angle Testing for Cutter Mechanism in Cassava Planter

Narongdet Suesakunrat[1]*, Samart Bun-art[1]

[1]School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Rachasima, 30000

Corresponding author: Narongdet Suesakunrat. E-mail: big4629@outlook.com

Abstract

This research aims to determine the appropriate cutting angle for cutter mechanism in cassava planter used CMR-89 and Huaybong 80 tested in universal testing machine (UTM), set the cutting speed at 254 mm min^{-1} cooperated with the cross-section damage measuring method for cutting force and the cutting quality. Flat, 45° and 30° were cutting blades (knife bevel angle is 20°) used in cutter mechanism, set the cutting speed at 0.25 m s^{-1} in coss-section cutting. The results shown that the appropriate cutting angle was 30° blade. The cutting forces were 823.0 N for CMR-89 and 608.8 N for Huaybong 80. The cross-section damages were 38.54% for CMR-89 and 20.90% for Huaybong 80. The cross-section damage measuring method can be measured the cutting quality and can be used in other similar cross-section.

Keywords: Stem cutting, Cutting angle, Cassava planter

1 บทนำ

เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบปลูกตั้งปัจจุบันมีการวิจัยพัฒนาเพื่อนำมาใช้งานในประเทศไทยจากทั้งภาครัฐและเอกชนเพื่อประสิทธิภาพในการทำงานและทดแทนการขาดแคลนแรงงานภาคการเกษตร ผู้วิจัยจึงออกแบบและสร้างเพื่อเป็นตัวเลือกในการใช้งานโดยคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งาน ต้นทุนที่เหมาะสมในการสร้างและใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดไม่เกิน 49 Hp

การออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลังได้กำหนดแนวทางการทำงานของเครื่องให้สามารถตัดต้นพันธุ์ในลักษณะรอยตัดตรง และยกร่องปลูกตั้งลงดินในขั้นตอนเดียว ทำงานได้ด้วยผู้ปฏิบัติงาน 2 คน ได้แก่ผู้ขับรถแทรกเตอร์และผู้ป้อนต้นพันธุ์ ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องได้แก่ ชุดตัดท่อนพันธุ์ ชุดเปิดร่องและชุดยกร่อง กลไกการทำงานที่สำคัญคือ กลไกตัดท่อนพันธุ์ ได้ประยุกต์การทำงานของกลไก Scotch Yoke ติดใบมีดซึ่งได้แนวคิดการออกแบบจากใบมีดของเครื่องประหารกิโยติน พร้อมกลไกการปลูกตั้งลงดิน

การทดสอบเพื่อหาใบมีดที่เหมาะสมกับกลไกการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังใช้การหาแรงที่ใช้ในการตัดของใบมีดที่ออกแบบให้แต่ละแบบมีมุมเฉียงลดลงจำนวน 3 รูปแบบ ซึ่งมุมเฉียงที่ใช้ที่ในการ

ตัดมีผลต่อการใช้แรงและพลังงานในการตัดด้วยซึ่งทดสอบกับลำต้นอ้อย Sunil-Mathanker et al. (2015) แล้ววัดค่าโดยใช้เครื่องวัดแรงที่กระทำต่อวัสดุแบบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine: UTM) ด้วยอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดที่เท่ากันเพื่อพิจารณาการใช้แรงในการตัดร่วมกับการวัดความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์เพื่อวัดผลทางด้านคุณภาพการตัดด้วยชุดทดสอบกลไกการตัดด้วยความเร็วรอบที่เท่ากัน ชุดทดสอบกลไกการตัดได้ออกแบบให้สามารถนำไปใช้กับเครื่องปลูกมันสำปะหลังได้ด้วย พร้อมทั้งคิดวิธีและอุปกรณ์สำหรับการวัดค่าความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์ซึ่งทำจากอุปกรณ์ที่หาได้ทั่วไปพร้อมทั้งวิธีวัดที่ง่ายต่อการวัดค่า เพื่อแสดงผลในเชิงคุณภาพของรอยตัด

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การทดสอบการใช้แรงในการตัดท่อนพันธุ์

หาสมบัติทางกายภาพของต้นมันสำปะหลัง รังสรรค์ และวินัย (2558) ดัง Table 1 แล้วทดสอบการใช้แรงในการตัดท่อนพันธุ์โดยนำใบมีดที่ออกแบบ 3 รูปแบบได้แก่ ใบมีดตรง, 30° และ 45° ทั้ง 3 แบบ มีมุมคม (knife bevel angle) 20° Figure 1 ซึ่งใช้แรงตัดต่ำสุด สุกรี (2558) แต่ละใบมีดหนา 5 mm และสร้างให้อยู่ในเส้นแนวสัมผัสเดียวกันดัง Figure 2 ทดสอบด้วยเครื่องวัดแรงที่กระทำต่อวัสดุแบบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine: UTM) ตั้งค่าความเร็วการตัดที่ 254 mm min^{-1} ณัฐพงษ์ (2551) ตัดต้นพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ CMR-89 และพันธุ์ห้วยบง 80 แล้วหาแรงตัดเฉลี่ยของแต่ละใบมีดโดยใช้ตัวอย่างท่อนพันธุ์จากส่วนโคน ส่วนกลางและส่วนปลายลำต้น

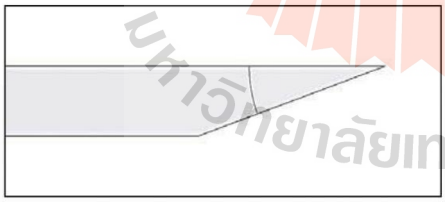


Figure 1 Knife bevel angle 20°.

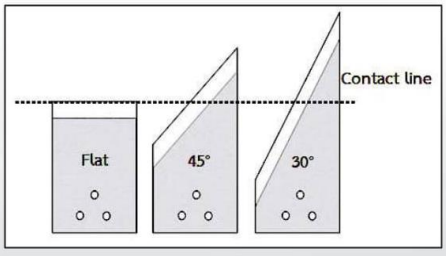


Figure 2 Three-type blades.

Table 1 Physical Properties of Cassava tree.

Parameter*	CMR-89	Huaybong 80
Age (month)	9	9
Diameter (mm)	19.83±2.25	19.26±1.68
Length (cm)	149.5±10.7	135.7±13.9
Curvature (cm)	4.9±1.6	12.1±3.6
Weight (g)	530±123	390±68
Moisture (%wb)	71.09±2.45	64.25±3.76

*Mean±SD

2.2 การวัดความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์

วิธีการวัดความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์ (Cross-section damage measuring: CSD) ทำได้โดยนำใบมีดทั้ง 3 รูปแบบ ใช้ร่วมกับชุดทดสอบกลไกการตัด Figure 3 ทำงานด้วยความเร็วรอบการตัด 30 รอบต่อนาทีขับด้วยมอเตอร์ความเร็วการตัด 0.25 m s^{-1} และตัดด้วยแรงงานคนด้วยมีดอีโต้เพื่อวัดค่าและเปรียบเทียบ ตัดต้นพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์พันธุ์ CMR-89 กับพันธุ์ห้วยบง 80 แล้วนำท่อนมันสำปะหลังมาวัดค่าด้วยชุดวัดความเสียของรอยตัดใน Figure 4 อ่านค่ามุมดังตัวอย่างดัง Figure 5 และคำนวณค่าร้อยละความเสียหายของรอยตัดทั้งส่วนล่างและส่วนบนในแต่ละท่อนดังความสัมพันธ์ดังสมการ (1) รอยตัดใดที่มีรอยตัดเรียบร้อยไม่เกิดรอยแตกรอยฉีก Figure 6 ให้ค่าความเสียหายรอยตัดนั้นมีค่าเป็น 0

$$\%CSD = \frac{(CSD_{down} + CSD_{up})}{\text{จำนวนรอยตัด x มุมภายในวงกลม}} \times 100$$

$$\%CSD = \frac{(CSD_{down} + CSD_{up})}{\text{รอยตัดบนและล่าง} \times \text{มุมภายในวงกลม}} \times 100$$

$$\%CSD = \frac{(CSD_{down} + CSD_{up})}{2 \times 360} \times 100$$

$$\%CSD = \frac{(CSD_{down} + CSD_{up})}{7.2} \quad (1)$$

เมื่อ %CSD คือร้อยละความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์, CSD_{down} คือผลรวมมุมของรอยตัดที่เสียหายส่วนล่าง, CSD_{up} คือผลรวมมุมของรอยตัดที่เสียหายส่วนบน

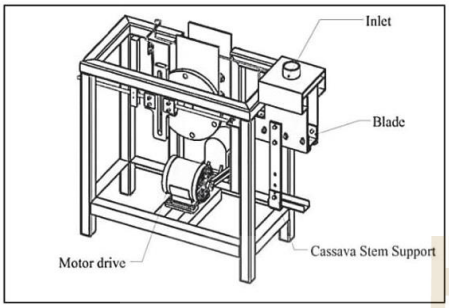


Figure 3 Cassava stem cutter mechanism.

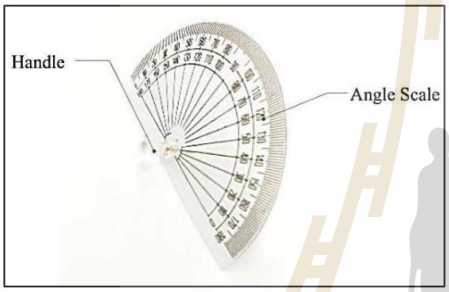


Figure 4 Cross-section damage tool.

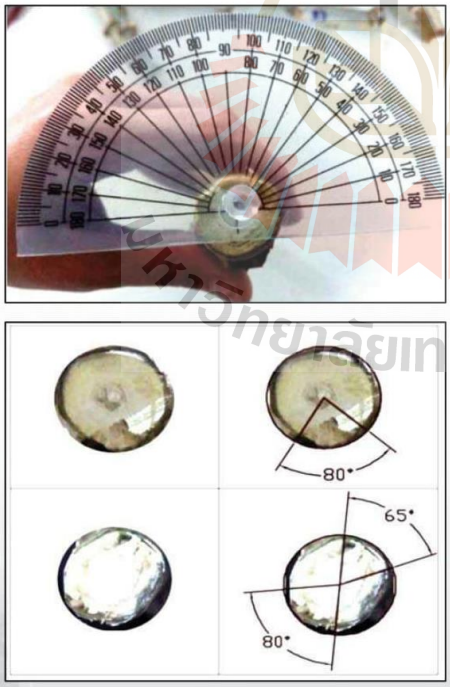


Figure 5 Cross-section damage measuring.

Figure 6 A perfect cassava stem cross-section.

3 ผลและวิจารณ์

ค่าเฉลี่ยของแรงที่ใช้ในการตัดของใบมีดทั้ง 3 แบบที่อ่านค่าได้จากเครื่อง UTM ใน Figure 7 ผลการทดสอบพบว่าใบมีดตรงใช้แรงในการตัดมากที่สุด รองลงมาคือใบมีด 45° และใบมีด 30° ตามลำดับ จากการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งพันธุ์ CMR-89 และพันธุ์ห้วยบง 80 เนื่องจากการตัดของใบมีดตรงมีเพียงแรงกดเพียงแนวเดียวทำให้การตัดท่อนพันธุ์นั้นใช้แรงมากกว่าใบมีดอีก 2 แบบ เพราะใบมีดที่มีลักษณะรูปร่างเฉียงมีทั้งแรงกดและแรงเฉือนรูปร่างที่มุมเฉียงลดลงทำให้ใช้แรงในการตัดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น

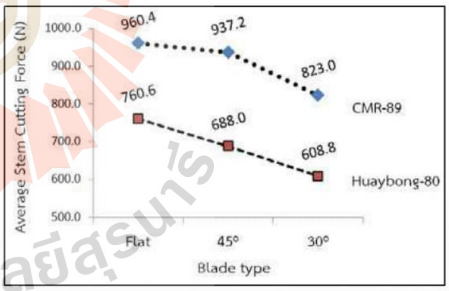


Figure 7 Average Stem Cutting Force.

ค่าเฉลี่ยของร้อยละความเสียหายของรอยตัดท่อนพันธุ์ดังแสดงใน Figure 8 จากการวัดรอยตัดทั้งส่วนล่างและส่วนบนพบว่าใบมีดตรงทำให้รอยตัดเสียหายมากที่สุดทั้งพันธุ์ CMR-89 กับพันธุ์ห้วยบง 80 รองลงมาคือใบมีด 45° และใบมีด 30° ตามลำดับ สำหรับการตัดด้วยมีดจากแรงงานคนผู้วิจัยนำมาวัดค่าเพราะเป็นวิธีการที่เกษตรกรได้ปฏิบัติแต่เดิมและสามารถนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับการตัดจากกลไกการตัดอีกด้วย จากผลการทดลองเห็นว่ารอยตัดเกิดความเสียหายน้อยที่สุดเพราะมีดที่ใช้คือมีดอีโต้ ซึ่งมีมุมคมเล็กกว่าใบมีดที่ใช้ทดสอบกับเครื่องและความหนาของมีดอีโต้ยังน้อยกว่าอีกด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

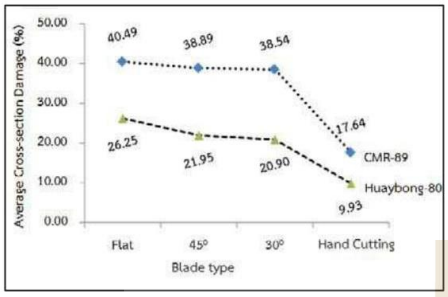


Figure 8 Average cross-section damage.

4 สรุป

ใบมีดที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานกับกลไกการตัดท่อนพันธุ์สำหรับเครื่องปลูกมันสำปะหลังนั้นคือใบมีด 30° ใช้แรงในการตัดน้อยที่สุด 823.0 N สำหรับพันธุ์ CMR-89 และ 608.8 N สำหรับพันธุ์ห้วยบง 80 อีกทั้งร้อยละความเสียหายของรอยตัดยังน้อยที่สุด ร้อยละ 38.54 สำหรับพันธุ์ CMR-89 และร้อยละ 20.90 สำหรับพันธุ์ห้วยบง 80

วิธีการวัดค่าความเสียหายของรอยตัดนั้นสามารถนำมาร่วมใช้เป็นเกณฑ์เพื่อพิจารณาด้านคุณภาพของการตัดและสามารถประยุกต์ใช้กับรอยตัดที่มีลักษณะคล้ายวงกลมได้

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่สนับสนุนทุนวิจัยและพัฒนา

6 เอกสารอ้างอิง

ณัฐพงษ์ ประภาการ. 2551. การศึกษาพารามิเตอร์เบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบเครื่องตัดเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. นครราชสีมา: สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

รังสรรค์ กุฎสำโรง, วินัย กล้าจริง. 2558. การศึกษาสมบัติเชิงกลของต้นมันสำปะหลัง. รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16 ประจำปี 2558, 571–577. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมการเกษตร. 17–19 มีนาคม 2558, ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา, กรุงเทพมหานคร.

สุกรี สุขประเสริฐ. 2558. การพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับจุดต่อพ่วงสามจุด CATEGORY II. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. นครราชสีมา: สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Sunil K. Mathanker, Tony E. Grift, Alan C. Hansen. 2015. Effect of blade oblique angle and cutting speed on cutting energy for energycane stems. Biosystems Engineering 133, 64–70.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นายณรงค์เดช ซื่อสกุลรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 4 มิถุนายน 2529 เป็นบุตรของนายวันชัย ซื่อสกุลรัตน์ และนางอาภา ซื่อสกุลรัตน์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ.2551 เมื่อสำเร็จการศึกษาได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ระดับภาคีวิศวกร สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ปี พ.ศ.2551-2553 เริ่มทำงานในบริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) โรงงานผลิตอาหารสัตว์ปักธงชัย อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ตำแหน่งวิศวกรควบคุมการผลิต (อัดเม็ด) และเจ้าหน้าที่ควบคุมการผลิต (ผสมอาหารสัตว์) ตามลำดับ ปี พ.ศ.2554-2556 ทำงานในบริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) โรงงานผลิตอาหารสัตว์ศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ตำแหน่งผู้จัดการแผนกผลิต และเจ้าหน้าที่ระบบ TPM ตามลำดับ

ปี พ.ศ.2556 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้รับทุนจากแหล่งทุนภายนอก กองทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา ขณะศึกษาได้เป็นที่ปรึกษาคณะทำงานบริษัท แอล พี เอ็น เอ็นจิเนียร์ริ่ง จำกัดโครงการเสริมสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจแก่อุตสาหกรรมอาหารและสร้างความเชื่อมั่นให้แก่คุณค่าอาหารของไทย และโครงการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารของไทยให้เป็นครัวอาหารคุณภาพของโลก สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม ปี พ.ศ.2558 ในด้านผังการผลิตและสาธารณูปโภค

ผลงานวิจัย : ได้เสนอบทความเข้าร่วมการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17 ประจำปี 2559 เรื่อง *การทดสอบเพื่อหามุมตัดที่เหมาะสมสำหรับกลไกตัดท่อนพันธุ์ในเครื่องปลูกมันสำปะหลัง*