การหาแบบเหมาะสมของล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่

นายมานะศักดิ์ ทิพย์ภูจอม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2558

DETERMINATION OF AN APPROPRIATE TYPE OF CAGE WHEEL FOR A TWO-WHEEL TRACTOR USING IN UPLAND FIELD

Manasak Thipphuchom

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 2015

การหาแบบเหมาะสมของล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

____

(ผศ. ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน)

ประธานกรรมการ

____

(อ. ดร.สามารถ บุญอาจ)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

____

(ผศ. ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

____

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มานะศักดิ์ ทิพย์ภูจอม : การหาแบบเหมาะสมของล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่ (DETERMINATION OF AN APPROPRIATE TYPE OF CAGE WHEEL FOR A TWO-WHEEL TRACTOR USING IN UPLAND FIELD) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.สามารถ บุญอาจ, 87 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแบบเหมาะสมของล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่ ขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้ คือ 1. การออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของล้อเหล็กรถไถเดินตาม 2. การสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตาม 3. การทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตาม 4. การวิเคราะห์ผลจากการทดสอบ โครงล้อเหล็กรถไถเดินตามมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร ความกว้างของหน้าล้อ 16 เซนติเมตร ใบล้อรถไถเดินตามทำการออกแบบทั้งหมด 4 แบบ การทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ โดยต่อพ่วงอุปกรณ์ไถเตรียมดิน แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ แรงต้านทานการหมุน พลังงานที่สูญเสีย ประสิทธิภาพการฉุดลาก และประสิทธิภาพในการทำงาน ถูกใช้เพื่อประเมินความเหมาะสมในการใช้งาน ผลการทดสอบพบว่าล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 มีความเหมาะสมในการทำงานในสภาพไร่ เนื่องจากมีแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำสุด 1,301 นิวตัน แรงต้านทานการหมุนต่ำสุด 757 นิวตัน พลังงานที่สูญเสียต่ำสุด 823 วัตต์ ประสิทธิภาพการฉุดลากสูงสุดร้อยละ 33.87 และประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานร้อยละ 84.66

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร ลายมือชื่อนักศึกษา______________________

ปีการศึกษา 2558 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา________________

MANASAK THIPPHUCHOM : DETERMINATION OF AN APPROPRIATE TYPE OF CAGE WHEEL FOR A TWO-WHEEL TRACTOR USING IN UPLAND FIELD. THESIS ADVISOR : SAMART BUN-ART, Ph.D., 87 PP.

TWO-WHEEL TRACTOR / MINIMUM FORCE/ ROLLING RESISTANCE

This research aims to study suitable type of cage wheel for a two-wheel tractor using in upland field. The research has procedures which divides into 4 methods as follows: 1) Design and analysis of strength of the cage wheel 2) Building of the cage wheel 3) Testing of the cage wheel 4) Analysis from the testing. The size of the cage wheel was 70 cm. of diameter and 16 cm. of wide. The cage wheel was designed into 4 types. The types of the cage wheel by connecting with tillage implements for the testing. Total driving force, rolling resistance, energy loss, tractive efficiency and filed efficiency of cage wheel were used for the evaluation. The results of the testing found that number 4 of cage wheel was suitable in upland field because it used a minimum total driving force of 1,301 N, a minimum rolling resistance of 757 N, a minimum energy loss of 823 W, a maximum tractive efficiency of 33.87 % and a filed efficiency of 84.66 %.

School of Agricultural Engineering Student's Signature_______________

Academic Year 2015 Advisor's Signature_______________

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

อาจารย์ ดร.สามารถ บุญอาจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้โอกาสทางการศึกษาให้คำแนะนำปรึกษาด้านวิชาการ ช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

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

คุณกรรณิกา ประเสริฐสังข์ ที่คอยแนะนำปรึกษาการจัดรูปเล่มวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

คุณเกรียงไกร รายณะสุข คุณกวี คงมั่น คุณณรงค์เดช ซื่อสกุลรัตน์ คุณนาฏชนก ปรางปรุ สิบเอกสุกรี สุขประเสริฐ คุณเกียรติศักดิ์ ใจโต คุณเบญจวรรณ วานมนตรี คุณอรรถพล อาภรณ์พงษ์ คุณธีรวัฒน์ เจเถื่อน และคุณกิตติภัทร เรืองชาญ ที่ช่วยในการทดสอบงานวิจัยจนเสร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา และสำคัญที่สุดขอเทิดทูลไว้ซึ่งหลักธรรมคำสอนของพระผู้มีพระภาคเจ้าที่ได้ยึดเป็นแนวทางในการดำเนินชีวิต อีกทั้งกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่งที่ให้การเลี้ยงดู อบรม ส่งเสริมการศึกษา ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา

มานะศักดิ์ ทิพย์ภูจอม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฐ
บทที่
1 **บทนำ** 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
2 **ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** 3
2.1 บทนำ 3
2.2 อุปกรณ์ฉุดลาก 3
2.2.1 ล้อยาง (Rubber wheel) 4
2.2.2 ล้อเหล็ก (Steel wheel or iron wheel) 4
2.2.3 จำนวนซี่ล้อ 4
2.2.4 จำนวนใบล้อ 5
2.3 เครื่องจักรกลที่ใช้ในการฉุดลาก (Traction Machine) 6
2.3.1 รถแทรกเตอร์ (Tractors) 6
2.3.2 การสมดุลแรงและพลังงานของรถแทรกเตอร์
(Force and Energy Balance) 6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 การสมดุลพลังงานที่จุดสัมผัสของดินกับรถแทรกเตอร์ (Energy Balance at the Tractor Soil interface) 9
2.5 การฉุดลาก (Traction) 11
2.5.1 แรงฉุดลาก (Tractive Force) 11
2.5.2 กำลังฉุดลาก (Tractive Power) 12
2.5.3 ประสิทธิภาพการฉุดลาก (Tractive Efficiency, T.E.) 12
2.5.4 สัมประสิทธิ์การฉุดลากสุทธิ (Net Tractive Coefficient) 12
2.5.5 ความต้านทานการหมุน (Rolling Resistance, R) 13
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
3 วิธีดำเนินการวิจัย 16
3.1 การออกแบบล้อเหล็กรถไถเดินตาม 16
3.1.1 โครงล้อเหล็กรถไถเดินตาม 16
3.1.2 ใบล้อเหล็กรถไถเดินตาม 17
3.2 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของล้อเหล็กรถไถเดินตามด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ . 21
3.3 การสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 21
3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 22
3.4.1 รถไถเดินตาม 22
3.4.2 อุปกรณ์ต่อพ่วงรถไถเดินตาม 22
3.4.3 เครื่องมือวัดความเร็วรอบ 23
3.4.4 เตาอบเพื่อหาความชื้น 23
3.4.5 เครื่องชั่งแบบละเอียด 24
3.4.6 อุปกรณ์วัดความเร็วของรถไถเดินตามขณะทำงาน 24
3.4.7 อุปกรณ์วัดการลื่นไถลของล้อเหล็กรถไถเดินตาม 25
3.4.8 อุปกรณ์วัดแรงและเครื่องมือรวบรวมข้อมูล 25
3.4.9 อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงและเครื่องมือรวบรวมข้อมูล 26

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.10 โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม........................ 26
3.4.11 โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ความแข็งแรง 27
3.5 การทดสอบล้อรถเหล็กรถไถเดินตามที่สร้างขึ้น 28
3.5.1 ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบ 28
3.5.2 การหาคุณสมบัติของดินในแปลงก่อนการทดสอบ...................................... 29
3.5.3 การเก็บข้อมูลในระหว่างการทดสอบ 30
3.5.4 การเก็บข้อมูลหลังการทดสอบ.. 31
3.5.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ 31
3.6 สถานที่ทำการทดสอบ... 32
3.7 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย.. 32
3.7.1 แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ 32
3.7.2 ความเร็วของล้อรถไถเดินตาม.. 32
3.7.3 พลังงานที่สูญเสีย 33
3.7.4 ประสิทธิภาพการฉุดลาก.. 33
3.7.5 ความสามารถในการทำงาน 33
3.7.6 ประสิทธิภาพในการทำงาน... 33
4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล... 34
4.1 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 34
4.1.1 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1............. 34
4.1.2 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2............. 35
4.1.3 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3............. 36
4.1.4 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4............. 37
4.1.5 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงล้อเหล็กรถไถเดินตาม 38
4.2 ผลการสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ.. 40
4.3 ผลการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ... 43
4.3.1 การลื่นไถล 46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.2 แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ ... 46
4.3.3 แรงต้านทานการหมุนของล้อ ... 47
4.3.4 พลังงานที่สูญเสีย ... 49
4.3.5 ประสิทธิภาพการฉุดลาก ... 49
4.3.6 ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงาน ... 50
4.3.7 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ แรงต้านทานการหมุนของล้อ พลังงานที่สูญเสีย ประสิทธิภาพการฉุดลาก ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงาน และการลื่นไถล ที่เกิดขึ้นในล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ ... 51
4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ ... 52
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ ... 54
5.1 สรุปผลการวิจัย ... 54
5.2 ข้อเสนอแนะ ... 55
รายการอ้างอิง ... 56
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. ตารางผลการทดสอบ ... 58
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างการคำนวณ ... 67
ภาคผนวก ค. แบบล้อเหล็กรถไถเดินตาม ... 70
ภาคผนวก ง. รูปประกอบการทดสอบ ... 76
ภาคผนวก จ. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ ... 80
ประวัติผู้เขียน ... 87

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การกำหนดจำนวนซี่ล้อ.......... 5

2.2 การกำหนดจำนวนใบล้อ.......... 5

4.1 การทดสอบไถจานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 44

4.2 การทดสอบไถจานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ (ต่อ).......... 45

4.3 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติแรงต้านทานการหมุน พลังงานที่สูญเสีย ประสิทธิภาพการฉุดลาก และประสิทธิภาพในการทำงานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ.......... 53

ก.1 ความเร็วในการทำงานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ.......... 59

ก.2 ความลึกร่องไถของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 60

ก.3 การลื่นไถลในการทำงานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ.......... 61

ก.4 เวลาต่าง ๆ ในการทำงานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 61

ก.5 เครื่องยนต์ต้นกำลังในการทดสอบของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 62

ก.6 การวัดค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบไถจานล้อที่ 0 62

ก.7 การวัดค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบไถจานล้อที่ 1 62

ก.8 การวัดค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบไถจานล้อที่ 2 63

ก.9 การวัดค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบไถจานล้อที่ 3 63

ก.10 การวัดค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบไถจานล้อที่ 4 63

ก.11 การวัดค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบไถจานล้อที่ 0.......... 64

ก.12 การวัดค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบไถจานล้อที่ 1.......... 64

ก.13 การวัดค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบไถจานล้อที่ 2.......... 64

ก.14 การวัดค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบไถจานล้อที่ 3.......... 65

ก.15 การวัดค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบไถจานล้อที่ 4.......... 65

ก.16 การวัดค่าแรงเฉือนของดินก่อนการทดสอบไถจานที่ระยะผิวดินของล้อ เหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 65

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ก.17 การวัดค่าแรงเฉือนของดินหลังการทดสอบไถจานที่ระยะผิวดินของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 66
ก.18 ปริมาณน้ำในดิน 66

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงลักษณะล้อยางและล้อเหล็ก 3
2.2 แสดงลักษณะหน้าตัดยางแบบต่างๆ 4
2.3 จำนวนใบล้อ 5
2.4 แสดงการสมดุลแรงที่กระทำต่อรถแทรกเตอร์ล้อยางติดอุปกรณ์ตัดดิน 7
2.5 แสดงการสมดุลแรงที่กระทำต่อรถแทรกเตอร์ล้อตะขาบขณะดึงอุปกรณ์พ่วง 8
2.6 แสดงแรงในแนวระนาบที่กระทำต่อล้อยางและล้อตะขาบขณะรถแทรกเตอร์วิ่ง 9
2.7 แสดงแรงหลักที่กระทำต่อตัวรถแทรกเตอร์ในระนาบต่าง ๆ 11
2.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการฉุดลากกับการลื่นไถลของล้อในรถแทรกเตอร์ขับเคลื่อน 2 ล้อ ชนิดล้อยางบนพื้นผิวประเภทต่าง ๆ 13
3.1 โครงล้อเหล็กรถไถเดินตาม 17
3.2 ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 18
3.3 ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 19
3.4 ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 20
3.5 ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 20
3.6 รถไถเดินตามยี่ห้อ คูโบต้า รุ่น NC PLUS ขนาด 14 แรง 22
3.7 ไถจาน 23
3.8 เครื่องวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ (tachometer) 23
3.9 เตาอบลมร้อน (Hot air oven) 24
3.10 เครื่องชั่งแบบละเอียด 24
3.11 นาฬิกาจับเวลา 25
3.12 เทปเหล็กมือถือ 25
3.13 อุปกรณ์วัดแรงเครื่องมือรวบรวมข้อมูล 26
3.14 อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงและเครื่องมือรวบรวมข้อมูล 26
3.15 แบบจำลองใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 27
3.16 ชิ้นงานที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SolidWorks Simulation 28

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.17 การวางแผนผังการทดลอง 31
4.1 แสดงผลของความเค้นที่เกิดขึ้นกับล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม 35
4.2 แสดงผลของความเค้นที่เกิดขึ้นกับล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม 36
4.3 แสดงผลของความเค้นที่เกิดขึ้นกับล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม 37
4.4 แสดงผลของความเค้นที่เกิดขึ้นกับล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม 38
4.5 แสดงผลของความเค้นที่เกิดขึ้นกับโครงล้อเหล็กรถไถเดินตามจากการคำนวณด้วยโปรแกรม 39
4.6 ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 0 40
4.7 ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 41
4.8 ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 42
4.9 ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 42
4.10 ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 43
4.11 แสดงการลื่นไถลของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 46
4.12 แสดงแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 47
4.13 แสดงแรงต้านทานการเคลื่อนที่ของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 48
4.14 แสดงพลังงานที่สูญเสียของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 49
4.15 แสดงประสิทธิภาพการฉุดลากของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 50
4.16 แสดงประสิทธิภาพในการทำงานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 51
4.17 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ แรงต้านทานการหมุนของล้อ พลังงานที่สูญเสีย ประสิทธิภาพการฉุดลาก ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงาน และการลื่นไถล ที่เกิดขึ้นในล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 52
ค.1 แสดงแบบเครื่องโครงล้อเหล็กรถไถเดินตาม 71

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ค.2 แสดงส่วนต่าง ๆ ของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1....72
ค.3 แสดงส่วนต่าง ๆ ของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2....73
ค.4 แสดงส่วนต่าง ๆ ของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3....74
ค.5 แสดงส่วนต่าง ๆ ของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4....75
ง.1 การทดสอบหาแรงลาก....77
ง.2 การวัดการลื่นไถลและความเร็วในการทำงาน....77
ง.3 ขณะทำการทดสอบ....78
ง.4 การเปลี่ยนล้อเหล็กรถไถเดินตาม....78
ง.5 การวัดแรงเฉือนดิน....79
ง.6 การวัดค่าความแข็งของดิน....79

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

N_r	=	แรงปฏิกิริยาจากพื้นดินสู่ล้อหลัง
N_f	=	แรงปฏิกิริยาจากพื้นดินสู่ล้อหน้า
W	=	น้ำหนักของรถแทรกเตอร์
X_{cg}	=	ระยะจากแกนเพลาล้อหน้าถึงจุดศูนย์ถ่วงของรถแทรกเตอร์
V	=	แรงเนื่องจากอุปกรณ์ตัดดินส่งผ่านแรงลงในแนวดิ่งไปยังรถแทรกเตอร์
X_{db}	=	ระยะทางจากแกนเพลาล้อหน้าถึงจุดต่อติดอุปกรณ์ตัดดิน
Y	=	ระยะความสูงจากพื้นดินถึงจุดต่อติดอุปกรณ์ตัดดิน
X_L	=	ระยะทางจากแกนเพลาล้อหน้าถึงแกนเพลาล้อหลัง
H_t	=	ผลรวมของแรงขับเคลื่อนทั้งหมดของล้อขับเคลื่อน
R_F , R_f	=	แรงต้านทานการหมุนของล้อคู่หน้าและคู่หลังตามลำดับ
N	=	แรงปฏิกิริยาทั้งหมดจากพื้นดินสู่ล้อตะขาบทั้งสองด้าน
R	=	แรงต้านทานการหุนทั้งหมดของล้อตะขาบบนพื้นดิน
H_t	=	แรงขับเคลื่อนทั้งหมดจากล้อตะขาบ
X_p	=	ระยะจากจุดศูนย์กลางของล้อเฟืองด้านหน้าถึงแนวแรงปฏิกิริยาทั้งหมด
S	=	การลื่นไถล
V_S	=	ความเร็วที่ลดลงหรือระยะทางที่ลดลง
V_W	=	ความเร็วของล้อรถแทรกเตอร์ หรือระยะทางที่ล้อรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่
V	=	ความเร็วของตัวรถแทรกเตอร์ หรือระยะทางที่เคลื่อนที่ได้จริง
$\sum R$	=	ผลรวมของแรงเนื่องจากความต้านทานการหมุนที่ล้อยางหรือล้อตะขาบ
A	=	พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างล้อยางกับพื้นที่ผิวหน้าดิน
B	=	ความกว้างของล้อยาง
L	=	ความยาวผิวสัมผัสระหว่างล้อยางกับพื้นที่ผิวดิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

P	=	ความดันผิวสัมผัส
$\sum A$	=	ผลรวมของพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างล้อยางขับเคลื่อนกับพื้นที่ผิวดิน
$\sum N$	=	ผลรวมของแรงในแนวดิ่งที่กระทำบนล้อยางขับเคลื่อน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

รถไถเดินตามเป็นเครื่องต้นกำลังสำหรับอุปกรณ์ทางการเกษตรที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการผลิตพืชผลทางการเกษตร และเป็นเครื่องมือเกษตรที่ใช้กันมากภายในครัวเรือนของเกษตรกรรายย่อย รถไถเดินตามเป็นเครื่องมือที่ใช้งานได้ในหลายลักษณะ จึงถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้ทั่วๆไป โดยเฉพาะการทำนาซึ่งใช้รถไถเดินตามเป็นหลัก เมื่อนำรถไถเดินตามมาใช้งานในสภาพไร่ เช่น ไร่มันสำปะหลังหรือไร่อ้อยก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของรถไถเดินตามลดต่ำลง อันเนื่องมาจากความแตกต่างของสภาพพื้นที่ในการทำงาน ปริมาณความชื้นดิน สภาพดินที่มีความอัดแน่นแตกต่างกัน จึงทำให้แรงฉุดลากที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถไถเดินตามเปลี่ยนแปลงไป จากรายงานการวิจัยของ สามารถ บุญอาจ (2557) ได้ทำการทดสอบแรงฉุดลากของรถไถเดินตามที่ใช้ล้อเหล็กและล้อยางสำหรับการทำงานในไร่มันสำปะหลัง พบว่า ในการทดสอบไถจานติดรถไถเดินตามโดยมีล้อเหล็กเป็นล้อขับเคลื่อน ที่ค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินก่อนไถ 35 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร มีค่าแรงลากในการทำงาน 2,893 นิวตัน และที่ค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินก่อนไถ 21 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร มีค่าแรงลากในการทำงาน 2,008 นิวตัน จากรายงานดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าในสภาพดินที่มีความอัดแน่นต่ำจะทำให้แรงฉุดลากในการขับเคลื่อนรถไถเดินตามต่ำเนื่องจากแรงเสียดทานของดินกระทำต่อล้อเหล็กรถไถเดินตามและอุปกรณ์ต่อพ่วงมีค่าต่ำ และในสภาพดินที่มีความอัดแน่นสูง จะทำให้แรงฉุดลากที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถไถเดินตามสูงเนื่องจากแรงเสียดทานของดินกระทำต่อล้อเหล็กรถไถเดินตามและอุปกรณ์ต่อพ่วงมีค่าสูง จากสาเหตุดังกล่าวทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของแรงลากสูงขณะทำงาน อีกทั้งเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในการเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางการเกษตร ปัญหาดังกล่าวเกิดจากประเทศไทยยังขาดข้อมูลพื้นฐานที่จะให้เกษตรกรตัดสินใจในการเลือกใช้รถไถเดินตามให้เหมาะสมกับงานทางด้านเกษตร

ล้อเหล็กรถไถเดินตามถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนตัวรถไถเดินตามให้สามารถทำงานได้ หากนำมาใช้งานในไร่ แรงลากที่ใช้ในการขับเคลื่อนควรต้องมีความเหมาะสมต่อการทำงานในไร่ คือสามารถลดแรงเสียดทานระหว่างดินกับใบล้อได้ซึ่งจะส่งผลให้แรงลากในการทำงานลดต่ำลง และรถไถเดินตามมีความคล่องตัวในการทำงานมากยิ่งขึ้น จึงจะทำให้การทำงานของรถไถเดินตามมีประสิทธิภาพที่ดีได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยทำการ

ออกแบบ วิเคราะห์ และสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตาม และทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของผลที่ได้จากการทำวิจัยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อหาแบบที่เหมาะสมของล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่

1.2.2 เพื่อทดสอบและประเมินผลล้อเหล็กรถไถเดินตามที่ได้เลือกไว้ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ทำการพิจารณาเลือกแบบที่เหมาะสมของล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่

1.3.2 รวบรวมข้อมูลและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในสภาพไร่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ล้อเหล็กรถไถเดินตามที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในสภาพไร่

1.4.2 ได้ข้อมูลในการเลือกใช้ล้อเหล็กรถไถเดินตามให้เหมาะสมกับพื้นที่ทางการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

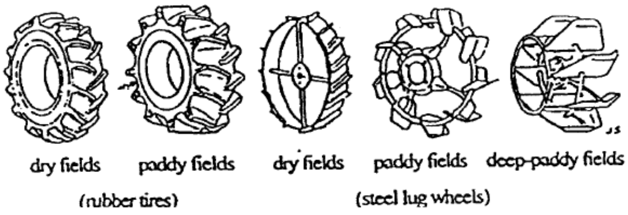
2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง อุปกรณ์ฉุดลากโดยกล่าวถึงล้อยางและล้อเหล็ก เครื่องจักรกลที่ใช้ในการฉุดลาก การสมดุลพลังงานที่จุดสัมผัสของดินกับรถแทรกเตอร์ การฉุดลาก ความต้านทานการหมุน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2 อุปกรณ์ฉุดลาก

อุปกรณ์ฉุดลากเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ให้ยานพาหนะเคลื่อนที่ โดยอาศัยแรงปฏิกิริยาระหว่างอุปกรณ์ฉุดลาก โดยทั่วไปอุปกรณ์ฉุดลาก หมายถึงล้อยาง (Rubber wheel) และล้อเหล็ก (Iron wheel) ซึ่งมีหน้าที่ทำให้รถไถเดินตามเคลื่อนที่ โดยอาศัยการขับของแรงบิดอุปกรณ์ฉุดลากที่ส่งมาจากเครื่องยนต์ (สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, 2539) จากนั้นอุปกรณ์ฉุดลากยังทำหน้าที่รับน้ำหนักทั้งหมดของรถไถเดินตาม

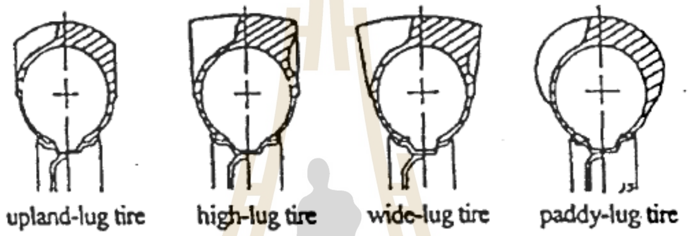
รถไถเดินตามติดอุปกรณ์เกษตรชนิดต่างๆทำงานในพื้นที่เกษตรกรรม พื้นผิวดินใต้อุปกรณ์ฉุดลากจะยุบตัว เนื่องจากน้ำหนักกดของตัวรถและอุปกรณ์ การยุบตัวของดินจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับน้ำหนัก ขนาดพื้นที่สัมผัสของอุปกรณ์ฉุดลาก และความแข็งของชั้นดิน พื้นที่ทำไร่ชั้นดินจะแข็งกว่าพื้นที่ลุ่มใช้ทำนา จึงจำเป็นจะต้องออกแบบอุปกรณ์ฉุดลากหลายชนิดตามลักษณะเฉพาะของดิน ความต้องการฉุดลาก และการแบกทานในสภาพพื้นที่การทำงานที่ต่างกัน



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะล้อยางและล้อเหล็ก (สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, 2539)

2.2.1 ล้อยาง (Rubber wheel)

เป็นล้อพื้นฐานที่ใช้กับรถไถเดินตาม ล้อยางมีทั้งชนิดล้อยางตันที่ไม่ต้องสูบลมและล้อยางสูบลม ปกติที่ใช้จะเป็นล้อยางสูบลม ล้อยางที่ทำหน้าที่ขับเคลื่อนทั้งล้อหน้าและล้อหลังจะมีดอกยาง (Tire lug) เป็นแถบเฉียงสลับกันตลอดหน้าล้อ ทำให้เกาะติดพื้นผิวดินได้ดีเพื่อเพิ่มการฉุดลากและลดการลื่นไถลของล้อ ความสูงดอกยางสำหรับล้อขับเคลื่อนของรถไถเดินตามที่ใช้ทำไร่จะต่ำ และความกว้างหน้าล้อจะแคบกว่าดอกยางของล้อรถไถเดินตามที่ใช้ทำนา และไม่ควรใช้ล้อยางชนิดดอกยางสูงกับรถแทรกเตอร์ที่ทำงานในพื้นที่แข็ง เพราะจะทำให้ดอกยางสึกหรอเร็วกว่าปกติและหักได้ง่าย ซึ่งเป็นการเลือกใช้ล้อยางที่ไม่ถูกต้อง



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะหน้าตัดยางแบบต่างๆ (สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, 2539)

2.2.2 ล้อเหล็ก (Steel wheel or iron wheel)

เป็นล้อที่ออกแบบพัฒนาเพื่อใช้งานในพื้นที่ล้อยางไม่สามารถทำงานได้ เช่น พื้นที่นาที่มีดินอ่อนหรือดินโคลน ในสภาพพื้นที่ดังกล่าวล้อเหล็กจะตะกุยดินได้ดีกว่าล้อยาง ล้อเหล็กสำหรับรถไถเดินตามมีอยู่หลายชนิดเพื่อความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่และอุปกรณ์ต่อพ่วง ล้อเหล็กนับว่ามีประโยชน์สำหรับรถไถเดินตาม ในการทำงานในพื้นที่นาลุ่ม ลักษณะโครงสร้างล้อเหล็กธรรมดาไม่ค่อยยุ่งยาก จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีการผลิตสูง และต้นทุนการผลิตต่ำ

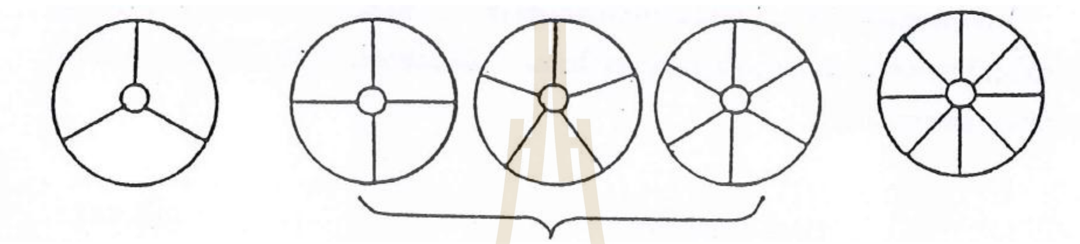
2.2.3 จำนวนซี่ล้อ

จำนวนซี่ล้อที่จำเป็นต่อล้อเหล็กรถไถเดินตามขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อ ขนาดความกว้างล้อและขนาดของซี่ล้อ โดยทั่วไปการกำหนดจำนวนซี่ล้ออาศัยแนวความคิดจากประสบการณ์ที่ว่าหากซี่ล้อใช้วัสดุ และขนาดท่ออย่างเดียวกับวงล้อ ก็ให้กำหนดจำนวนซี่ล้อเท่าที่จำเป็นตามที่เสนอแนะในตาราง 2.1 ซึ่งพบว่าล้อขนาดเล็กมีจำนวนซี่ล้อน้อยที่สุด จำนวน 3 ซี่ ล้อขนาดใหญ่มีจำนวนซี่ล้อมากสุด 8 ซี่ ส่วนล้อเหล็กขนาดกลางโดยทั่วไปจะมีซี่ล้อ 5 ซี่

ตารางที่ 2.1 การกำหนดจำนวนซี่ล้อ

ขนาดล้อ	จำนวนซี่ล้อ
ล้อขนาดเล็ก (Small wheel)	3
ล้อขนาดทั่วไป (Normal wheel) (ϕ 600 มม.)	4 ถึง 6
ล้อขนาดใหญ่ (Large wheel)	8

ที่มา : (สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, 2539)



รูปที่ 2.3 จำนวนใบล้อ (สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, 2539)

2.2.4. จำนวนใบล้อ

จำนวนใบล้อที่จำเป็นสำหรับล้อเหล็กนั้น สามารถกำหนดจากประสบการณ์ตามสภาพของพื้นที่ที่ทำการเกษตรกรรม ดังตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 การกำหนดจำนวนใบล้อ

สภาพพื้นที่เกษตรกรรม	จำนวนใบล้อ
พื้นที่ดินเลน	6
พื้นที่ดินโคลน	6 ถึง 8
พื้นที่ทำนาทั่วไป	8 ถึง 12
พื้นที่ทำไร่	8 ถึง 14

ที่มา : (สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, 2539)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3 เครื่องจักรกลที่ใช้ในการฉุดลาก (Traction Machine)

2.3.1 รถแทรกเตอร์ (Tractors)

รถแทรกเตอร์ในปัจจุบันได้ออกแบบมาเพื่อใช้กับเครื่องจักรกลเกษตร ที่ต้องการกำลังฉุดลากหรือกำลังขับเคลื่อนมาก ๆ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนารถแทรกเตอร์ให้มีความแตกต่างกันออกไปด้วย ปัจจุบันได้มีการออกแบบรถแทรกเตอร์ใน 2 ลักษณะคือ รถแทรกเตอร์ล้อยาง (Wheel Tractors) และรถแทรกเตอร์ล้อตะขาบ (Crawler Tractors) (อนุตร จำลองกุล, 2551)

1. ประเภทของรถแทรกเตอร์

- รถแทรกเตอร์ขับเคลื่อน 2 ล้อ (Two Wheel Drive Tractors) กำลังการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์จะถูกถ่ายทอดไปยังล้อหลังทั้งสองของรถแทรกเตอร์

- รถแทรกเตอร์ขับเคลื่อน 4 ล้อ (Four Wheel Drive Tractors) กำลังการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์จะถูกถ่ายทอดไปยังล้อทั้งสี่ของรถแทรกเตอร์

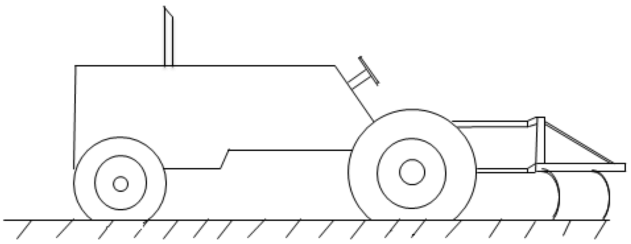
2. ขนาดของรถแทรกเตอร์ ขนาดของรถแทรกเตอร์ในปัจจุบัน อาจบอกได้ 3 อย่าง คือ

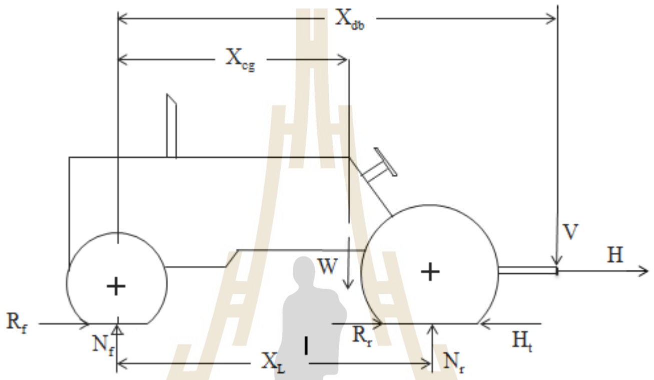
- การบอกขนาดเป็นน้ำหนักของตัวรถ
- การบอกขนาดเป็นกำลังม้า
- การบอกขนาดเป็นขนาดของเครื่องจักรกลที่ถูกฉุดลาก

2.3.2 การสมดุลแรงและพลังงานของรถแทรกเตอร์ (Force and Energy Balance)

การใช้เครื่องจักรเกษตรในการเตรียมดินจะต้องใช้แรงในการฉุดลากสุทธิจำนวนหนึ่งเพื่อให้ได้งานที่ต้องการ ซึ่งกำลังงานที่ต้องใช้คือผลคูณของแรงในแนวระนาบกับความเร็วของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ในแนวระนาบเช่นกัน พลังงานจากเคลื่อนยนต์สุทธิ จะเกิดการสูญเสียไปในส่วนต่าง ๆ อาทิ ระบบถ่ายทอดกำลัง เฟืองท้าย แบริ่ง เป็นต้น จึงทำให้พลังงานที่ได้มีค่าน้อยกว่าพลังงานสุทธิที่ได้จากเครื่องยนต์ สำหรับรถแทรกเตอร์กำลังงานที่ได้จากเครื่องยนต์จะเกิดการสูญเสียไปเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ ได้แก่ สูญเสียไปในแนวระบบถ่ายทอดกำลัง (เกียร์ และเฟืองท้าย) สูญเสียเนื่องจากการลื่นไถล และการสูญเสียเนื่องจากความต้านทานการหมุน เป็นต้น (อนุตร, 2551) เมื่อเราพิจารณาสมดุลแรงและพลังงานของรถแทรกเตอร์ที่ติดอุปกรณ์พ่วง จะได้แรงต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.4 กรณีรถแทรกเตอร์ล้อยาง และ 2.5 กรณีรถแทรกเตอร์ล้อตะขาบ

- กรณีรถแทรกเตอร์ล้อยาง





รูปที่ 2.4 แสดงการสมดุลแรงที่กระทำต่อรถแทรกเตอร์ล้อยางติดอุปกรณ์ตัดดิน

(Soil Cutting and Tillage, 1985)

จากรูปที่ 2.4 ภายใต้สมมติฐานที่ว่า รถแทรกเตอร์และอุปกรณ์ตัดดินอยู่บนพื้นผิวหน้าดินเมื่อสมดุลแรงในแนวดิ่งจะได้

$$N_r = \frac{(WX_{cg} + VX_{db} + HY)}{X_L} \qquad (2.1)$$

N_f = $W+V-N_r$

N_r = แรงปฏิกิริยาจากพื้นดินสู่ล้อหลัง

N_f = แรงปฏิกิริยาจากพื้นดินสู่ล้อหน้า

W = น้ำหนักของรถแทรกเตอร์

X_{cg} = ระยะจากแกนเพลาล้อหน้าถึงจุดศูนย์ถ่วงของรถแทรกเตอร์

V = แรงเนื่องจากอุปกรณ์ตัดดินส่งผ่านแรงลงในแนวดิ่งไปยังรถแทรกเตอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

X_{db} = ระยะทางจากแกนเพลาล้อหน้าถึงจุดต่อติดอุปกรณ์ตัดดิน

Y = ระยะความสูงจากพื้นดินถึงจุดต่อติดอุปกรณ์ตัดดิน

X_L = ระยะทางจากแกนเพลาล้อหน้าถึงแกนเพลาล้อหลัง

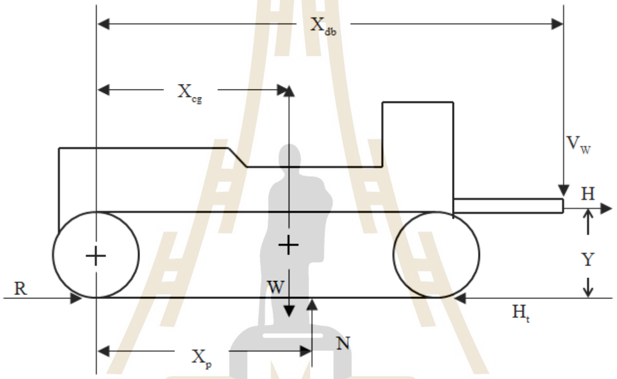
และผลรวมของแรงในแนวระนาบคือ

$$H_t = H + R_f + R_r \tag{2.2}$$

เมื่อ H_t = ผลรวมของแรงขับเคลื่อนทั้งหมดของล้อขับเคลื่อน

R_F , R_f = แรงต้านทานการหมุนของล้อคู่หน้าและคู่หลังตามลำดับ

-กรณีรถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ



รูปที่ 2.5 แสดงการสมดุลแรงที่กระทำต่อรถแทรกเตอร์ล้อตะขาบขณะดึงอุปกรณ์พ่วง

(Soil Cutting and Tillage, 1985)

จากรูปที่ 2.5 แสดงการสมดุลแรงจะได้ดังสมการต่อไปนี้

เมื่อสมดุลแรงในแนวดิ่งจะได้

$$N = W + V \tag{2.3}$$

เมื่อสมดุลแรงในแนวระนาบจะได้

$$H_t = H + R \tag{2.4}$$

$$X_p = \frac{\left(W + X_{cg} + VX_{db} + HY\right)}{N} \tag{2.5}$$

เมื่อ N = แรงปฏิกิริยาทั้งหมดจากพื้นดินสู่ล้อตะขาบทั้งสองด้าน

R = แรงต้านทานการหมุนทั้งหมดของล้อตะขาบบนพื้นดิน

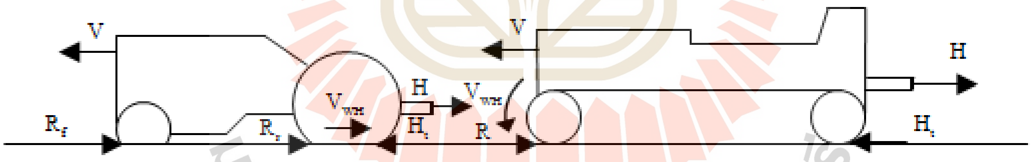
H_t = แรงขับเคลื่อนทั้งหมดจากล้อตะขาบ

X_p = ระยะจากจุดศูนย์กลางของล้อเฟืองด้านหน้าถึงแนวแรงปฏิกิริยาทั้งหมดจากพื้นดิน

จากแรง H จะใช้ในการดึงอุปกรณ์ตัดดินด้วยความเร็วที่เหมาะสม เป็นแรงของรถแทรกเตอร์ที่ได้เมื่อหักค่าการสูญเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในระบบ บางครั้งเราเรียกว่า แรงลากจูง (Drawbar Pull) เราอาจพิจารณาว่าเป็นแรงที่ป้อนจากล้อยางหรือล้อตะขาบไปสู่พื้นดิน และผลรวมของแรงต้านทานการหมุนที่เกิดขึ้น

เมื่อพิจารณาในรูปของพลังงาน ค่าแรง H ก็คือค่าของพลังงานที่ได้ และค่าของพลังงานที่ป้อนจากล้อยางหรือล้อตะขาบไปสู่ดินก็คือค่าของแรง H_t

2.4 การสมดุลพลังงานที่จุดสัมผัสของดินกับรถแทรกเตอร์ (Energy Balance at the Tractor Soil interface)



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 2.6 แสดงแรงในแนวระนาบที่กระทำต่อล้อยางและล้อตะขาบขณะรถแทรกเตอร์วิ่ง

(Soil Cutting and Tillage, 1985)

กำลังงานจากรถแทรกเตอร์ที่กระทำต่อพื้นดิน ขึ้นอยู่กับความเร็วของรถขณะปฏิบัติงาน และค่าความแข็งแรงของดินภายใต้ล้อยางและล้อตะขาบ จากรูปที่ 2.6 ความเร็วของรถแทรกเตอร์ (V) โดยทั่วไปแล้วจะมีค่าน้อยกว่าความเร็วที่ล้อหมุนไป (V_W) ความเร็วทั้งสองดังกล่าวจะมีค่าเท่ากันก็ต่อเมื่อดินภายใต้ล้อไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในแนวระนาบ

แม้ว่าดินจะมีความแข็งแรงเพียงใดก็ตาม แรงที่ล้อกระทำต่อดินจะทำให้ดินเปลี่ยนรูปร่างเสมอ เป็นเหตุให้ระยะทางที่รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ได้จริงมีค่าน้อยกว่าระยะทางที่ล้อเคลื่อนที่ไป ระยะทางที่ลดลงดังกล่าวเราอาจเรียกว่า ความเร็วการเคลื่อนที่ (Slip Velocity, V_s) ดังสมการที่ 2.6

$$V_s = V_w - V \qquad (2.6)$$

ความเร็วที่ลดลงในขณะที่รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ไป จะเกิดขึ้นเนื่องจากการลื่นไถล (Slip , S) ซึ่งเราสามารถหาค่าการลื่นไถลได้จากสมการต่อไปนี้

$$S = \frac{V_S}{V_W} \qquad (2.7)$$

หรือ $$S = \frac{V_W - V}{V_W} \qquad (2.8)$$

และ $$V = V_W (1 - S) \qquad (2.9)$$

เมื่อ S = การลื่นไถล

V_s = ความเร็วที่ลดลงหรือระยะทางที่ลดลง

V_W = ความเร็วของล้อรถแทรกเตอร์ หรือระยะทางที่ล้อรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่

V = ความเร็วของตัวรถแทรกเตอร์ หรือระยะทางที่เคลื่อนที่ได้จริง

จากสมการที่ 2.9 แสดงว่าเมื่อการลื่นไถลมีค่าเท่ากับศูนย์ จะทำให้ความเร็วของรถแทรกเตอร์เท่ากับความเร็วของล้อที่เคลื่อนที่ไป เมื่อการลื่นไถลมีค่าเท่ากับ 1 หรือ 100 % จะทำให้ความเร็วของรถแทรกเตอร์มีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นคือรถแทรกเตอร์จะไม่มีการเคลื่อนที่ แม้ว่าล้อรถแทรกเตอร์จะหมุนก็ตาม พลังงานทั้งหมดที่สูญเสียไปในขณะที่รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ และสูญเสียไปเนื่องจากภาระของอุปกรณ์ต่อติดหรืออุปกรณ์ลากจูง ก็คือผลรวมของการสูญเสียความเร็วในการเคลื่อนที่และการสูญเสียแรงเนื่องจากการเปลี่ยนรูปร่างของดิน ดังสมการที่ 2.10

พลังงานที่สูญเสีย = พลังงานที่ป้อน – พลังงานที่ได้รับ

$$\text{พลังงานที่สูญเสีย} = (H_t V_w) - (H\,V) \qquad (2.10)$$

$$= (H_t V_W) - (H_t - \sum R) V$$

$$= (H_t V_W S) + \sum R\, V$$

เมื่อ $\sum R$ คือผลรวมของแรงเนื่องจากความต้านทานการหมุนที่ล้อยางหรือล้อตะขาบ

2.5 การฉุดลาก (Traction)

เราสามารถนำรถแทรกเตอร์มาใช้ประโยชน์ได้ในหลาย ๆ ทางด้วยกัน อาทิ เพลาอำนวยกำลัง (Power Take Off , PTO), ล้อร่องและสายพาน , ระบบไฮดรอลิค และทางกำลังฉุดลาก ซึ่งทางกำลังฉุดลากนี้จะใช้กำลังงานมากที่สุด ในขณะที่รถแทรกเตอร์ทำงานลากอุปกรณ์ จะมีแรงกระทำต่อตัวรถแทรกเตอร์ใน 3 ระนาบคือ

- แรงในแนวระนาบ (Drawbar Pull, F_X) หรือในแนวการลากจูง จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์

- แรงในแนวด้านข้าง (F_Y) เป็นแรงที่กระทำด้านข้างของตัวรถแทรกเตอร์เกิดขึ้นในขณะหันเลี้ยว

- แรงในแนวดิ่ง (F_Z) เป็นแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการถ่ายเทน้ำหนักของรถแทรกเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงลงสู่ดินในแนวดิ่ง

รูปที่ 2.7 แสดงแรงหลักที่กระทำต่อตัวรถแทรกเตอร์ในระนาบต่าง ๆ

2.5.1 แรงฉุดลาก (Tractive Force)

แรงฉุดลากคือแรงปฏิกิริยาของความต้านทานแรงเสียดทานของดิน กับพื้นที่ผิวสัมผัสของล้อ และแรงต้านทานการเฉือนของดินกับสันล้อ ซึ่งได้รับจากแรงบิดของเพลาขับเคลื่อน แรงฉุดลากของรถแทรกเตอร์จะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับ โครงสร้าง ขนาด น้ำหนักของรถแทรกเตอร์ น้ำหนักที่ลงบนล้อขับเคลื่อน การเลือกใช้เกียร์ สภาพพื้นที่ เป็นต้น

2.5.2 กำลังฉุดลาก (Tractive Power)

กำลังฉุดลากหรือกำลังลากจูง คือผลคูณของแรงฉุดลากกับความเร็วของรถแทรกเตอร์ กำลังฉุดลากจะใช้ในการระบุความสามารถของรถแทรกเตอร์

2.5.3 ประสิทธิภาพการฉุดลาก (Tractive Efficiency, T.E.)

ประสิทธิภาพการฉุดลากของรถแทรกเตอร์ คืออัตราส่วนของกำลังงานที่ได้รับหรือกำลังงานที่ใช้ในการลากจูง ต่อกำลังงานที่ป้อนจากล้อยางหรือล้อตะขาบไปสู่ดิน ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{T.E.} = \frac{H\,V}{H_t V_w} \qquad (2.11)$$

$$\text{T.E.} = \frac{(1-s)(H_t - \Sigma R)}{H_t} \qquad (2.12)$$

$$\text{T.E.} = (1-s)\left(1 - \frac{\Sigma R}{H_t}\right) \qquad (2.13)$$

จากสมการที่ 2.13 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการฉุดลากของรถแทรกเตอร์ จะลดลงอย่างเป็นสัดส่วนกับอัตราการลื่นไถล และแรงต้านทานการหมุนของล้อ

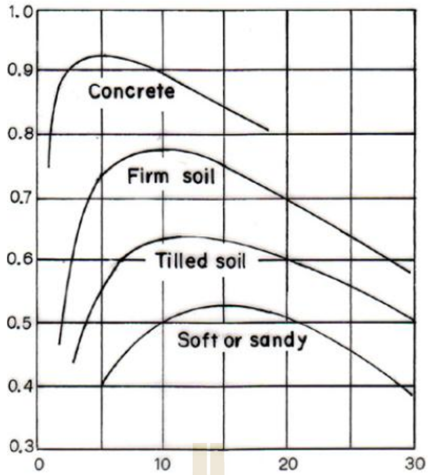
ประสิทธิภาพการฉุดลากจะมีค่ามากหรือน้อยนั้น จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ อาทิ การบังคับเลี้ยว , ความต้านทานการหมุน , การลื่นไถล , ความเสียดทานที่เกิดขึ้นภายในชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนไหว , การเบี่ยงเบนอุปกรณ์ฉุดลาก เป็นต้น

2.5.4 สัมประสิทธิ์การฉุดลากสุทธิ (Net Tractive Coefficient)

สัมประสิทธิ์การฉุดลากสุทธิ คืออัตราส่วนของแรงดึงสุทธิที่เกิดขึ้น ต่อภาระทางพลศาสตร์ (Dynamic Load) ที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ฉุดลาก ค่าดังกล่าวนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของอุปกรณ์ฉุดลาก ความดันลมยาง ชนิดและสภาพดิน ความชื้นในดิน การออกแบบดอกยาง การกระจายแรงดันบริเวณพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างล้อยางกับพื้นดิน (อนุตร, 2551)

ประสิทธิภาพการฉุดลาก

Tractive Efficiency T.E.



การลื่นไถลของล้อ Wheel slip, S %

รูปที่ 2.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการฉุดลากกับการลื่นไถลของล้อในรถแทรกเตอร์ขับเคลื่อน 2 ล้อ ชนิดล้อยางบนพื้นผิวประเภทต่าง ๆ

(Soil Cutting and Tillage, 1985)

2.5.5 ความต้านทานการหมุน (Rolling Resistance, R)

ความต้านทานการหมุนของล้อ จะเป็นแรงที่มีทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ ซึ่งจะเกิดขึ้นบนพื้นผิวของดินที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือเกิดขึ้นกับล้อยางที่มีความยืดหยุ่นตัว ความต้านทานการหมุนอาจพิจารณาให้อยู่ในรูปของอัตราการสูญเสียพลังงานไปสู่ดิน หรือล้อยางนั่นเอง ในทางปฏิบัติแล้วความต้านทานการหมุนของล้อยางจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงกระทำต่อล้อยางในแนวดิ่ง และการจมตัวของล้อยางลงไปในดิน เราอาจกล่าวได้ว่าความต้านทานการหมุนของล้อยางมี 2 ลักษณะคือ

1. ความต้านทานการหมุนภายใน (Internal Rolling Resistance) เกิดจากการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากการบิดตัวของยางในขณะที่ล้อยางเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวดิน ความฝืดที่ดุมล้อ ความฝืดจากการสั่นสะเทือน การสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อน เป็นต้น

2. ความต้านทานการหมุนภายนอก (External Rolling Resistance) เกิดจากพลังงานอันเนื่องมาจากล้อยาง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างภายใต้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างล้อยางกับพื้นดิน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดินคือ ค่าความแข็งแรงของดินนั่นเอง

ในสภาพนอกถนนนั้น ค่าความต้านทานการหมุนภายนอกจะมีค่ามากกว่าความต้านทานการหมุนภายในประมาณ 5 เท่า แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของล้อยางด้วย ถ้าเป็นล้อยางที่มีลักษณะดอกยางหรือบั้งยางใหญ่และหนา ก็จะทำให้เกิดความต้านทานการหมุนภายนอกมาก

เพราะว่าดินเกิดการยุบตัวมากนั่นเอง เราสามารถลดการจมตัวของล้อยางให้มีค่าน้อยลงได้ ด้วยการลดค่าความดันที่เกิดขึ้นบนพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างล้อยางกับพื้นดิน ด้วยการใช้ล้อยางที่มีขนาดใหญ่ขึ้น กล่าวคือมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้นนั่นเอง แทนที่จะใช้ยางที่มีขนาดหน้ายางกว้างมากขึ้น ซึ่งความกว้างของหน้ายางที่เพิ่มขึ้นจะเป็นเพิ่มความต้านทานการหมุนให้มีค่าสูงขึ้นไปด้วย การลดความดันลมยางก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างล้อยางกับพื้นผิวดินให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งจะมีผลให้การจมตัวของล้อยางมีค่าลดลงไปได้ แต่ความดันลมยางจะต้องไม่ลดต่ำลงไปกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

การออกแบบรถแทรกเตอร์เพื่อทำให้เกิดแรงฉุดลากสูงสุด เราสามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างล้อรถแทรกเตอร์กับพื้นผิวหน้าดิน และน้ำหนักของรถแทรกเตอร์ที่ถ่ายลงสู่ล้อขับเคลื่อนของรถแทรกเตอร์ สำหรับในดินที่มีความชื้นสูงและมีอนุภาคของเม็ดดินละเอียด จะมีค่ามุมเสียดทานภายในต่ำ การเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้มากขึ้นก็จะทำให้การฉุดลากดีขึ้น เหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการออกแบบล้อยางให้มีหน้ายางกว้าง และการใส่ล้อคู่หรือล้อเคียงก็จะช่วยทำให้การฉุดลากดีขึ้นเช่นนั้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชาญชัย โรจนสโรช, ทวิช จิตรสมบูรณ์ และวิฑิตย์ แสนขวา (2552) ได้ทำการวิจัยเครื่องขุดมันสำปะหลังแบบติดรถไถเดินตามพบว่า ล้อเหล็กน่าจะใช้ได้ดีในดินแห้งและดินที่มีวัชพืชอยู่บ้าง ซึ่งช่วยยึดให้ดินรองรับน้ำหนักและต้านทานแรงเฉือนของล้อได้ดีขึ้น แต่ถ้าดินอ่อนตัวและเมื่อรถไถเดินตามต้องออกแรงฉุดลากมากๆ ล้อเหล็กก็จะตะกุยให้หน้าดินขาด ทำให้ล้อเหล็กจมลงดินจนรถไถไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้

มานะศักดิ์ ทิพย์ภูจอม และสามารถ บุญอาจ (2557) ได้ทำการออกแบบล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในไร่มันสำปะหลัง ล้อเหล็กที่นำมาวิเคราะห์ มีเส้นผ่านศูนย์กลางวงล้อ 69 เซนติเมตร หน้ากว้างวงล้อ 16 เซนติเมตร พบว่าการออกแบบและวิเคราะห์รูปแบบของล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในไร่มันสำปะหลัง มีความเหมาะสมในการทำงานเชิงทฤษฎี ผลการวิเคราะห์จะช่วยลดแรงต้านทานการหมุนที่เกิดขึ้นกับล้อได้ ที่แรงลากสูงสุดในการทำงาน 2,893 นิวตัน ใบล้อจะไม่เกิดความเสียหาย จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันลดลง และเกษตรกรสามารถเลือกใช้ล้อเหล็กรถไถเดินตามให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ได้

สามารถ บุญอาจ (2557) ได้ทำการทดสอบแรงฉุดลากของรถไถเดินตามที่ใช้ล้อเหล็กและล้อยางสำหรับการทำงานในไร่มันสำปะหลังพบว่า ในการทดสอบไถจานติดรถไถเดินตามในดิน Loamy Sand เมื่อใช้ล้อยาง จะมีค่าการลื่นไถลที่มากกว่าเมื่อใช้ล้อเหล็กทั้งในดินทรายร่วนและดิน

ทรายอันเป็นดินหลักที่ใช้ในไร่มันสำปะหลังของจังหวัดนครราชสีมา สาเหตุเนื่องจากล้อเหล็กสามารถยึดเกาะกับดินได้ดีกว่าล้อยาง แต่เมื่อพิจารณาที่แรงลากที่ใช้กลับพบว่าเมื่อใช้ล้อยางจะใช้แรงลากน้อยกว่า เนื่องจากล้อยางมีความต้านทานการกลิ้ง (Rolling Resistance) ต่ำกว่าล้อเหล็ก อีกทั้งหน้ายางที่แคบกว่าล้อเหล็กจึงส่งผลให้ใช้แรงลากน้อยกว่า ซึ่งจะนำไปสู่การใช้พลังงานน้อยลง ส่งผลให้มีความประหยัดเชื้อเพลิงมากขึ้นในระยะยาว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแบบที่เหมาะสมของล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่ และเพื่อทดสอบและประเมินผลล้อเหล็กรถไถเดินตามที่ได้เลือกไว้ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยต่าง ๆ ดังนี้ 1. การออกแบบล้อเหล็กรถไถเดินตาม 2. การวิเคราะห์ความแข็งแรงของล้อเหล็กรถไถเดินตามด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3. การสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ 4. การทดสอบล้อรถเหล็กรถไถเดินตามที่สร้างขึ้น และ5. วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การออกแบบล้อเหล็กรถไถเดินตาม

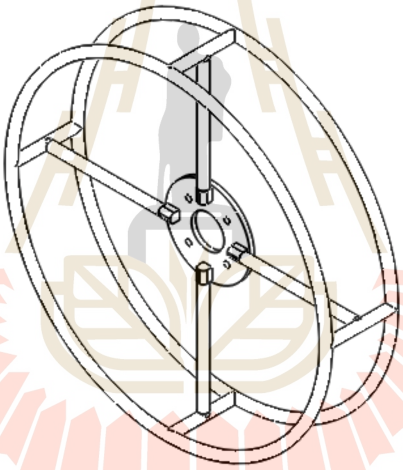
ล้อเหล็กรถไถเดินตามประกอบไปด้วยสองส่วนหลักคือ ส่วนของโครงล้อเหล็กรถไถเดินตาม และส่วนของใบล้อเหล็กรถไถเดินตาม ซึ่งสองส่วนนี้จะประกอบเข้าด้วยกันเป็นล้อเหล็กรถไถเดินตาม ในการออกแบบล้อเหล็กรถไถเดินตามได้ทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างเพื่อรวบรวมข้อมูลที่ได้มาออกแบบล้อเหล็กรถไถเดินตาม หลักการต่าง ๆ ที่ใช้การออกแบบมีดังนี้

3.1.1 โครงล้อเหล็กรถไถเดินตาม

การออกแบบโครงล้อเหล็กรถไถเดินได้ทำการศึกษาทฤษฎีและรายงานวิจัยต่าง ๆ ของ ธัญญา นิยมาภา (2558) พบว่ายางหน้าแคบกับความยาวหน้าสัมผัสยาวกว่ามีผลทำให้เกิดแรงฉุดลากสูงกว่าที่ค่าลื่นไถลต่ำกว่าและยางหน้าแคบมีความเป็นไปได้ที่จะให้แรงต้านทานการหมุน (Rolling Resistance Force) ต่ำกว่าจากข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำการออกแบบล้อเหล็กรถไถเดินตามให้มีความกว้างของหน้าล้อลดลง ซึ่งจะช่วยลดแรงต้านทานการเคลื่อนที่ของล้อ ทำให้การขับเคลื่อน เลี้ยวกลับหัวงานได้คล่องตัวมากขึ้น และจากรายงานการวิจัยของ สามารถ บุญอาจ (2557) พบว่าเมื่อใช้ล้อยางจะมีความสามารถในการทำงานที่สูงกว่าล้อเหล็ก เนื่องจากการทำงานด้วยล้อยางนั้นสามารถขับเคลื่อนรถได้อย่างคล่องตัว การกลับรถหัวงาน การขุดมันสำปะหลังระหว่างแถวสามารถทำได้ดีและเร็วกว่าเมื่อใช้ล้อเหล็ก ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานมีค่าที่สูงขึ้นตามไปด้วย และเมื่อพิจารณาถึงการทำงานในไร่มันสำปะหลังสำหรับเกษตรกรจะพบว่า เมื่อทำงานบนพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น การใช้ล้อยางก็จะสามารถทำงานได้มากขึ้น เร็วขึ้นตามไปด้วย จากรายงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การวิจัยดังกล่าวจึงทำการออกแบบความกว้างของหน้าล้อเหล็กรถไถเดินตามให้มีขนาดแคบลงโดยมีขนาด 16 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดเดียวกันกับความกว้างของหน้าล้อยาง เนื่องจากล้อยางซึ่งมีความกว้างของหน้าล้อแคบกว่าล้อเหล็กสามารถทำงานได้ดีและเร็วกว่าเมื่อใช้ล้อเหล็ก การลดความกว้างของหน้าล้อลงจึงเป็นหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้การทำงานของรถไถเดินตามมีประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ สูงขึ้น และสุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์ (2539) พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อเหล็กสำหรับใช้งานไถดินในประเทศส่วนใหญ่มีค่าประมาณ 80 เซนติเมตร ในการออกแบบโครงล้อเหล็กรถไถเดินตามจึงทำการออกแบบโครงล้อเหล็กรถไถเดินตามโดยมีขนาด 70 เซนติเมตรและเมื่อรวมกับความสูงของใบล้อจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อเหล็กรถไถเดินตาม 85 เซนติเมตร ดังนั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อเหล็กรถไถเดินตามจึงมีค่าใกล้เคียงสำหรับใช้งานไถดินในประเทศไทย โครงล้อเหล็กรถไถเดินตามแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงล้อเหล็กรถไถเดินตาม

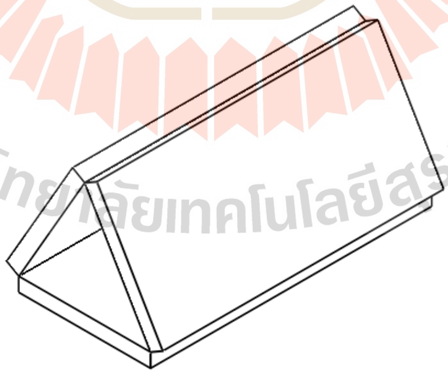
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.1.2 ใบล้อเหล็กรถไถเดินตาม

ในการออกแบบใบล้อเหล็กรถไถเดินตามได้ทำการศึกษาจากทฤษฎีต่าง ๆ สุรินทร์ (2539) พบว่าการไถดินด้วยรถไถเดินตามในลักษณะมาตรฐาน ล้อเหล็กสำหรับใช้งานไถดินจะต้องมีสมรรถนะในการฉุดลากสูง โดยอาศัยหลักการออกแบบใบล้อที่มีแรงต้านทานการเคลื่อนที่ (Motion Resistance) และการสูญเสียพลังงานน้อย ทำให้มีการฉุดลากสุทธิ (Net Traction) สูง รูปร่างของใบล้อจะต้องมีส่วนสัมพันธ์กับร่องไถเพื่อทำให้ล้อเคลื่อนที่มีเสถียรภาพใบล้อจะแนบกับพื้นและผนังร่องไถ และการที่รถไถเดินตามมีเสถียรภาพในการไถดิน ใบล้อจะต้องไม่ทับดินที่ไถมาแล้ว

เพื่อเป็นการลดแรงต้านทานการเคลื่อนที่และลดการเคลื่อนที่ขึ้นลง (Fluctuation) ของล้อ (สุรินทร์, 2539) ดังนั้นความกว้างใบล้อจะต้องสั้นกว่าหรือเท่ากับความกว้างการไถจริง (Actual Plowing Width) เพื่อให้ได้ขนาดใบล้อที่เหมาะสมกับขนาดร่องไถ ในการไถเตรียมดินนั้นร่องไถมีมุมของไถอยู่ที่ 15 – 25 องศา ในการออกแบบใบล้อเหล็กรถไถเดินตามจึงจำเป็นต้องให้ขอบใบล้อทำมุมที่อยู่ในช่วง 15 – 25 องศา เพื่อไม่ให้ใบล้อกินดินที่ยังไม่ถูกไถซึ่งจะเป็นการช่วยลดแรงต้านทานการเคลื่อนที่และการสูญเสียพลังงานน้อย จากทฤษฎีที่กล่าวมาจึงทำการออกแบบใบล้อเหล็กรถไถเดินตามให้มีความสอดคล้องกับทฤษฎี โดยทำการออกแบบใบล้อเหล็กรถไถเดินตามทั้งหมด 4 แบบ มีรายละเอียดดังนี้

1. ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 ออกแบบความกว้างของหน้าล้อให้แคบลง ใบล้อเมื่อมองจากด้านข้างจะเป็นรูปสามเหลี่ยม เพื่อให้รถไถเดินตามมีการเคลื่อนตัวไปข้างหน้าและถอยหลังที่ดีขึ้นเนื่องจากมีใบล้อหลังช่วยในการถอยหลังไม่ให้จมดินโดยใบล้อทำจากเหล็กรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสามแผ่นนำมาประกบกัน ฐานใบล้อเจาะรูเพื่อร้อยน๊อตยึดเข้ากับโครงล้อ ในการออกแบบจะเน้นเรื่องของการลดความกว้างของหน้าล้อเป็นหลัก เพื่อให้สามารถลดแรงต้านทานการหมุน ลดการสูญเสียพลังงาน และเพิ่มสมรรถนะในการฉุดลากได้ ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 ออกแบบให้ความกว้างของหน้าล้อมีขนาด 16 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร ใบล้อทำมุม 30 องศากับแนวดิ่ง พื้นที่ใบล้อ 120 ตารางเซนติเมตร ใบล้อสามารถถอดประกอบกับโครงล้อได้ ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 แสดงดังรูปที่ 3.2

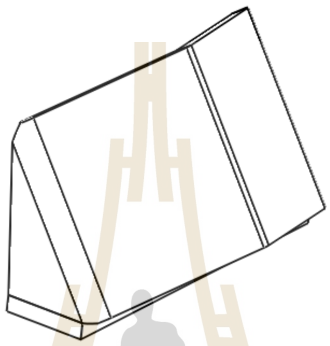


รูปที่ 3.2 ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1

2. ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 ในการออกแบบจะเน้นให้ใบล้อทำมุมกับร่องไถ เมื่อใบล้อจิกลงไปในดินที่ไถแล้ว ขอบใบล้อจะทำมุมกับร่องไถ ทำให้มีแรงเสียดทานระหว่างดินกับใบล้อลดลง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความต้านทานการหมุนลดลงตามไปด้วย ดังนั้นการออกแบบใบ

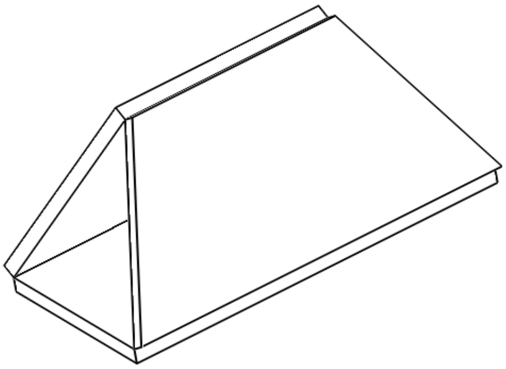
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ล้อให้ทำมุมกับร่องไถจึงเป็นการลดแรงต้านทานการหมุน ลดพลังงานที่สูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพการฉุดลากได้ การออกแบบใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 กลางใบล้อพับเฉียงทำมุมกับร่องไถ 25 องศา เพื่อให้ใบล้อสัมผัสกับองศาร่องไถได้ดี ฐานใบล้อจะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเจาะรูเพื่อร้อยน๊อตยึดเข้ากับโครงล้อ ความกว้างของหน้าล้อมีขนาด 16 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร พื้นที่ใบล้อ 121.22 ตารางเซนติเมตร ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 แสดงดังรูปที่ 3.3



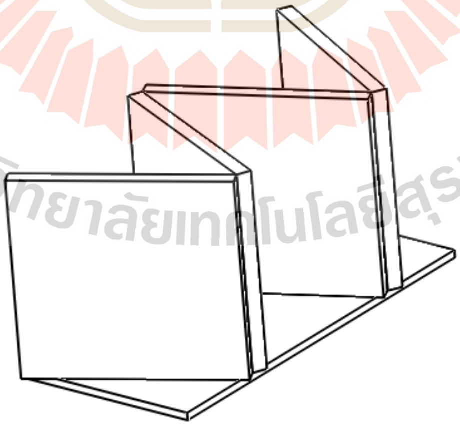
รูปที่ 3.3 ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2

3. ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 ในการออกแบบจะเน้นให้ใบล้อมีความเหมาะสมกับลักษณะร่องไถและให้ใบล้อตะกุยดินได้ดี โดยลักษณะใบล้อคล้ายรูปสี่เหลี่ยมคางหมูสองแผ่นประกบกัน ฐานใบล้อจะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเจาะรูเพื่อร้อยน๊อตยึดเข้ากับโครงล้อ เมื่อล้อรถไถเดินตามเข้าไปในร่องไถ เนื่องจากร่องไถมีมุมของไถอยู่ที่ 15 – 25 องศา ขอบใบล้อซึ่งทำมุม 25 องศากับร่องไถ จะส่งผลให้เกิดแรงต้านทานการหมุนของล้อลดต่ำลง เนื่องจากมีแรงเสียดทานระหว่างดินกับใบล้อต่ำ และบริเวณสันใบล้อจะเป็นเส้นตรงเพื่อให้ใบล้อสัมผัสกับดินในร่องไถและตะกุยดินได้ดียิ่งขึ้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร พื้นที่ใบล้อ 93.77 ตารางเซนติเมตร ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3

4. ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 ออกแบบโดยเน้นไปที่การเพิ่มพื้นที่ของใบล้อให้สัมผัสกับดินมากขึ้นแต่ยังคงความกว้างของล้อเท่าเดิม โดยใบล้อมีรูปทรงคล้ายตัว W ปลายแหลมทำมุม 53 องศา ขณะล้อขับเคลื่อนจะกระจายแรงที่ถูกส่งมาจากตัวรถไถเดินตามลงสู่ดินได้ดียิ่งขึ้น และมีความคล่องตัวในการทำงานเนื่องจากมีความกว้างของล้อเท่าเดิมคือ 16 เซนติเมตร จากรูปที่ 3.5 จะเห็นว่าปลายใบล้อทำมุมแหลม 2 จุด เพื่อให้ใบล้อจิกลงไปในดิน เพิ่มการตะกุยดินได้ดียิ่งขึ้น และเพิ่มความสามารถในการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ได้มากขึ้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร พื้นที่ใบล้อ 272 ตารางเซนติเมตร ผลการออกแบบดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4

จำนวนใบล้อก็มีส่วนสำคัญต่อการทำงานของรถไถเดินตามได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากในสภาพพื้นที่ไร่มันสำปะหลังจะเป็นดินร่วนปนทราย ดินมีความชื้นต่ำ ลักษณะดินไม่เกาะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กันเป็นก้อนเหมือนดินเหนียวซึ่งเป็นพื้นที่สำหรับทำนา ในการทำงานในไร่เมื่อล้อเหล็กเคลื่อนที่ในร่องไถก็จะมีดินที่ติดมากับใบล้อน้อย ล้อเหล็กก็จะเคลื่อนที่ได้ดี จึงออกแบบจำนวนใบล้อ 16 ใบ ซึ่งจะมากกว่าจำนวนใบล้อเหล็กในพื้นที่ทำนาซึ่งจะมีจำนวนใบล้ออยู่ที่ 8 ถึง 12 ใบ เพื่อช่วยให้รถไถเดินตามเคลื่อนที่ได้ดีขึ้นและการฉุดลากอุปกรณ์ต่อพ่วงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในการกำหนดจำนวนใบล้อถ้ามีจำนวนมากจนเกินไปจะเป็นการเพิ่มน้ำหนักล้อ ซึ่งจะเป็นผลทำให้ค่าการลื่นไถลสูงขึ้น และเครื่องยนต์ต้องทำงานหนักมากขึ้น จนในที่สุดเครื่องยนต์ทำงานต่อไปไม่ไหวก็จะดับ นอกจากนั้นกรณีที่ล้อเหล็กติดใบจำนวนมากจะทำให้ระยะห่างระหว่างใบล้อน้อย ทำให้การลื่นของล้อสูง เนื่องจากขณะล้อกดดินและหมุนเคลื่อนที่ ก้อนดินขนาดเล็กที่อยู่ระหว่างใบล้อจะถูกใบล้อเฉือนหลุดจากชั้นดินได้ง่าย เพราะว่าการยึดเกาะระหว่างก้อนดินมีน้อย

3.2 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของล้อเหล็กรถไถเดินตามด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของล้อเหล็กรถไถเดินตามที่ทำการออกแบบในหัวข้อ 3.1 ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม SolidWork Simulation เพื่อตรวจสอบค่า Yield Strength หรือค่าความแข็งแรงสูงสุด และค่าความปลอดภัยของล้อเหล็กรถไถเดินตาม ซึ่งจะทราบถึงค่าความเสียหายที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในขณะทำงานจริง และทำการเสริมโครงสร้าง หรือปรับปรุงล้อเหล็กรถไถเดินตามให้มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น โดยแรงที่กระทำต่อล้อเหล็กรถไถเดินตามเป็นแรงสูงสุด เพื่อให้การวิเคราะห์ความแข็งแรงของล้อเหล็กรถไถเดินตามมีความใกล้เคียงกับการทำงานจริงมากที่สุด

3.3 การสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

ในการสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ ได้ดำเนินการสร้างให้ล้อเหล็กรถไถเดินตามมีขนาด และรูปร่างตามการออกแบบล้อเหล็กรถไถเดินตามในหัวข้อที่ 3.1 คือ ล้อเหล็กรถไถเดินตามสามารถถอดประกอบกับตัวรถไถเดินตามได้สะดวก โดยใช้รถไถเดินตามขนาด 14 แรงม้าเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อไม่สูงมากเกินไปเพื่อให้มีความเหมาะสมในการทำงาน ในการถอดประกอบล้อเหล็กรถไถเดินตามใช้ผู้ปฏิบัติการ 2 คน เมื่อทำการออกแบบล้อเหล็กรถไถเดินตามเสร็จสิ้น จึงดำเนินการสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตามที่ได้ออกแบบไว้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 รถไถเดินตาม

รถไถเดินตามยี่ห้อ คูโบต้า รุ่น NC PLUS ขนาด 14 แรงม้า จำนวนเกียร์เดินหน้า 3 เกียร์ จำนวนเกียร์ถอยหลัง 1 เกียร์ ความเร็วรอบที่กำหนด 2,400 รอบต่อนาที น้ำหนักรวมสุทธิของรถไถเดินตาม 330 กิโลกรัม ใช้ในการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตาม

รูปที่ 3.6 รถไถเดินตามยี่ห้อ คูโบต้า รุ่น NC PLUS ขนาด 14 แรงม้า

3.4.2 อุปกรณ์ต่อพ่วงรถไถเดินตาม

ไถจานตราดอกบัวผาลคู่ ขนาดไถจาน 16 นิ้ว เป็นอุปกรณ์ต่อพ่วงรถไถเดินตามเพื่อใช้ในการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 3.7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 3.7 ไถจาน

3.4.3 เครื่องมือวัดความเร็วรอบ

เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer) ยี่ห้อ Lutron DT - 2234C ใช้สำหรับวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ เพื่อให้สามารถกำหนดรอบเครื่องยนต์เมื่อทำการเปลี่ยนล้อในการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 เครื่องวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ (Tachometer)

3.4.4 เตาอบเพื่อหาความชื้น

เตาอบลมร้อน (Hot air oven) แบบมีพัดลม ยี่ห้อ FRANCE ETUVES รุ่น XU058 ใช้ในการอบดินเพื่อหาความชื้นของดิน ดังแสดงในรูปที่ 3.9

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 3.9 เตาอบลมร้อน (Hot air oven)

3.4.5 เครื่องชั่งแบบละเอียด

เครื่องชั่งแบบละเอียด ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BSA224S – CW มีความละเอียดในการชั่งถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 4 ชั่งได้สูงสุด 220 กรัม อ่านละเอียด 0.0001 กรัม ใช้สำหรับการหาน้ำหนักของดินก่อน และหลังเข้าตู้อบเพื่อหาความชื้นในดินดังแสดงในรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 เครื่องชั่งแบบละเอียด

3.4.6 อุปกรณ์วัดความเร็วของรถไถเดินตามขณะทำงาน

อุปกรณ์วัดความเร็วในการทำงานคือนาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ Rhythm รุ่น LCT055 ใช้จับเวลาของรถไถเดินตามที่เคลื่อนที่ไปในระยะทาง 10 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 นาฬิกาจับเวลา

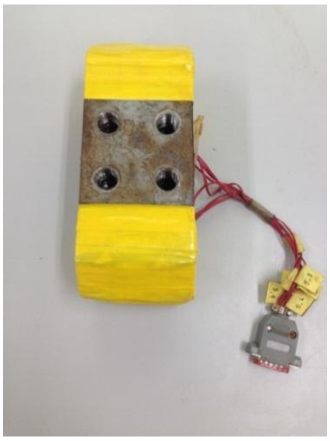
3.4.7 อุปกรณ์วัดการลื่นไถลของล้อเหล็กรถไถเดินตาม

อุปกรณ์วัดการลื่นไถลของล้อเหล็กรถไถเดินตามคือเทปเหล็กมือถือ ยี่ห้อ PROMA รุ่น PRO – 540 ใช้วัดระยะการเคลื่อนที่ของล้อที่เคลื่อนที่ไป 5 รอบล้อ ดังแสดงในรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 เทปเหล็กมือถือ

3.4.8 อุปกรณ์วัดแรงและเครื่องมือรวบรวมข้อมูล

อุปกรณ์วัดแรงแบบสองแนวแกน ใช้วัดแรงในการทดสอบและส่งข้อมูลเข้าอุปกรณ์รวบรวมข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.13



(A) อุปกรณ์วัดแรงแบบสองแนวแกน

(B) อุปกรณ์รวบรวมข้อมูล NI DAQ WLS-9163

รูปที่ 3.13 อุปกรณ์วัดแรงเครื่องมือรวบรวมข้อมูล

3.4.9 อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงและเครื่องมือรวบรวมข้อมูล

อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง ใช้ Oval gear flow-meter ในการวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ไหลเข้าไปในเครื่องยนต์ และส่งข้อมูลเข้าอุปกรณ์รวบรวมข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.14

(A) Oval gear flow-meter

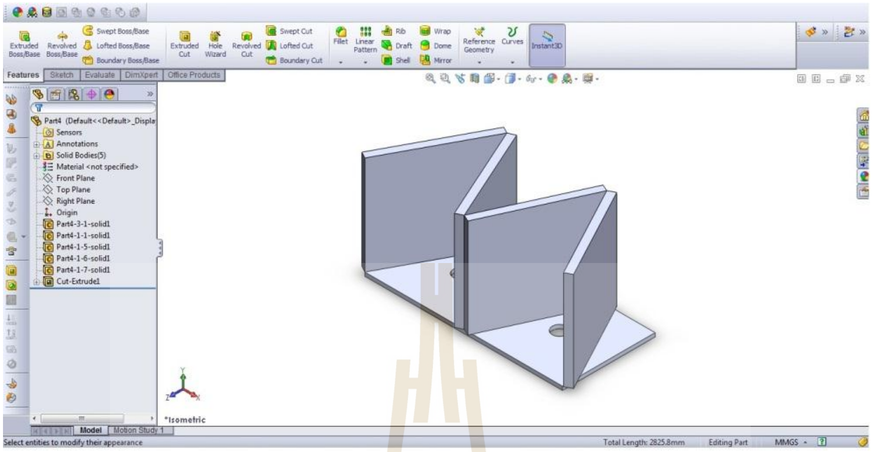
(B) อุปกรณ์รวบรวมข้อมูล USB-6212 DAQ

รูปที่ 3.14 อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงและเครื่องมือรวบรวมข้อมูล

3.4.10 โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม

โปรแกรมที่ใช้ในการสนับสนุนการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ สามารถสร้างแบบจำลองให้มีมิติที่เหมือนของจริงได้ โดยการแสดงภาพที่มีมิติเหมือนจริงได้ในมุมมองต่าง ๆ

โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงช่วงล่างในงานวิจัยนี้คือ SolidWorks ชิ้นงานที่สร้างโดยโปรแกรม SolidWorks แสดงในรูปที่ 3.15

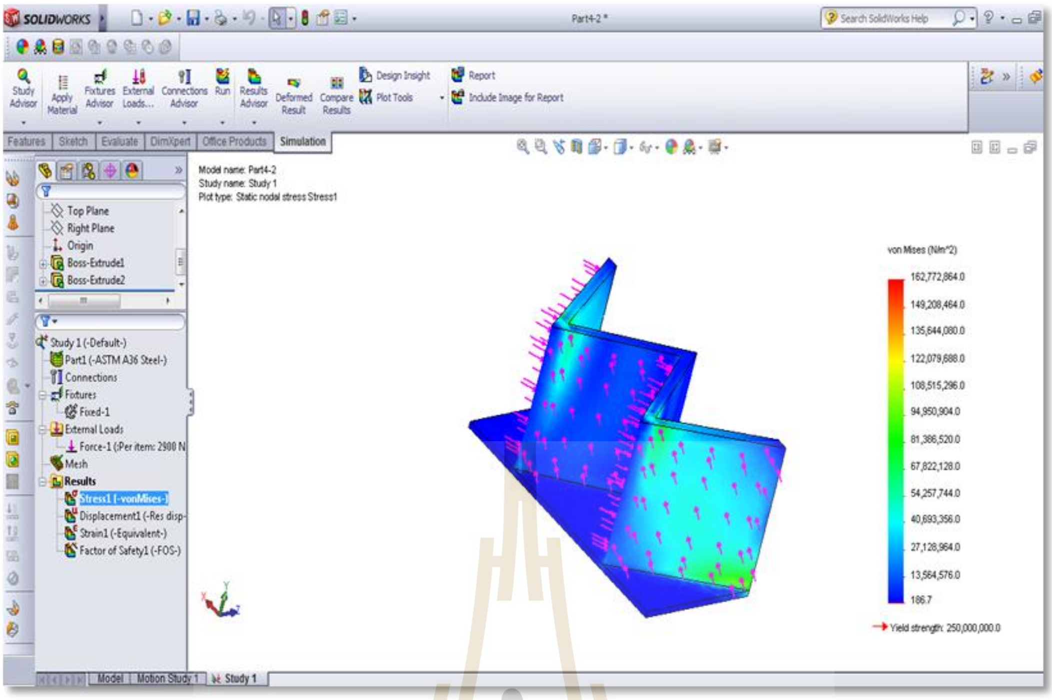


รูปที่ 3.15 แบบจำลองใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4

3.4.11 โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ความแข็งแรง

โปรแกรมที่ใช้ในการสนับสนุนการวิเคราะห์ความแข็งแรง สามารถวิเคราะห์ได้แม่นยำ เป็นที่ยอมรับและน่าเชื่อถือกันอย่างแพร่หลายในวงการด้านวิศวกรรม โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ SolidWorks Simulation ชิ้นงานที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SolidWorks Simulation แสดงในรูปที่ 3.16

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.16 ชิ้นงานที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SolidWorks Simulation

3. 5 การทดสอบล้อรถเหล็กรถไถเดินตามที่สร้างขึ้น

3.5.1 ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบ

1. เตรียมแปลงการทดสอบตามที่วางแผนไว้

2. ประกอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 ซึ่งเป็นล้อที่ได้ออกแบบไว้เข้ากับรถไถเดินตามเพื่อเตรียมทดสอบ

3. ติดเครื่องยนต์รถไถเดินตามจากนั้นปรับความเร็วรอบไปที่ 1,250 รอบต่อนาที ตำแหน่งเกียร์อยู่ที่เกียร์ 1 พร้อมทั้งติดอุปกรณ์ต่อพ่วงเข้ากับรถไถเดินตามเพื่อเตรียมทดสอบ

4. ทำการทดลองไถเพื่อปรับอุปกรณ์ต่อพ่วงให้ใช้งานได้เหมาะสม และนำรถไถเดินตามพร้อมอุปกรณ์ต่อพ่วงทดสอบในแปลงต่อไป

5. เมื่อทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 เสร็จสิ้นทำการเปลี่ยนล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 0 ซึ่งเป็นล้อที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน และล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2, 3, และ 4 ซึ่งเป็นล้อที่ได้ออกแบบไว้ เข้ากับรถไถเดินตามเพื่อทำการทดสอบจากนั้นทำการทดสอบตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 เมื่อทดสอบเสร็จสิ้นครบทุกล้อทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

3.5.2 การหาคุณสมบัติของดินในแปลงก่อนการทดสอบ

ก่อนจะดำเนินการทดสอบจะต้องทำการเก็บบันทึกค่าคุณสมบัติต่างๆของดินในแปลงดังนี้

1. Soil Moisture content

Soil Moisture content คือปริมาณความชื้นในดินฐานแห้ง (% Dry weight basis) โดยนำถุงซิบเพื่อเตรียมใส่ดินในแปลงการทดสอบ แปลงละ 5 จุด ทำการเก็บตัวอย่างดินจากการทดสอบการไถดินและเครื่องขุดมันสำปะหลัง จากนั้นจึงนำตัวอย่างดินมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักก่อนการอบ และน้ำตัวอย่างดินไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 95-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อค ร บ เวลาที่กำหนด จึงนำตัวอย่างดินออกมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักหลังอบ แล้วจึงนำค่าน้ำหนักที่ได้มาหาค่าปริมาณความชื้นในดินจากสมการดังนี้

ปริมาณความชื้น

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \qquad (3.1)$$

เมื่อ W คือปริมาณความชื้นของดินแห้ง (% d.b)

W_w คือน้ำหนักของน้ำ

W_s คือน้ำหนักของเม็ด

M_w คือมวลของน้ำ

M_s มวลของเม็ดดิน

2. ความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Cone index)

ใช้ Cone penetrometer กดดินโดยใช้หัวรูปกรวยขนาดพื้นที่ 2 ตารางเซนติเมตร ในการกด ทำการกดดินในจุดต่างๆ 5 จุด โดยทำการกด ก่อนการทดสอบ และหลังการทดสอบ ที่ระดับความลึกผิวดิน 5, 10, 15, และ20 เซนติเมตร ตามลำดับ

3. แรงเฉือนภายในดิน (Soil Strength Parameters)

ใช้ Shear annulus กดดินแล้วหมุน Shear annulus จนเนื้อดินขาดออกจากกัน ทำการกดดินที่ระดับผิวดิน โดยทำการกด ก่อนการทดสอบ และหลังการทดสอบ

3.5.3 การเก็บข้อมูลในระหว่างการทดสอบ

1. การลื่นไถล (Slip)

โดยการทำเครื่องหมายที่ล้อรถไถเดินตามและนับจำนวนรอบล้อของรถไถเดินตามให้ได้จำนวน 5 รอบ นำจำนวนรอบล้อมาคูณกับเส้นรอบวงก็จะได้ระยะทางที่ล้อเคลื่อนที่ได้ในทางทฤษฎี และจะต้องทำการวัดระยะทางจริงที่ล้อเคลื่อนที่ได้โดยใช้เทปวัดความยาวในการวัด และใช้เหล็กแทงในการเครื่องหมายจุดเมื่อเริ่มนับล้อและหลังการนับล้อสิ้นสุดลง ทำการทดลอง 10 ซ้ำ ใน 1 แปลง อุปกรณ์คือ เทปวัดความยาว และเหล็กหมุด

2. หน้ากว้างในการทำงาน

หน้ากว้างในการทำงานของเครื่องมือ สามารถหาได้โดย นำความกว้างของแปลงทดสอบหารด้วยจำนวนร่องไถก็จะได้หน้ากว้างในการทำงาน

3. ความลึกของร่องไถ

ความลึกของร่องไถ สามารถหาค่าได้โดย วัดความลึกของร่องไถขณะทำการไถ โดยสุ่มวัดทั้งหมด 10 ค่าใน 1 แปลง อุปกรณ์ในการวัดคือเครื่องมือการวัดความลึกร่องไถ

4. ความเร็วในการทำงาน

ความเร็วในการทำงานสามารถหาได้โดยการปัก Pole 2 หลัก มีระยะห่างกัน 10 เมตร ตำแหน่งการปักบริเวณการแปลง แล้วทำการจับเวลาในการทำงานขณะรถไถเดินตามกำลังวิ่งผ่าน Pole ที่ปักไว้ ทำการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง ต่อ 1 แปลงการทดสอบ

5. ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

ในการทดสอบจะใช้ Flow Sensor ชนิด Oval LSF40 ในการสร้างชุดทดสอบ ซึ่ง มีหลักการทำงานโดยอาศัยหลักการหมุนของแม่เหล็กเพื่อสร้างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การหมุนของเกียร์ 1 รอบ จะส่งค่าสัญญาณออกมา โดยปริมาณของน้ำมันจะอยู่บริเวณช่องว่างของห้องเกียร์ โดยจะส่งสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณ Pulse ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าจะอยู่ที่ 6.4-7.4 V ค่าสัญญาณจาก Flow Sensor จะถูกส่งไปที่ อุปกรณ์รวบรวมสัญญาณ ในการทดสอบนี้จะใช้ NI 6212 USB ซึ่งอุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณก่อนจะนำไปสร้างโปรแกรมประมวลผลบนคอมพิวเตอร์

6. การวัดแรงลาก

   1. บันทึกอุณหภูมิ ความดัน และความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ
   2. ให้เครื่องยนต์ต้นกำลังเดินเบาเป็นเวลา 15 นาที
   3. ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์กับอุปกรณ์วัดแรงลาก
   4. ให้รถแทรกเตอร์ลากรถไถเดินตามไปบนพื้นทดสอบ โดยใช้เกียร์ 3 และปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์ให้ได้ 1,200 rpm แล้วหาค่าต่างดังต่อไปนี้

      - แรงฉุดลาก

- ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถไถเดินตาม
- อัตราการลื่นของล้อรถไถเดินตาม

3.5.4 การเก็บข้อมูลหลังการทดสอบ

1. ความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Cone index)

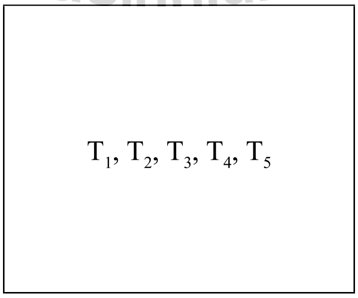
ใช้ Cone penetrometer กดดินโดยใช้หัวรูปกรวยขนาดพื้นที่ 2 ตารางเซนติเมตร ในการกด ทำการกดดินในจุดต่างๆ 5 จุด โดยทำการกด ก่อนการทดสอบ และหลังการทดสอบ ที่ระดับความลึกผิวดิน 5, 10, 15 และ20 เซนติเมตร ตามลำดับ

2. แรงเฉือนภายในดิน (Soil Strength Parameters)

ใช้ Shear annulus กดดินแล้วหมุน Shear annulus จนเนื้อดินขาดออกจากกัน ทำการกดดินที่ระดับผิวดิน โดยทำการกด ก่อนการทดสอบ และหลังการทดสอบ

3.5.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามทำการทดสอบโดยใช้ไถจานต่อพ่วงรถไถเดินตามเพื่อทดสอบไถเตรียมดิน โดยใช้แปลงเกษตรในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทำการทดสอบพื้นที่เป็นประเภทเนื้อดิน Loamy Sand (ดินทรายร่วน) พื้นที่ทดสอบมีขนาดหน้ากว้าง 14 เมตร ยาว 37 เมตร ในการทดสอบต้องเตรียมพื้นที่ทดสอบด้วยการใช้รถแทรกเตอร์ต่อพ่วงไถจานเพื่อไถเตรียมดิน เมื่อไถดินเสร็จสิ้น ทำการตากดินไว้ จากนั้นใช้เครื่องตีดินต่อพ่วงรถแทรกเตอร์โดยตีดินให้ละเอียด และทำการตากดินไว้ จากนั้นทำการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และล้อเหล็กรถไถเดินตามที่ออกแบบไว้ โดยมีไถจานเป็นอุปกรณ์ต่อพ่วง ทุกล้อทำการทดสอบซ้ำบนพื้นที่เดียวกัน แผนผังการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การวางแผนผังการทดสอบ

เมื่อ T คือรูปแบบล้อเหล็กรถไถเดินตาม

T มี 5 วิธี คือ

T_1	ล้อ 0
T_2	ล้อ 1
T_3	ล้อ 2
T_4	ล้อ 3
T_5	ล้อ 4

3.6 สถานที่ทำการทดสอบ

ทำการทดสอบที่แปลงเกษตรในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประเภทเนื้อดิน Loamy Sand (ดินทรายร่วน)

3.7 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

เมื่อทำการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามเสร็จสิ้น ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนำมาวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบเพื่อเรียบเรียงวิทยานิพนธ์และตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ การวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.7.1 แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ H_t

$$H_t = H + R \quad (3.2)$$

เมื่อ H_t คือแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ

H คือแรงที่ใช้ในการดึงอุปกรณ์ตัดดิน

R คือแรงต้านทานการหมุนของล้อ

3.7.2 ความเร็วของล้อรถไถเดินตาม V_w

$$V_w = \frac{V}{(1-S)} \quad (3.3)$$

เมื่อ V_w คือความเร็วของล้อรถไถเดินตาม

V คือความเร็วของรถไถเดินตาม

S คือการลื่นไถล

3.7.3 พลังงานที่สูญเสีย

$$\text{พลังงานที่สูญเสีย} = (H_t V_w) - (H V) \quad (3.4)$$

เมื่อ H_t คือแรงขับเคลื่อนทั้งหมดของล้อ
V_w คือความเร็วของล้อรถไถเดินตาม
H คือแรงที่ใช้ในการดึงอุปกรณ์ตัดดิน
V คือความเร็วของรถไถเดินตาม

3.7.4 ประสิทธิภาพการฉุดลาก T.E.

$$T.E. = \frac{H V}{H_t V_W} \quad (3.5)$$

เมื่อ H_t คือแรงขับเคลื่อนทั้งหมดของล้อ
V_w คือความเร็วของล้อรถไถเดินตาม
H คือแรงที่ใช้ในการดึงอุปกรณ์ตัดดิน
V คือความเร็วของรถไถเดินตาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.7.5 ความสามารถในการทำงาน

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = \frac{\text{พื้นที่ในการทดสอบ}}{\text{เวลาในการทดสอบ}} \quad (3.6)$$

3.7.6 ประสิทธิภาพในการทำงาน

$$\text{ประสิทธิภาพในการทำงาน} = \frac{\text{เวลาทั้งหมด} - \text{เวลาสูญเสีย}}{\text{เวลาทั้งหมด}} \times 100 \quad (3.7)$$

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

ในบทนี้จะนำเสนอผลการวิจัย และวิเคราะห์ผล ซึ่งแบ่งออก 4 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ความแข็งแรงของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ ส่วนที่ 2 แสดงผลการสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ ส่วนที่ 3 แสดงผลการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ และส่วนที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

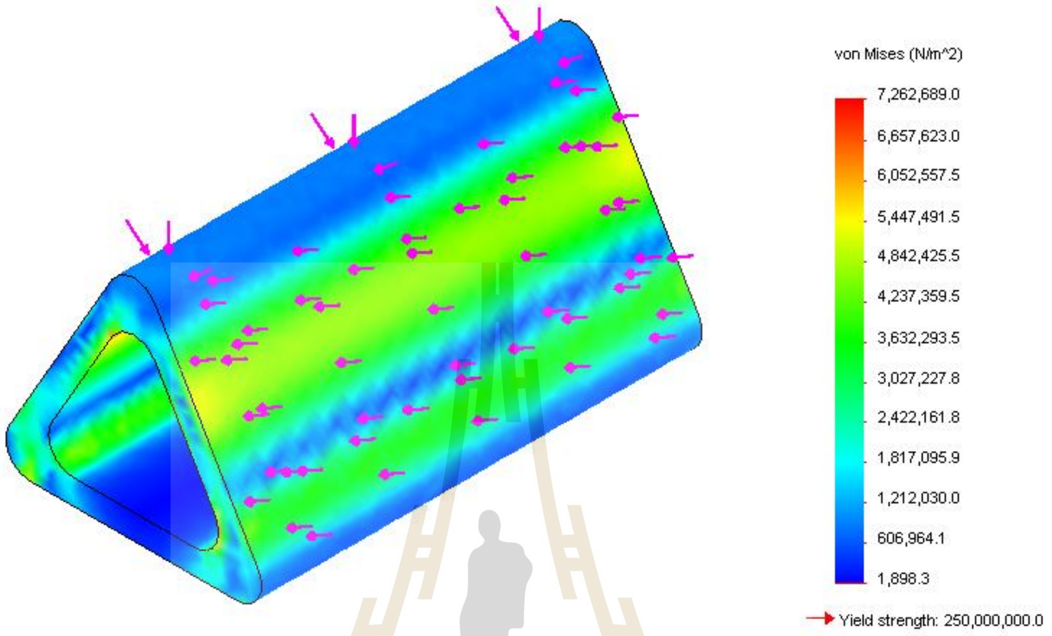
ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงของล้อเหล็กรถไถเดินตามกำหนดให้แรงที่กระทำกับโครงล้อและใบล้อเท่ากับ 2,893 นิวตัน (สามารถ บุญอาจ, 2557) การวิเคราะห์ความแข็งแรงของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแสดงผลเป็นความเค้นที่เกิดขึ้นกับใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแสดงให้เห็นว่าบริเวณที่แสดงผลเป็นสีแดงคือบริเวณที่มีการกระจายตัวของความเค้นที่สูงสุด สีส้ม สีเหลือง สีเขียว และสีฟ้าคือบริเวณที่มีค่าการกระจายตัวของความเค้นลดลงตามลำดับ ในส่วนสีน้ำเงินคือบริเวณที่มีการกระจายตัวของความเค้นต่ำสุด ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงแสดงดังต่อไปนี้

4.1.1 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1

จากรูปที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม SolidWorks ใบล้อมีค่า ความเค้นจุดคราก 250 MPa ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกระทำบนใบล้อมีค่าเท่ากับ 7.26 MPa ความเค้นสูงสุดเหล่านี้เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง X = 30.90 มิลลิเมตร, Y = 9.42 มิลลิเมตร, Z =140 มิลลิเมตร หรือโหนดที่ 1,394 โดยมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 34

จากผลการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 แรงจะกระทำต่อใบล้อในแนวตั้งฉากและเป็นสภาวะที่ใบล้อรับแรงกระทำสูงสุด โดยพบว่าบริเวณกลางใบล้อซึ่งแสดงผลเป็นสีเหลืองเกิดความเค้นสูงสุดของใบล้อ ผลดังกล่าวเกิดจากบริเวณกลางใบล้อเป็นส่วนที่บางที่สุดเมื่อมีแรงกระทำสูงสุด จึงเกิดความเค้นสูงสุดในบริเวณดังกล่าว และใบล้อเหล็กรถไถเดินตามสามารถทำงานในสภาวะดังกล่าวได้โดยไม่เกิดความเสียหาย เพราะใบล้อมีค่าความ

เค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นกับใบล้อต่ำกว่าค่าความเค้นจุดคราก ของใบล้อจึงทำให้ใบล้อไม่เกิดความเสียหาย



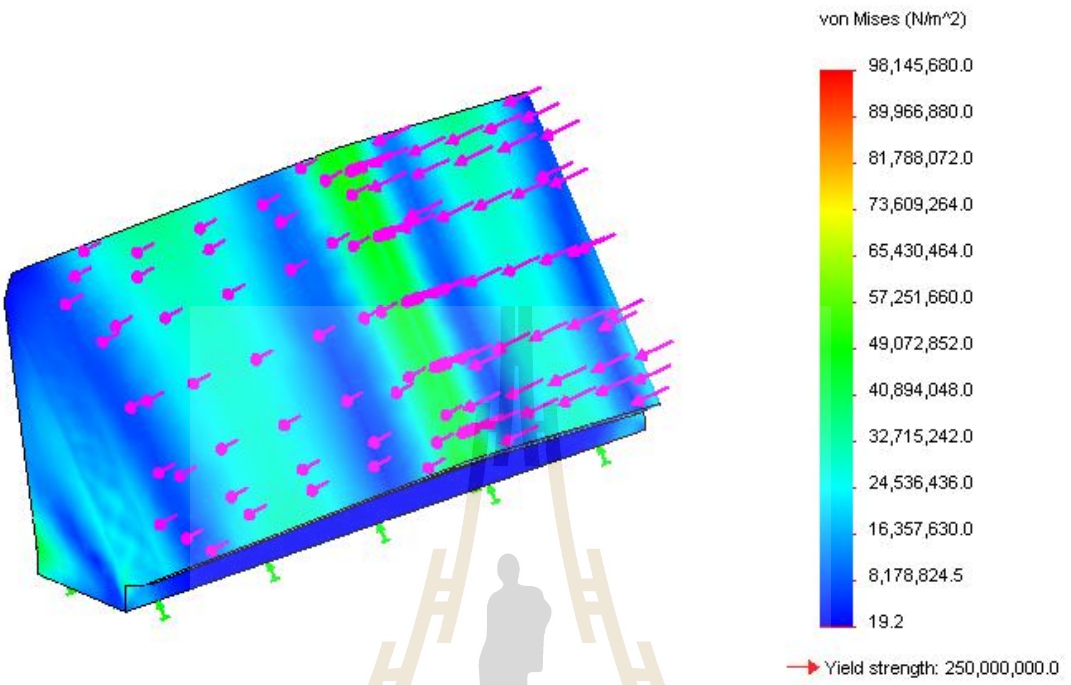
รูปที่ 4.1 แสดงผลของความเค้นที่เกิดขึ้นกับล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

4.1.2 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2

จากรูปที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม ใบล้อมีค่า ความเค้นจุดคราก 250 MPa ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกระทำบนใบล้อมีค่าเท่ากับ 98.3 MPa ความเค้นสูงสุดเหล่านี้เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง X = 0.00043 มิลลิเมตร, Y = 74.41 มิลลิเมตร, Z =6.44 มิลลิเมตร หรือโหนดที่ 4,433 โดยมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2.54

จากผลการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 แรงจะกระทำต่อใบล้อในแนวตั้งฉากและเป็นสภาวะที่ใบล้อรับแรงกระทำสูงสุด โดยพบว่าบริเวณปลายใบล้อซึ่งเป็นจุดพับใบล้อให้ทำมุมกับร่องไถแสดงผลเป็นสีแดงเกิดความเค้นสูงสุดของใบล้อ ผลดังกล่าวเกิดจากบริเวณปลายใบล้อซึ่งเป็นจุดพับใบล้อ จึงทำให้บริเวณดังกล่าวแข็งแรงน้อยที่สุด เมื่อมีแรงกระทำสูงสุดบริเวณดังกล่าวจึงเกิดความเค้นสูงสุด และใบล้อเหล็กรถไถเดินตามสามารถ

ทำงานในสภาวะดังกล่าวได้โดยไม่เกิดความเสียหาย เพราะใบล้อมีค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นกับใบล้อต่ำกว่าค่า ความเค้นจุดคราก ของใบล้อจึงทำให้ใบล้อไม่เกิดความเสียหาย



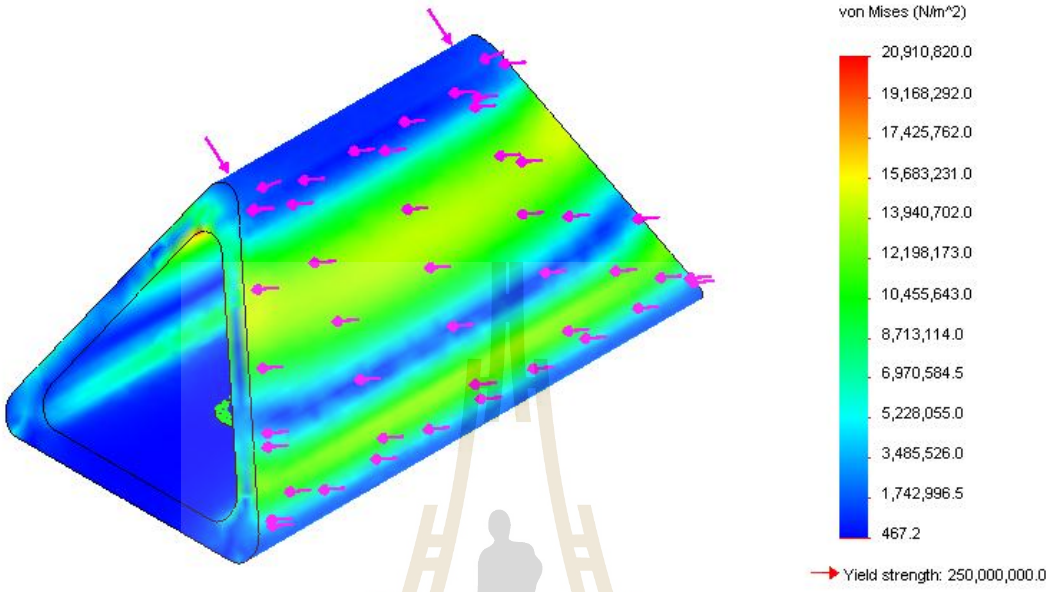
รูปที่ 4.2 แสดงผลของความเค้นที่เกิดขึ้นกับล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

4.1.3 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3

จากรูปที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม ใบล้อมีค่า ความเค้นจุดคราก 250 MPa ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกระทำบนใบล้อมีค่าเท่ากับ 20.91 MPa ความเค้นสูงสุดเหล่านี้เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง X = 32.94 มิลลิเมตร, Y = 7.37 มิลลิเมตร, Z = -11.49 มิลลิเมตร หรือโหนดที่ 7,425 โดยมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 11.96

จากผลการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 แรงจะกระทำต่อใบล้อในแนวตั้งฉากและเป็นสภาวะที่ใบล้อรับแรงกระทำสูงสุด โดยพบว่าบริเวณกลางใบล้อแสดงผลเป็นสีเหลืองเกิดความเค้นสูงสุดของใบล้อ ผลดังกล่าวเกิดจากบริเวณกลางใบล้อเป็นส่วนที่บางที่สุดจึงทำให้บริเวณดังกล่าวแข็งแรงน้อยที่สุด เมื่อมีแรงกระทำสูงสุดบริเวณดังกล่าวจึงเกิดความเค้นสูงสุด และใบล้อเหล็กรถไถเดินตามสามารถทำงานในสภาวะดังกล่าวได้โดยไม่เกิด

ความเสียหาย เพราะใบล้อมีค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นกับใบล้อต่ำกว่าค่าความเค้นจุดคราก ของใบล้อจึงทำให้ใบล้อไม่เกิดความเสียหาย



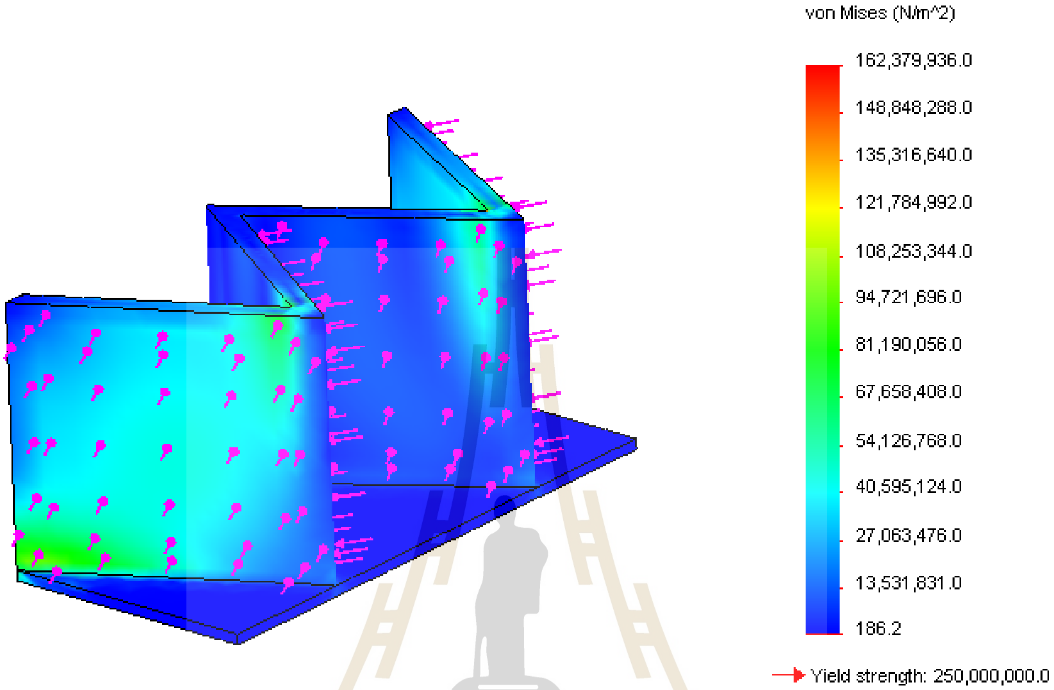
รูปที่ 4.3 แสดงผลของความเค้นที่เกิดขึ้นกับล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

4.1.4 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4

จากรูปที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม ใบล้อมีค่า ความเค้นจุดคราก 250 MPa ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกระทำบนใบล้อมีค่าเท่ากับ 162.37 MPa ความเค้นสูงสุดเหล่านี้เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง X = -39.39 มิลลิเมตร, Y = 75.32 มิลลิเมตร, Z = -25.03 มิลลิเมตร หรือโหนด 14,093 โดยมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1.5

จากผลการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 แรงจะกระทำต่อใบล้อในแนวตั้งฉากและเป็นสภาวะที่ใบล้อรับแรงกระทำสูงสุด โดยพบว่าบริเวณปลายแหลมใบล้อแสดงผลเป็นสีแดงเกิดความเค้นสูงสุดของใบล้อ ผลดังกล่าวเกิดจากบริเวณปลายแหลมใบล้อเป็นส่วนที่รับแรงมากและเป็นบริเวณที่มีความแข็งแรงน้อยที่สุด เมื่อมีแรงกระทำสูงสุดบริเวณดังกล่าวจึงเกิดความเค้นสูงสุด และใบล้อเหล็กรถไถเดินตามสามารถทำงานในสภาวะ

ดังกล่าวได้โดยไม่เกิดความเสียหาย เพราะใบล้อมีค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นกับใบล้อต่ำกว่าค่าความเค้นจุดคราก ของใบล้อจึงทำให้ใบล้อไม่เกิดความเสียหาย



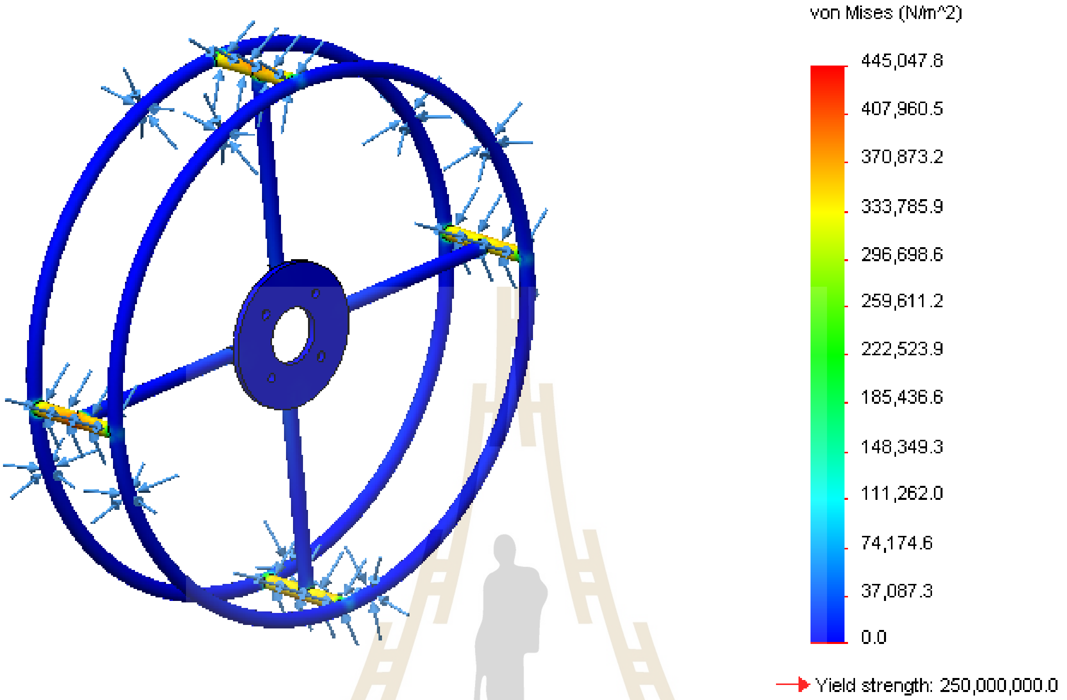
รูปที่ 4.4 แสดงผลของความเค้นที่เกิดขึ้นกับล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 จากการคำนวณด้วยโปรแกรม

4.1.5 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงล้อเหล็กรถไถเดินตาม

จากรูปที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับโครงล้อเหล็กรถไถเดินตาม จากการคำนวณด้วยโปรแกรม ใบล้อมีค่า ความเค้นจุดคราก 250 MPa ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกระทำบนใบล้อมีค่าเท่ากับ 0.445 MPa ความเค้นสูงสุดเหล่านี้เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง X = -343.29 มิลลิเมตร, Y = -5.43 มิลลิเมตร, Z =66.54 มิลลิเมตร หรือโหนดที่ 23,748 โดยมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 272

จากผลการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับโครงล้อเหล็กรถไถเดินตาม แรงจะกระทำต่อโครงล้อเป็นสภาวะที่โครงล้อรับแรงกระทำสูงสุด โดยพบว่าบริเวณขอบโครงล้อแสดงผลเป็นสีแดงเกิดความเค้นสูงสุดของโครงล้อ ผลดังกล่าวเกิดจากบริเวณขอบโครงล้อเป็นส่วนที่รับแรงสูงจึงทำให้บริเวณดังกล่าวเกิดความเค้นสูง และโครงล้อเหล็กรถไถเดินตามสามารถทำงานใน

สภาวะดังกล่าวได้โดยไม่เกิดความเสียหาย เพราะใบล้อมีค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นกับใบล้อต่ำกว่าค่า ความเค้นจุดคราก ของใบล้อจึงทำให้ใบล้อไม่เกิดความเสียหาย



รูปที่ 4.5 แสดงผลของความเค้นที่เกิดขึ้นกับโครงล้อเหล็กรถไถเดินตามจากการคำนวณด้วยโปรแกรม

จากผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ จะพบว่าเมื่อมีแรงกระทำกับใบล้อจะเกิดความเค้นสูงสุดตามจุดต่าง ๆ ของใบล้อที่มีความแตกต่างกันไป เนื่องจากรูปทรงของใบล้อในแบบต่าง ๆ มีความสามารถรับแรงและกระจายแรงได้แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นบนล้อ ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 มีความเค้นต่ำสุด 7.26 MPa ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 และใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ (20.91 98.3 และ162.77 MPa) โดยสาเหตุที่ทำให้ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 มีค่าความเค้นต่ำสุดเนื่องจากลักษณะการออกแบบใบล้อเป็นการนำแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้ามาประกบและเชื่อมติดเป็นเนื้อเดียวกันทำให้แรงที่กระทำบนใบล้อกระจายแรงได้ทั่วถึงบนพื้นที่ใบล้อ จึงทำให้เกิดความเค้นต่ำสุด ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 มีค่าความเค้นเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากลักษณะใบล้อเป็นเหล็กแผ่นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูสามแผ่นเชื่อมประกบกัน ปลายใบเฉียงทำมุมกับร่องไถ ทำให้มีพื้นที่ในการรับแรงน้อยกว่าใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 ความ

เค้นที่เกิดขึ้นจึงมีค่าสูงขึ้น ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 มีค่าความเค้นเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากลักษณะใบล้อเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าตรงกลางพับทำมุมเพื่อให้ใบล้อเฉียงทำมุมกับร่องไถ ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้บริเวณรอยพับเกิดความเสียหายและมีความเค้นเกิดขึ้นสูง ใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 มีค่าความเค้นสูงสุด เนื่องจากลักษณะใบล้อเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมสี่แผ่นเชื่อมประกบกันเป็นรูปตัว W และเชื่อมติดกับฐานใบล้อซึ่งเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังรูปที่ 4.4 เมื่อมีแรงไปกระทำต่อใบล้อ พื้นที่การเชื่อมติดระหว่างใบล้อและฐานใบล้อมีน้อย จึงทำให้ใบล้อมีความแข็งแรงลดลง จึงมีค่าความเค้นสูงสุด ดังนั้นจากการวิเคราะห์ความแข็งแรงของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ พบว่าใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 มีความแข็งแรงสูงจึงทำให้ในการทำงานล้อเหล็กรถไถเดินตามจะเกิดความเสียหายน้อยเนื่องจากมีการเชื่อมติดกันเป็นอย่างดีของแผ่นเหล็ก และใบล้อสามารถกระจายแรงได้ดีเมื่อมีแรงกระทำ

4.2 ผลการสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 0 เป็นล้อที่ใช้กันในปัจจุบันซึ่งเป็นล้อที่ติดมากับรถไถเดินตามในขณะแรกซื้อ ความกว้างของหน้าล้อมีขนาด 27 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร มุมใบล้อ 30 องศา ล้อเหล็กรถไถเดินตามหนัก 33 กิโลกรัม แสดงดังรูปที่ 4.6

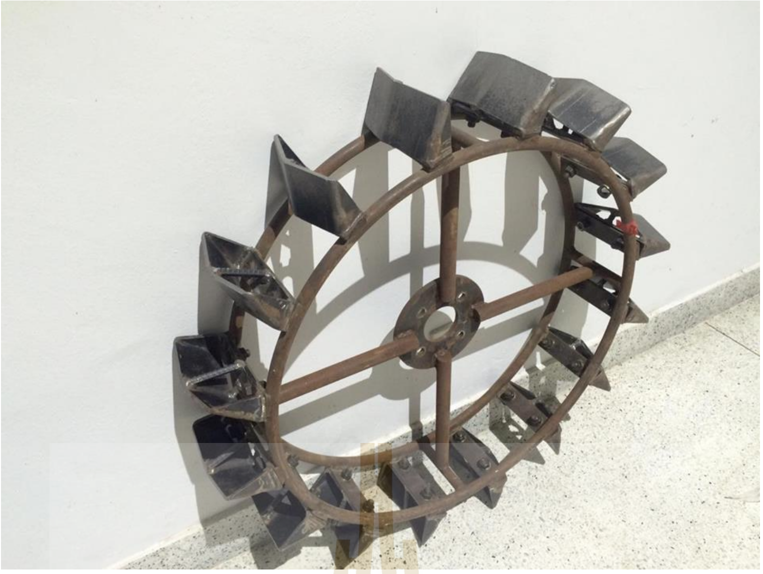
รูปที่ 4.6 ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 ความกว้างของหน้าล้อมีขนาด 16 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร มุมใบล้อ 30 องศา ล้อเหล็กรถไถเดินตามหนัก 57 กิโลกรัม ใบล้อสามารถถอดประกอบกับโครงล้อได้ ผลการออกแบบดังรูปที่ 4.7

รูปที่ 4.7 ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1

ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 กลางใบล้อจะทำมุมเฉียงกับพื้นที่สัมผัส 25 องศา เพื่อให้ใบล้อสัมผัสกับองศาร่องไถได้ดีขึ้น ความกว้างของหน้าล้อมีขนาด 16 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร ล้อเหล็กรถไถเดินตามหนัก 37 กิโลกรัม ใบล้อสามารถถอดประกอบกับโครงล้อได้ ผลการออกแบบดังรูปที่ 4.8

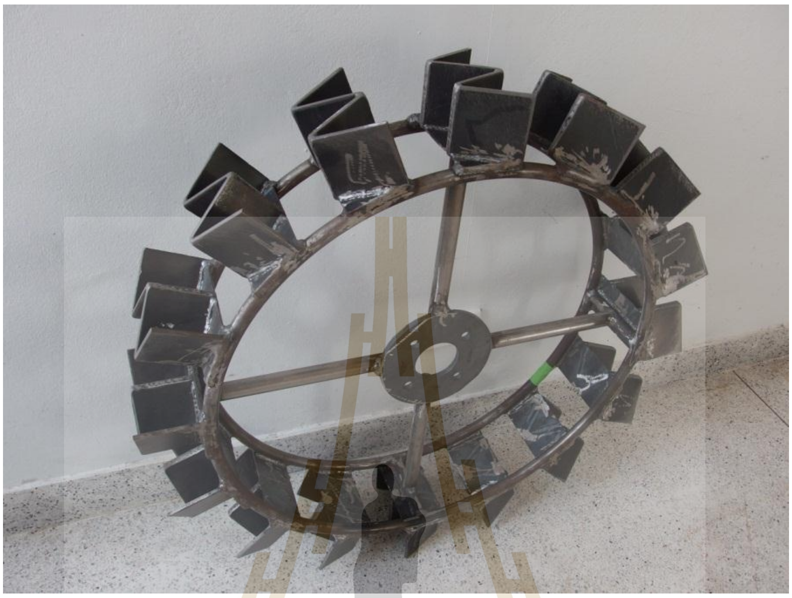


รูปที่ 4.8 ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2

ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 ใบล้อมีลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมคางหมู ขอบใบล้อทำมุมกับร่องไถ 25 องศา ความกว้างของหน้าล้อมีขนาด 16 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร ล้อเหล็กรถไถเดินตามหนัก 43 กิโลกรัม ผลการออกแบบดังรูปที่ 4.9

รูปที่ 4.9 ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3

ล้อรถไถเดินตามแบบที่ 4 ใบล้อมีรูปทรงคล้ายตัว W ปลายแหลมทำมุม 53 องศา ความกว้างของหน้าล้อ 16 เซนติเมตร ใบล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร ล้อเหล็กรถไถเดินตามหนัก 42 กิโลกรัม ผลการออกแบบดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ล้อรถไถเดินตามแบบที่ 4

4.3 ผลการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

การทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตาม โดยติดอุปกรณ์ต่อพ่วงไถจานในการทดสอบประกอบด้วย การทดสอบการลื่นไถลของล้อ การทดสอบแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ การทดสอบแรงต้านทานการหมุนของล้อ การทดสอบพลังงานที่สูญเสียของล้อ การทดสอบประสิทธิภาพการฉุดลากของล้อ การทดสอบแรงฉุดลากสูงสุดของล้อ การทดสอบเวลาในการทำงาน เวลาสูญเสียและเวลาทั้งหมดในการทำงาน และการทดสอบประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงาน เพื่อให้ทราบถึงสมรรถนะและประสิทธิภาพของล้อเหล็กรถไถเดินตามรูปแบบต่าง ๆ โดยทำการทดสอบในแปลงเกษตรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ประเภทของดินในการทดสอบ คือ Loamy Sand โดยใช้รถไถเดินตาม ยี่ห้อ คูโบต้า รุ่น NC PLUS ในการทดสอบ ผลการทดสอบแสดงในตางรางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 การทดสอบไถจานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

รายการ	ข้อมูล				
	ล้อ 0	ล้อ 1	ล้อ 2	ล้อ 3	ล้อ 4
การลื่นไถล (ร้อยละ)	27.13	18.7	17.01	15.92	18.99
ความเร็วในการทำงาน, V (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	2.42	2.76	2.76	2.83	2.79
ความลึกร่องไถ (เซนติเมตร)	15	15	15	16	15
แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ (นิวตัน)	2,007	1,864	1,580	1,435	1,301
แรงที่ใช้ในการดึงอุปกรณ์ตัดดิน, H (นิวตัน)	637	596	627	514	544
แรงต้านทานการหมุนของล้อ, R (นิวตัน)	1,370	1,268	953	921	757
ความเร็วของล้อเหล็ก, V_W (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	3.32	3.39	3.33	3.37	3.44
พลังงานที่สูญเสีย (วัตต์)	1,425	1,300	981	939	823
ประสิทธิภาพการฉุดลาก,T.E. (ร้อยละ)	23.13	26.00	32.93	30.12	33.87
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันทางปฏิบัติ (ลิตรต่อชั่วโมง)	4.881	4.692	4.750	4.538	3.895
พื้นที่ในการทดสอบ (ไร่)	0.323	0.323	0.323	0.323	0.323
เวลาในการทำงาน (นาที)	18.92	17.18	16.9	16.55	17.93
เวลาสูญเสีย (นาที)	3.43	3.34	2.59	2.58	3.25
เวลาทั้งหมด (นาที)	22.35	20.52	19.49	19.13	21.18
ความสามารถในการทำงาน(ไร่ต่อชั่วโมง)	0.87	0.94	0.99	1.01	0.92
ประสิทธิภาพในการทำงาน (ร้อยละ)	84.65	83.72	86.71	86.51	84.66

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

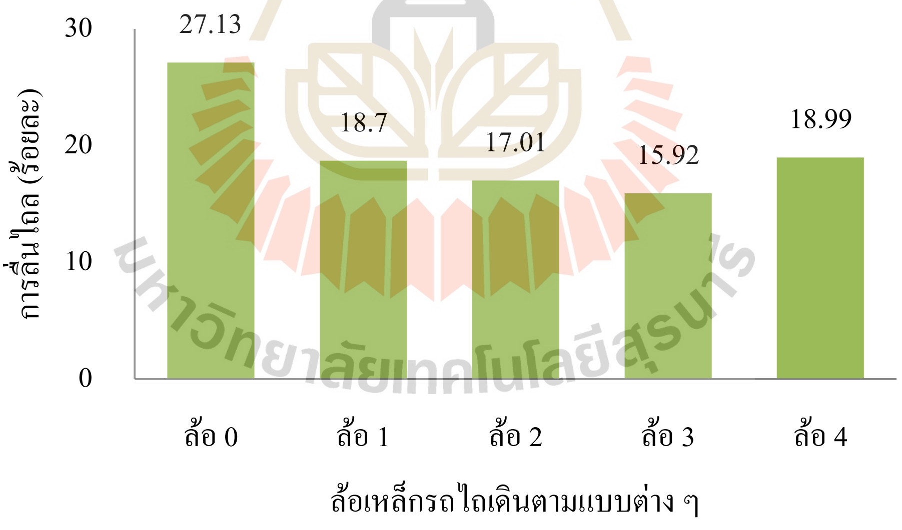
ตารางที่ 4.2 การทดสอบไถจานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ (ต่อ)

รายการ	ข้อมูล				
	ล้อ 0	ล้อ 1	ล้อ 2	ล้อ 3	ล้อ 4
ค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบที่ระยะผิวดิน (Mpa)	0	0	0	0	0
ค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบที่ระยะ 5 cm (Mpa)	0.14	0.12	0.307	0.14	0.27
ค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบที่ระยะ10 cm (Mpa)	1.1	0.64	2.22	0.64	1.55
ค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบที่ระยะ 15 cm (Mpa)	2.76	2.12	2.594	2.68	1.85
ค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบที่ระยะ 20 cm (Mpa)	3.05	1.87	2.802	2.68	1.93
ค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบที่ระยะผิวดิน (Mpa)	0	0	0	0	0
ค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบที่ระยะ 5 cm (Mpa)	0.07	0.14	0.06	0.06	0.1
ค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบที่ระยะ10 cm (Mpa)	0.28	0.47	0.76	0.31	0.81
ค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบที่ระยะ 15 cm (Mpa)	1.29	1.6	1.51	1.31	1.93
ค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบที่ระยะ 20 cm (Mpa)	1.85	2.24	1.74	2.64	2.43
ค่าแรงเฉือนของดินก่อนการทดสอบที่ระยะผิวดิน (kPa)	5	7.3	9	7.3	6
ค่าแรงเฉือนของดินหลังการทดสอบที่ระยะผิวดิน(kPa)	4.7	3.7	4.7	4.3	4.7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3.1 การลื่นไถล

การลื่นไถลของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.11 เมื่อพิจารณาจากรูปจะเห็นว่าการลื่นไถลของล้อ 0 จะมีค่าสูงสุด คือ ร้อยละ 27.13 รองลงมาคือล้อ 4 ล้อ 1 ล้อ 2 และล้อ 3 โดยมีค่าการลื่นไถลคือ ร้อยละ18.99, ร้อยละ18.70, ร้อยละ17.01 และร้อยละ15.92 ตามลำดับ เนื่องจากล้อ 0 มีขนาดความกว้างของหน้าล้อ กว้างกว่าล้อ 1 ล้อ 2 ล้อ 3 และล้อ 4 และมีพื้นที่ผิวสัมผัสของใบล้อสูง คือ 202.5 ตารางเซนติเมตร จึงทำให้ล้อ 0 เกิดแรงเสียดทานที่ล้อสูง การลื่นไถลจึงสูงตามไปด้วย ในส่วนของล้อ 4 เป็นล้อที่มีค่าการลื่นไถลสูงรองจากล้อ 0 เมื่อพิจารณาจากใบล้อจะเห็นว่ามีลักษณะคล้ายตัว W มีพื้นที่ผิวสัมผัสใบล้อสูงสุด คือ 272 ตารางเซนติเมตร ถึงแม้จะมีพื้นที่สัมผัสใบล้อสูงสุดแต่เมื่อทำการลดความกว้างของหน้าล้อลงทำให้การลื่นไถลของล้อลดลงตามไปด้วยแต่ก็ยังมีค่าที่สูงกว่า ล้อ 2 และล้อ 3 ในส่วนของล้อ 2 และล้อ 3 เป็นใบล้อที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสต่ำ คือ 121.22 ตารางเซนติเมตร และ 93.77 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าการลื่นไถลต่ำที่สุดคือ ล้อ 3 เนื่องจากมีความกว้างของหน้าล้อลดลงและมีพื้นที่ผิวสัมผัสของใบล้อต่ำจึงทำให้เกิดแรงเสียดทานที่ใบล้อต่ำ ค่าการลื่นไถลจึงลดต่ำลงตามไปด้วย ดังนั้นการลดความกว้างของหน้าล้อและพื้นที่ผิวสัมผัสของใบล้อลงสามารถลดค่าการลื่นไถลของล้อได้

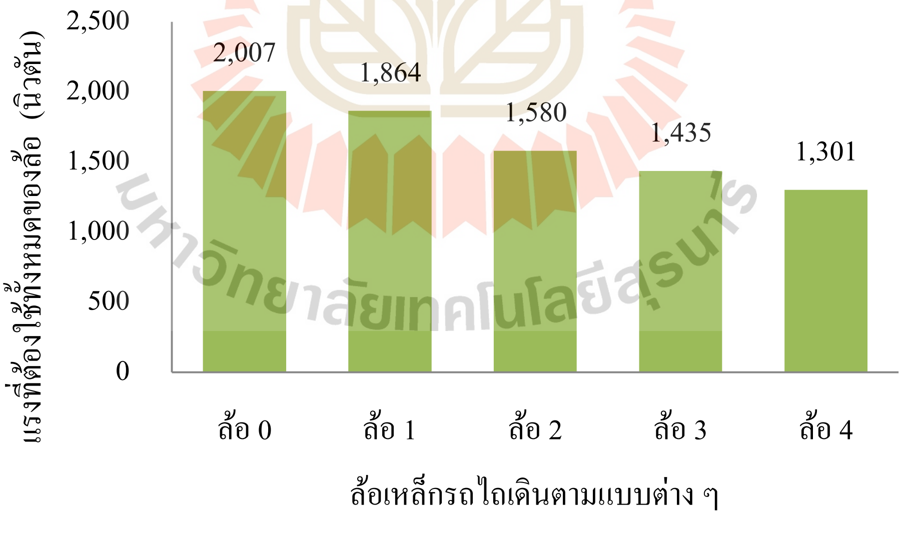


รูปที่ 4.11 แสดงการลื่นไถลของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

4.3.2 แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ

แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ คือแรงที่ล้อส่งให้กับพื้นผิวดิน และผลรวมแรงต้านทานการหมุนของล้อ แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.12 เมื่อพิจารณาจากรูปจะเห็นว่าแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ 0 มีค่าสูงสุด คือ 2,007 นิวตัน และที่

ล้อ 1 ล้อ 2 ล้อ 3 และล้อ 4 มีแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อลดลงคือ 1,864 นิวตัน, 1,580 นิวตัน, 1,435 นิวตัน และ1,301 นิวตัน ตามลำดับ จะเห็นว่า ล้อ 0 มีค่าแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ สูงสุด เมื่อพิจารณาจากลักษณะใบล้อจะเห็นว่าใบล้อมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความกว้างของหน้าล้อมาก ลักษณะใบล้อไม่มีความสัมพันธ์กับองศาร่องไถ จึงทำให้ขณะเคลื่อนที่เกิดแรงเสียดทานที่ล้อสูง จึงต้องใช้แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ สูงตามไปด้วย ล้อ 1 มีลักษณะใบล้อเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะเห็นว่าลักษณะใบล้อไม่มีความสัมพันธ์กับองศาร่องไถ แต่มีแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ ลดลง เนื่องจากทำการลดความกว้างของหน้าล้อลง จึงทำให้ใบล้อมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับดินน้อยเกิดแรงเสียดทานต่ำ จึงส่งผลให้ใช้แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ ของล้อต่ำลงตามไปด้วย ล้อ 2 มีการปรับเปลี่ยนลักษณะใบล้อให้มีความสัมพันธ์กับองศาร่องไถมากขึ้น โดยตรงกลางใบล้อพับทำมุมกับองศาร่องไถ ประกอบกับมีความกว้างของหน้าล้อลดลงจึงส่งผลให้การใช้แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ ลดลงตามไปด้วย ล้อ 3 มีรูปร่างใบล้อคล้ายสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน เมื่อใบล้อสัมผัสกับผิวดินจะตะกุยดินได้ดี ขอบใบล้อตัดทำมุมกับองศาร่องไถคือ 25 องศา จึงทำให้ล้อ 3 ใช้แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อลดน้อยลงตามไปด้วย ล้อ 4 แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ ต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาจากลักษณะใบล้อคล้ายตัว W ปลายใบล้อทำมุมแหลมช่วยในการตะกุยดินได้ดีขึ้น อีกทั้งมีความกว้างของหน้าล้อน้อยจึงใช้แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ ต่ำที่สุด

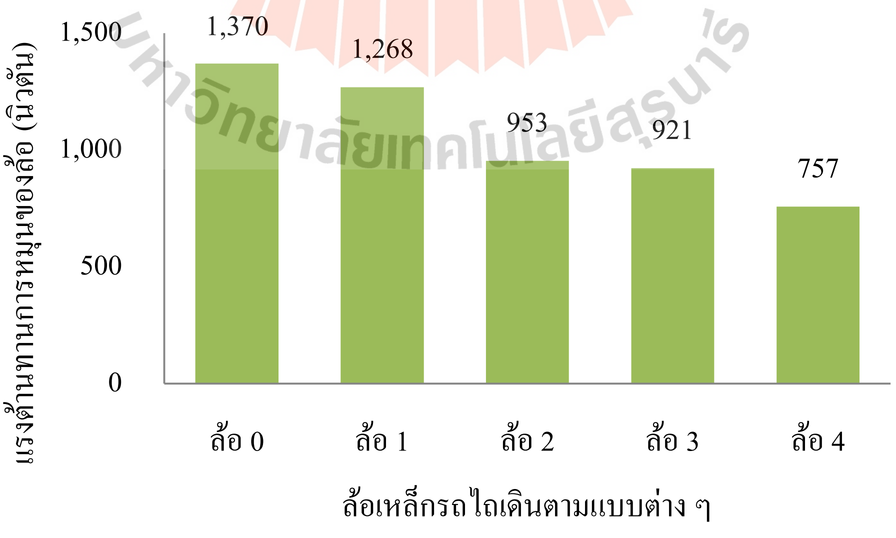


รูปที่ 4.12 แสดงแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ เหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

4.3.3 แรงต้านทานการหมุนของล้อ

แรงต้านทานการหมุนของล้อจะเป็นแรงที่มีทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของรถไถเดินตาม ซึ่งจะเกิดขึ้นบนพื้นผิวของดินที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง จะเห็นว่าแรงต้านทานการ

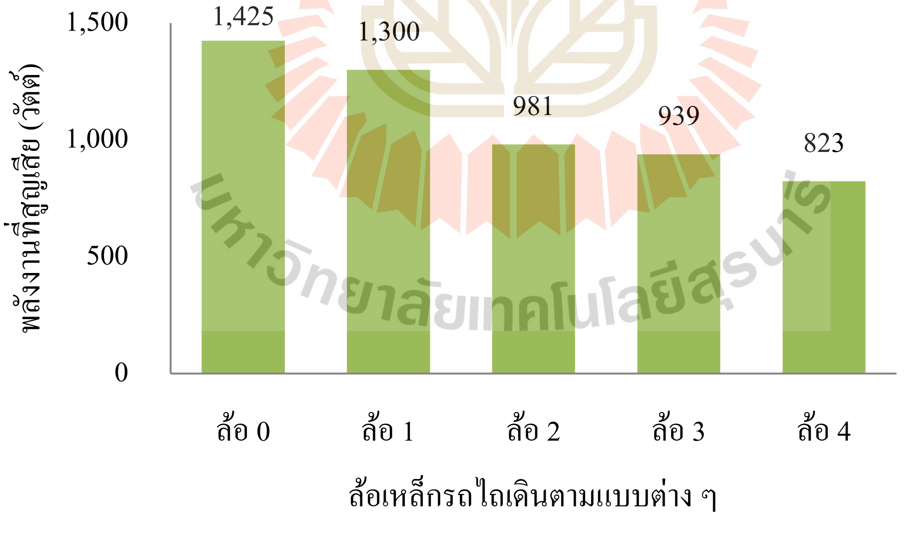
หมุนของล้อจะมีค่าแปรผันกับแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อเนื่องจากแรงต้านทานการหมุนของล้อจะพิจารณาให้อยู่ในรูปของอัตราการสูญเสียพลังงานไปสู่ดิน แรงต้านทานการหมุนของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.13 เมื่อพิจารณาจากรูปจะเห็นว่าแรงต้านทานการหมุนของล้อ 0 มีค่าสูงที่สุด คือ 1,370 นิวตัน เนื่องจากล้อมีความกว้างของหน้าล้อมาก ทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นดินสูง จึงเกิดแรงต้านทานการหมุนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในส่วนของล้อ 1 ล้อ 2 ล้อ 3 และล้อ 4 แรงต้านทานการหมุนของล้อลดลงคือ 1,268 นิวตัน, 953 นิวตัน, 921 นิวตัน, และ757 นิวตัน ตามลำดับ ล้อ 1 ใบล้อมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นการออกแบบเพื่อให้มีความแตกต่างกันในส่วนของความกว้างหน้าล้อเมื่อทำการลดความกว้างของใบล้อลงจะเห็นว่าสามารถลดแรงต้านทานการหมุนของล้อได้ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี ล้อ 2 และล้อ 3 ออกแบบเพื่อให้ใบล้อมีความสัมพันธ์กับร่องไถมากยิ่งขึ้น เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบพบว่า ล้อ 3 มีแรงต้านทานการหมุนของล้อต่ำกว่าล้อ 2 เนื่องจากล้อ 3 มีรูปร่างใบล้อคล้ายสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ขอบใบล้อตัดทำมุม 25 องศาเพื่อให้สัมพันธ์กับร่องไถ และบริเวณสันของใบล้อจะมีพื้นที่ช่วยในการตะกุยดิน จึงทำให้ล้อ 3 มีแรงต้านทานการหมุนของล้อต่ำ ล้อ 2 มีลักษณะใบล้อเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ตรงกลางพับทำมุมเพื่อให้สัมพันธ์กับองศาร่องไถที่ 25 องศา ปลายใบเป็นมุมป้านตะกุยดินได้น้อย ส่งผลให้ใช้แรงต้านทานการหมุนของล้อสูงกว่าล้อ 3 ในส่วนของล้อ 4 มีแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อที่ต่ำสุด เมื่อพิจารณาจากรูปแบบใบล้อจะเห็นว่าใบล้อมีลักษณะคล้ายตัว W ปลายของใบล้อจะเป็นมุมแหลม 2 มุม ช่วยในการตะกุยและเปิดหน้าดินทำให้ล้อเกิดการตะกุยดินที่ดี เกิดการจมตัวของล้อเหล็กลงไปในดินต่ำ ส่งผลให้รถไถเดินตามใช้แรงต้านทานการหมุนของล้อน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.13 แสดงแรงต้านทานการหมุนของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

4.3.4 พลังงานที่สูญเสีย

พลังงานที่สูญเสีย คือผลรวมของการสูญเสียความเร็วในการเคลื่อนที่และการสูญเสียแรงเนื่องจากการเปลี่ยนรูปร่างของดิน พลังงานที่สูญเสียของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.14 เมื่อพิจารณาที่ ล้อ 0 ซึ่งมีค่าพลังงานที่สูญเสียสูงสุดคือ 1,425 วัตต์ เนื่องจากล้อ 0 มีค่าแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อและแรงต้านทานการหมุนของล้อสูงสุด เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดินสูง จึงส่งผลให้เกิดพลังงานที่สูญเสียสูงตามไปด้วย ในส่วนของล้อ 1 ล้อ 2 ล้อ 3 และล้อ 4 มีค่าพลังงานที่สูญเสียลดลงตามลำดับ คือ 1,300 วัตต์, 981 วัตต์, 939 วัตต์, และ823 วัตต์ จะเห็นว่า ล้อ 4 มีค่าพลังงานที่สูญเสียต่ำที่สุด เนื่องจากการสูญเสียแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อและแรงต้านทานการหมุนมีค่าต่ำที่สุด เพราะว่าล้อสามารถเคลื่อนที่ได้ดีโดยที่ดินมีค่าการเปลี่ยนรูปร่างต่ำ จึงส่งผลให้ พลังงานที่สูญเสียของล้อ 4 ต่ำตามไปด้วย ล้อ 0 ขณะเคลื่อนตัวขณะไถใบล้อเฉือนดินจนเกิดการเปลี่ยนรูปร่างของดินมากเกินไป เกิดแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อและแรงต้านทานการหมุนของล้อสูงพลังงานที่สูญเสียจึงสูงตามไปด้วย ในล้อ 2 และ ล้อ 3 มีค่าพลังงานที่สูญเสียลดลงเพราะว่าใบล้อมีมุมองศาร่องไถ เมื่อเคลื่อนที่ขณะทำการไถดินจะเกิดการเปลี่ยนรูปต่ำลง แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อและแรงต้านทานการหมุนของล้อจึงลดต่ำลง ส่งผลให้พลังงานที่สูญเสียของล้อลดต่ำลงตามไปด้วย

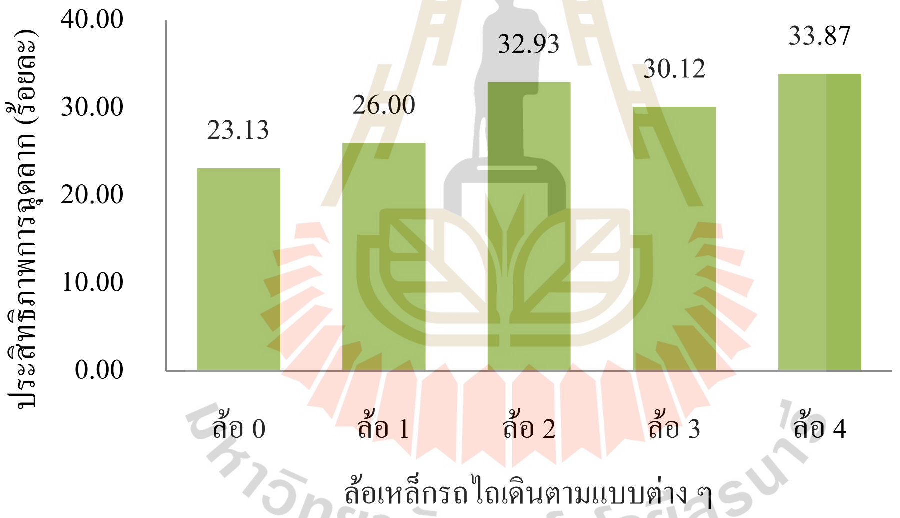


รูปที่ 4.14 แสดงพลังงานที่สูญเสียของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

4.3.5 ประสิทธิภาพการฉุดลาก

ประสิทธิภาพการฉุดลากของรถไถเดินตาม คืออัตราส่วนของกำลังงานที่ใช้ในการลากจูงต่อกำลังงานที่ป้อนจากล้อเหล็กรถไถเดินตาม ประสิทธิภาพการฉุดลากของล้อเหล็กรถไถ

เดินตามแบบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.15 พบว่าล้อ 4 มีประสิทธิภาพการฉุดลากสูงสุด คือ ร้อยละ 33.87 เนื่องจาก ล้อ 4 ใช้แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำ จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการฉุดลากสูงตามไปด้วย เมื่อพิจารณาแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำจะมีค่าต่ำสุด จากความกว้างของหน้าล้อที่ลดลง รูปร่างใบล้อสามารถตะกุยดินได้ดีขณะทำงาน จึงสามารถลดกำลังงานที่ป้อนจากล้อเหล็กรถไถเดินตามไปสู่ดินได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้นตามไปด้วย ล้อ 0 มีประสิทธิภาพการฉุดลากต่ำสุด เนื่องจากต้องใช้แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำสูงในการที่จะลากจูงอุปกรณ์ต่อพ่วง ส่งผลให้เกิดการสูญเสียกำลังงานที่ล้อมากเกินไปจึงทำให้ประสิทธิภาพในการฉุดลากต่ำสุด ล้อ 1 เมื่อทำการลดความกว้างของหน้าล้อลงทำให้ลดแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการฉุดลากเพิ่มสูงขึ้น ในส่วนล้อ 2 ล้อ 3 ใบล้อออกแบบให้สัมพันธ์กับองศาร่องไถทำให้ใบล้อตะกุยดินได้ดีแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำลง การสูญเสียกำลังงานน้อย ส่งผลให้ประสิทธิภาพการฉุดลากสูงตามไปด้วย

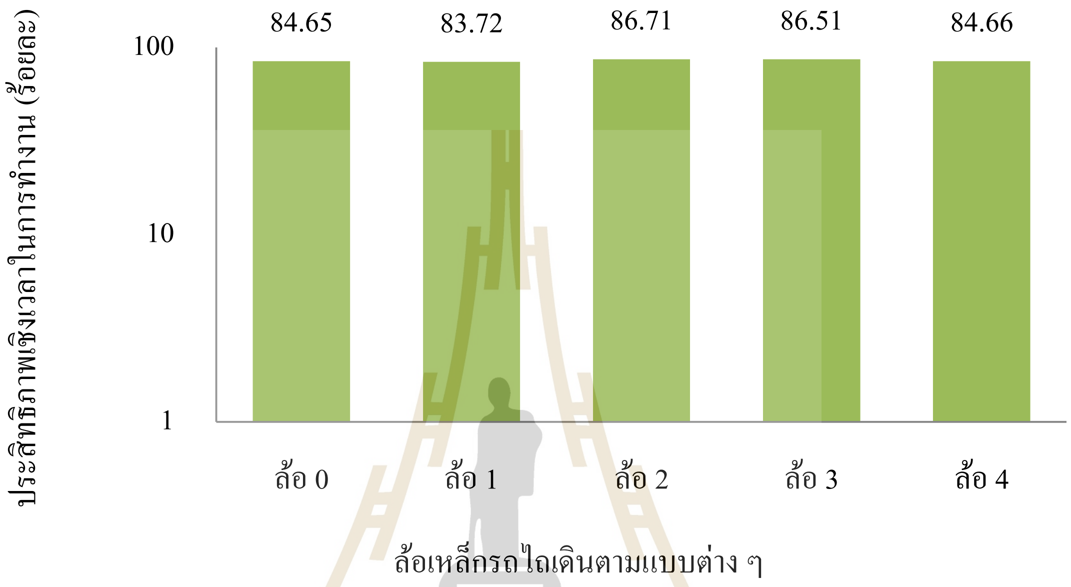


รูปที่ 4.15 แสดงประสิทธิภาพการฉุดลากของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

4.3.6 ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงาน

ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานของล้อเป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างเวลาที่สูญเสียและเวลาทั้งหมดในการทำงาน ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.16 พบว่าล้อ 2 มีประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานสูงสุดคือ ร้อยละ 86.71 ล้อ 3 ล้อ 4 ล้อ 0 และล้อ 2 มีประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานลดลงตามลำดับคือ ร้อยละ 86.51, ร้อยละ 84.66, ร้อยละ 84.65 และ ร้อยละ 83.72 เนื่องจากล้อ 2 ใช้เวลาทั้งหมดในการทำงานและมีเวลาในการสูญเสียต่ำ ขณะไถสามารถควบคุมการทำงานของรถไถเดินตามได้ดี การ

กลับหัวงานมีความคล่องตัว จึงทำให้ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานสูงขึ้นตามไปด้วย ในส่วนของล้อ 3 ล้อ 4 ล้อ 0 และล้อ 2 มีประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานลดลงเนื่องจากการควบคุมการทำงานของรถไถเดินตามทำได้ไม่สะดวก เกิดการสูญเสียเวลาในการทำงานสูง จึงทำให้ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานลดต่ำลงตามลำดับ

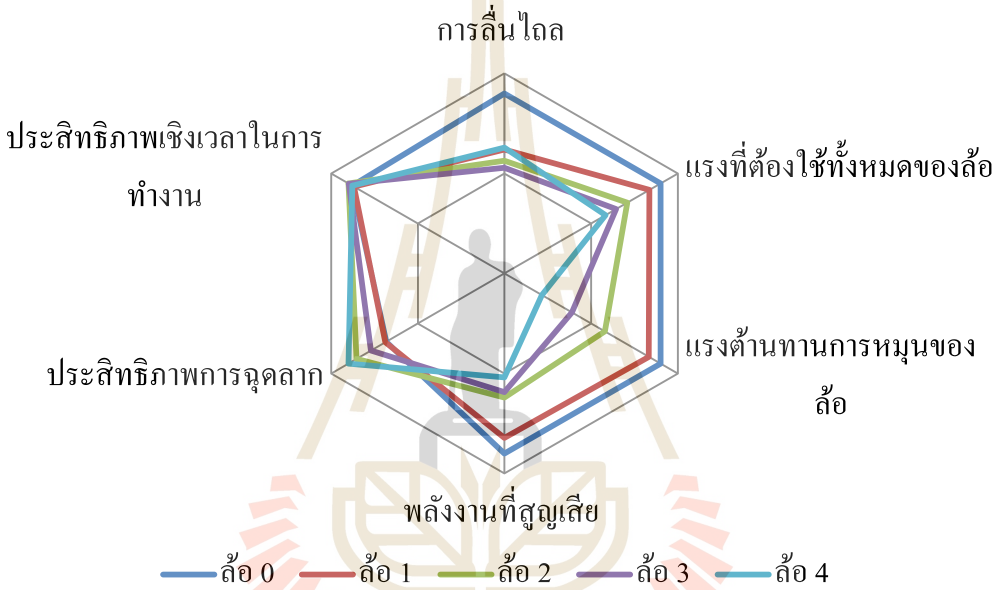


รูปที่ 4.16 แสดงประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

4.3.7 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ แรงต้านทานการหมุนของล้อ พลังงานที่สูญเสีย ประสิทธิภาพการฉุดลาก ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงาน และการลื่นไถล ที่เกิดขึ้นในล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.17 พบว่าล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 (ล้อ 4) สามารถลดแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำ แรงต้านทานการหมุนของล้อ และพลังงานที่สูญเสีย ให้มีค่าต่ำสุด ในด้านประสิทธิภาพการฉุดลากมีค่าสูงสุด ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 จึงเป็นล้อที่มีความเหมาะสมในด้านการลดแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อล้อ ลดพลังงานที่สูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพการฉุดลาก เนื่องจากการที่ล้อสามารถลดแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำ และแรงต้านทานการหมุนของล้อซึ่งเกิดจากลักษณะใบล้อสามารถเฉือนตัดดินได้ดีทำให้ล้อตะกุยดินได้ดีขึ้นจึงทำให้รถไถเดินตามไม่ทำงานหนักมากจนเกิดไป ยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรขึ้น ลดพลังงานที่สูญเสีย เพิ่มประสิทธิภาพการฉุดลาก และลดความเหนื่อยล้าของเกษตรลงได้ ในส่วนของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 (ล้อ 3) สามารถลดการลื่นไถลของล้อได้ต่ำสุด เนื่องจากล้อจิกลงไปในดินและเกิดการ

ตะกุยดินได้ดีทำให้รถไถเดินตามมีความคล่องตัวสูง ค่าการลื่นไถลจึงลดลง ในด้านประสิทธิภาพในการทำงาน แต่ละล้อมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 (ล้อ 2) และล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 มีค่าประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานสูงสุด เนื่องจากในพื้นที่ทำงานที่มีขนาดเท่ากันเมื่อใช้ล้อดังกล่าวในการขับเคลื่อนรถไถเดินตามจะใช้เวลาทั้งหมดในการทำงานและมีเวลาสูญเสียน้อยลง รถไถเดินตามทำงานได้เร็วขึ้นลดความเหนื่อยล้าของเกษตรกรลง ในการเลือกใช้งานล้อเหล็กรถไถเดินตามควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ ในการทำงานเพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 4.17 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำ แรงต้านทานการหมุนของล้อ พลังงานที่สูญเสีย ประสิทธิภาพการฉุดลาก ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงาน และการลื่นไถล ที่เกิดขึ้นในล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างของแรงต้านทานการหมุน พลังงานที่สูญเสียและประสิทธิภาพการฉุดลากที่ได้จากการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ โดยต่อพ่วงไถจานในการไถเตรียมดิน จะทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในระหว่างการทดสอบ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติแรงต้านทานการหมุน พลังงานที่สูญเสีย และประสิทธิภาพการฉุดลากของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

ล้อ	แรงต้านทานการหมุน	พลังงานที่สูญเสีย	ประสิทธิภาพการฉุดลาก
0	1,370±1.00[d]	1,425±1.00[d]	23.13±0.01[a]
1	1,268±1.00[c]	1,300±1.00[c]	26.00±1.00[b]
2	953±1.00[b]	981±1.00[b]	32.93±0.01[d]
3	921±1.00[b]	939±1.00[b]	30.12±0.01[c]
4	757±1.00[a]	823±1.00[a]	33.87±0.01[e]

a-e Different letters in the same column indicate significant differences (p‹0.05)

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าแรงต้านทานการหมุนของล้อ และค่าพลังงานที่สูญเสีย ล้อ 2 และล้อ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการฉุดลากทุกล้อมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในด้านการวิเคราะห์ทางสถิติ ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 จึงเป็นล้อที่มีความเหมาะสมในการลดแรงต้านทานการหมุน ลดพลังงานที่สูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพในการฉุดลาก เมื่อใช้งานในการไถเตรียมดิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการหาแบบเหมาะสมของล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่โดยมีแนวคิดจากความต้องการลดความยากลำบากของเกษตรกรขณะใช้งานรถไถเดินตาม เกษตรกรมีความคล่องตัวในการทำงานมากยิ่งขึ้น โดยทำการออกแบบและพัฒนาล้อเหล็กรถไถเดินตามเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการทำงานในสภาพไร่

โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบและพัฒนาล้อเหล็กรถไถเดินตามเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการออกแบบและสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตามเพื่อหาแบบที่เหมาะสมต่อไป โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

จากการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบและพัฒนาล้อเหล็กรถไถเดินตามพบว่า ขณะทำการไถด้วยเครื่องมือเตรียมดินไถจานจะเกิดองศาร่องไถที่ 15 – 25 องศา รูปร่างของใบล้อจะต้องมีส่วนสัมพันธ์กับร่องไถเพื่อทำให้ล้อเคลื่อนที่มีเสถียรภาพ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อเหล็กรถไถเดินตามที่มีความเหมาะสมในการทำงานในประเทศส่วนใหญ่มีค่าอยู่ที่ประมาณ 80 เซนติเมตร และความกว้างของหน้าล้อแคบมีความเป็นไปได้ที่จะให้ค่าแรงต้านทานการหมุนของล้อต่ำ (Rolling Resistance Force) และจากการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้น โดยการไถเตรียมดินด้วยไถจานพบว่า ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 มีรูปทรงคล้ายตัว W ปลายแหลมทำมุม 53 องศา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร พื้นที่ใบล้อ 272 ตารางเซนติเมตร มีแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำสุดที่ 1,301 นิวตัน แรงต้านทานการหมุนของล้อต่ำสุดที่ 757 นิวตัน พลังงานที่สูญเสียของล้อต่ำสุดที่ 823 วัตต์ ประสิทธิภาพการฉุดลากสูงสุดที่ ร้อยละ 33.87 จากผลการทดสอบดังกล่าวล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 จึงเป็นล้อที่มีความเหมาะสมในการทำงานในสภาพไร่ เนื่องจากสามารถลดแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อล้อเหล็กรถไถเดินตาม และในขณะทำงานสามารถลดความยากลำบากในการทำงาน มีความคล่องตัวในการไถเตรียมดินมากยิ่งขึ้น

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ พบว่า ค่าแรงต้านทานการหมุนของล้อ และค่าพลังงานที่สูญเสีย ล้อ 2 และล้อ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการฉุดลากทุกล้อมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผู้วิจัยจึงได้ข้อสรุปว่า หากเป็นไปได้เกษตรกรควรจะเลือกใช้ล้อ

เหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 ในการไถเตรียมดินในพื้นที่สภาพไร่ เนื่องจากใช้แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำ พลังงานที่สูญเสียลดลง สามารถทำงานได้คล่องตัวมากยิ่งขึ้น ลดความเหนื่อยล้าของเกษตรกรลง เกษตรกรสามารถทำงานได้นานขึ้น ล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 จึงมีความเหมาะสมในการทำงานในสภาพไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นและที่มีใช้งานกันทั่วไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนาล้อเหล็กรถไถเดินตามให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่สภาพไร่ที่หลากหลายมากขึ้น

2. ควรทำการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามกับอุปกรณ์ต่อพ่วงชนิดต่าง ๆ เพื่อให้ทราบถึงสมรรถนะและประสิทธิภาพในการทำงานของล้อเหล็กรถไถเดินตามที่ได้ทำการออกแบบไว้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

คงเดช พะสีนาม (2558). การวิเคราะห์และปรับปรุงโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยโดยใช้แบบจำลอง. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ชาญชัย โรจนสโรช, ทวิช จิตรสมบูรณ์ และวิทิตย์ แสนขวา. (2552). **รายงานการวิจัยเรื่อง เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบติดรถไถเดินตาม.** สำนักงานส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ธัญญา นิยมาภา. (2558). **ดินในทางวิศวกรรมเกษตรและการประยุกต์เครื่องจักรกลเกษตรไถพรวนดินใช้เพลาอำนวยกำลังขับ.** เอกสารประกอบการสอน. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

พยุงศักดิ์ จุลยุเสน. (2552). **การออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร**. เอกสารประกอบการสอน. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

มานะศักดิ์ ทิพย์ภูจอม และสามารถ บุญอาจ. (2555). การประเมินกำลังเครื่องยนต์ของรถไถเดินตามเพื่อใช้งานกับเครื่องขุดมันสำปะหลัง. ใน **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13** (หน้า 322-329). เชียงใหม่:สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย และกรมส่งเสริมการเกษตร.

มานะศักดิ์ ทิพย์ภูจอม และสามารถ บุญอาจ. (2557). การออกแบบล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในไร่มันสำปะหลัง. ใน **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15** (หน้า 421-425). พระนครศรีอยุธยา:สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย และกรมส่งเสริมการเกษตร.

วินิต ชินสุวรรณ (2530). **เครื่องจักรกลเกษตรและการจัดการเบื้องต้น.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สามารถ บุญอาจ. (2543). การออกแบบและพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังแบบติดพ่วงกับรถแทรกเตอร์. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สามารถ บุญอาจ (2557). **รายงานวิจัยเรื่อง การทดสอบแรงฉุดลากของรถไถเดินตามที่ใช้ล้อเหล็กและล้อยางสำหรับการทำงานในไร่มันสำปะหลัง**. สำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช.).

สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์. (2539). **วิศวกรรมรถไถเดินตาม.** พิมพ์ครั้งที่ 3. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2535). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไถหัวหมูแบบติดรถไถเดินตาม. มอก. 1126-2535. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2539). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหน้าแปลนล้อสำหรับรถแทรกเตอร์เดินตาม. มอก. 783-2539. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2539). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรถแทรกเตอร์เดินตาม. มอก. 1350-2539. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2544). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไถกระทะพ่วงแทรกเตอร์เดินตาม. มอก. 1397-2540. กรุงเทพฯ.

เสรี วงส์พิเชษฐ. (2551). **รายงานวิจัยเรื่อง การวิจัยและพัฒนาเครื่องขุดมันสำปะหลังโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลัง.** ศูนย์นวัฒกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว.

ศิริชัย เหล่าเลิศวรกุล (2545). ทดสอบและพัฒนาเครื่องมือไถจอบหมุนติดรถไถเดินตามสำหรับการเตรียมดินปลูกหอมแดงในจังหวัดศรีษะเกษ. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนุตร จำลองกุล. (2551). **ทฤษฎีของระบบดิน-เครื่องจักรกล**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ASAE. (2009). **Advances in soil dynamics Vol. 3**. Michigan, USA: American Society of Agricultural Engineers.

Hermawan, W., Yamazaki, M. and Oida, A. (1998). Design and Traction Performance of the Movable Lug Wheel. **Journal of Terramechanics, Vol. 35**:159-177

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

McKyes, E. (1985). **Soil Cutting and Tillage**. New York: Elsevier Science Publishing Company, Inc.

McKyes, E. (1989). **Agricultural Engineering Soil Mechanics.** New York: Science Publishing Company, Inc.

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวกที่ ก.1 ความเร็วในการทำงานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ วัดที่ระยะ 10 m

ลำดับที่	ล้อ 0 (sec)	ล้อ 1 (sec)	ล้อ 2 (sec)	ล้อ 3 (sec)	ล้อ 4 (sec)
1	15.37	11.89	12.1	12.95	12.36
2	12.72	13.35	13.39	12.88	12.97
3	17.09	13.17	12.83	13.26	12.98
4	12.81	12.57	13.03	12.66	13.09
5	13.25	12.4	12.1	12.58	12.58
6	12.72	12.41	14.17	12.23	13.49
7	18.39	13.47	12.12	12.08	13.5
8	13.88	14.68	14.28	12.63	12.28
9	17.62	13.9	13.04	12.82	12.47
10	14.79	12.77	13.18	12.98	13.34
เฉลี่ย	14.86	13.06	13.02	12.71	12.91

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวกที่ ก.2 ความลึกร่องไถของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

ลำดับที่	ล้อ 0 (cm)	ล้อ 1 (cm)	ล้อ 2 (cm)	ล้อ 3 (cm)	ล้อ 4 (cm)
1	13	16	13	15	14
2	16	17	17	14	14
3	16	14	14	13	14
4	17	13	15	14	14
5	14	17	15	18	15
6	16	18	14	14	14
7	15	13	14	14	16
8	12	13	14	14	15
9	16	17	12	13	12
10	16	14	14	16	15
11	17	14	13	15	16
12	16	15	16	17	14
13	16	17	14	17	16
14	14	15	15	17	15
15	15	12	15	16	15
16	15	15	16	17	15
17	14	13	17	18	13
18	15	13	12	18	12
19	16	15	16	16	13
20	16	14	16	16	13
เฉลี่ย	15	15	15	16	15

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวกที่ ก.3 การลื่นไถลในการทำงานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ ที่ 5 รอบล้อ

ลำดับที่	ล้อ 0 (m)	ล้อ 1 (m)	ล้อ 2 (m)	ล้อ 3 (m)	ล้อ 4 (m)
1	6.55	12.24	12.19	12.14	10.4
2	10.17	11.7	11.35	11.15	10.8
3	11.83	11.45	11.65	11.28	10.15
4	8.65	11.67	11.4	11.12	12.12
5	11.2	11.7	10.9	11.4	11.54
6	11.02	11.66	10.6	12.32	10.64
7	10.87	10.75	11.52	11.24	12.16
8	11.48	9.1	11.21	11.65	10.78
9	9.17	9.65	11.63	11.25	11.43
10	8.68	11.22	11	11.39	10.72
เฉลี่ย	9.96	11.11	11.35	11.49	11.07
% Slip	27.13	18.70	17.01	15.92	18.99

ตารางผนวกที่ ก.4 เวลาต่าง ๆ ในการทำงานของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

รายการ	ล้อ 0	ล้อ 1	ล้อ 2	ล้อ 3	ล้อ 4
เวลาทั้งหมดในการทำงาน (min.)	22.35	20.52	19.49	19.13	21.18
เวลาที่สูญเสีย (min.)	3.43	3.34	2.59	2.58	3.25
เวลาในการทำงาน (min.)	18.92	17.18	16.9	16.55	17.93

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวกที่ ก.5 เครื่องยนต์ต้นกำลังในการทดสอบของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

รายการ	ล้อ 0	ล้อ 1	ล้อ 2	ล้อ 3	ล้อ 4
ยี่ห้อ	คูโบต้า	คูโบต้า	คูโบต้า	คูโบต้า	คูโบต้า
เครื่องหมายเลขการค้า/รุ่น	NC PLUS	NC PLUS	NC PLUS	NC PLUS	NC PLUS
จำนวนเกียร์ถอยหลัง	1	1	1	1	1
จำนวนเกียร์เดินหน้า	3	3	3	3	3
กำลังของเครื่องยนต์	14	14	14	14	14
เกียร์ที่ใช้ในการทดสอบ	1	1	1	1	1
ความเร็วรอบ	1273	1279	1274	1276	1273

ตารางผนวกที่ ก.6 การวัดค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบไถจานล้อที่ 0

ระยะ (cm)	ครั้งที่ 1 (kg)	ครั้งที่ 2 (kg)	ครั้งที่ 3 (kg)	เฉลี่ย	Mpa
0	0	0	0	0	0
5	2	4	4	3.3	0.14
10	8	24	24	18.7	1.10
15	36	50	50	45.3	2.76
20	50	50	50	50.0	3.05

ตารางผนวกที่ ก.7 การวัดค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบไถจานล้อที่ 1

ระยะ (cm)	ครั้งที่ 1 (kg)	ครั้งที่ 2 (kg)	ครั้งที่ 3 (kg)	เฉลี่ย	Mpa
0	0	0	0	0	0
5	5	0	4	3.00	0.12
10	10	6	18	11.33	0.64
15	15	40	50	35.00	2.12
20	20	42		31.00	1.87

ตารางผนวกที่ ก.8 การวัดค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบไถจานล้อที่ 2

ระยะ (cm)	ครั้งที่ 1 (kg)	ครั้งที่ 2 (kg)	ครั้งที่ 3 (kg)	เฉลี่ย	Mpa
0	0	0	0	0	0
5	8	4	6	6.00	0.307
10	32	42	36	36.67	2.220
15	42	50	36	42.67	2.594
20	50		42	46.00	2.802

ตารางผนวกที่ ก.9 การวัดค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบไถจานล้อที่ 3

ระยะ (cm)	ครั้งที่ 1 (kg)	ครั้งที่ 2 (kg)	ครั้งที่ 3 (kg)	เฉลี่ย	Mpa
0	0	0	0	0.00	0.00
5	2	4	4	3.33	0.14
10	8	14	12	11.33	0.64
15	44	44	44	44.00	2.68
20	44	44	44	44.00	2.68

ตารางผนวกที่ ก.10 การวัดค่าความแข็งของดินก่อนการทดสอบไถจานล้อที่ 4

ระยะ (cm)	ครั้งที่ 1 (kg)	ครั้งที่ 2 (kg)	ครั้งที่ 3 (kg)	เฉลี่ย	Mpa
0	0	0	0	0.00	0.00
5	2	10	4	5.33	0.27
10	28	32	18	26.00	1.55
15	30	30	32	30.67	1.85
20	32	32	32	32.00	1.93

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวกที่ ก.11 การวัดค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบไถจานล้อที่ 0

ระยะ (cm)	ครั้งที่ 1 (kg)	ครั้งที่ 2 (kg)	ครั้งที่ 3 (kg)	เฉลี่ย	Mpa
0	0	0	0	0	0
5	2	2	0	2.3	0.07
10	4	4	4	5.5	0.28
15	50	10	12	21.8	1.29
20		26	46	30.7	1.85

ตารางผนวกที่ ก.12 การวัดค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบไถจานล้อที่ 1

ระยะ (cm)	ครั้งที่ 1 (kg)	ครั้งที่ 2 (kg)	ครั้งที่ 3 (kg)	เฉลี่ย	Mpa
0	0	0	0	0	0
5	2	4	4	3.33	0.14
10	4	6	16	8.67	0.47
15	12	18	50	26.67	1.60
20	40	34		37.00	2.24

ตารางผนวกที่ ก.13 การวัดค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบไถจานล้อที่ 2

ระยะ (cm)	ครั้งที่ 1 (kg)	ครั้งที่ 2 (kg)	ครั้งที่ 3 (kg)	เฉลี่ย	Mpa
0	0	0	0	0	0
5	2	2	2	2.00	0.06
10	34	2	4	13.33	0.76
15	50	12	14	25.33	1.51
20		18	40	29.00	1.74

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวกที่ ก.14 การวัดค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบไถจานล้อที่ 3

ระยะ (cm)	ครั้งที่ 1 (kg)	ครั้งที่ 2 (kg)	ครั้งที่ 3 (kg)	เฉลี่ย	Mpa
0	0	0	0	0.00	0.00
5	2	2	2	2.00	0.06
10	4	10	4	6.00	0.31
15	8	44	14	22.00	1.31
20	30	50	50	43.33	2.64

ตารางผนวกที่ ก.15 การวัดค่าความแข็งของดินหลังการทดสอบไถจานล้อที่ 4

ระยะ (cm)	ครั้งที่ 1 (kg)	ครั้งที่ 2 (kg)	ครั้งที่ 3 (kg)	เฉลี่ย	Mpa
0	0	0	0	0.00	0.00
5	2	4	2	2.67	0.10
10	24	10	8	14.00	0.81
15	38	18	40	32.00	1.93
20	42	28	50	40.00	2.43

ตารางผนวกที่ ก.16 การวัดค่าแรงเฉือนของดินก่อนการทดสอบไถจานที่ระยะผิวดินของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

ล้อที่	ครั้งที่ 1 (kpa)	ครั้งที่ 2 (kpa)	ครั้งที่ 3 (kpa)	เฉลี่ย (kpa)	ล้อที่
0	2	8	5	5.0	0
1	9	2	11	7.3	1
2	11	6	10	9.0	2
3	2	8	12	7.3	3
4	9	6	3	6.0	4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวกที่ ก.17 การวัดค่าแรงเฉือนของดินหลังการทดสอบไถจานที่ระยะผิวดินของล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ

ล้อที่	ครั้งที่ 1 (kpa)	ครั้งที่ 2 (kpa)	ครั้งที่ 3 (kpa)	เฉลี่ย (kpa)	ล้อที่
0	2	4	8	4.7	2
1	4	3	4	3.7	4
2	4	5	5	4.7	4
3	3	4	6	4.3	3
4	2	7	5	4.7	2

ตารางผนวกที่ ก.18 ปริมาณน้ำในดิน

ตัวอย่างที่	1	2	3
กระป๋องอบดินหมายเลข	12	8	13
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น (กรัม)	68.19	70.58	71.58
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	67.06	69.45	70.36
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	1.13	1.13	1.22
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	15.11	11.13	10.95
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	51.95	58.32	59.41
ปริมาณของน้ำในดิน (ร้อยละ)	2.18	1.94	2.05
ค่าเฉลี่ยปริมาณของน้ำในดิน (ร้อยละ)		2.06	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข1. การหาความเร็วของล้อรถแทรกเตอร์

ใช้ตัวอย่างการคำนวณหาความเร็วของล้อจากผลการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 (ตารางผนวกที่ 3)

$$V_W = \frac{V}{(1-S)}$$

$$V_W = \frac{0.775}{(1-0.1899)}$$

$$V_W = 0.957 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

ข2. การหาพลังงานที่สูญเสีย

ใช้ตัวอย่างการคำนวณหาพลังงานที่สูญเสียของล้อจากผลการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4

พลังงานที่สูญเสีย = $(H_t V_W) - (H V)$

พลังงานที่สูญเสีย = (1,301 X 0.957) – (544 X 0.775)

พลังงานที่สูญเสีย = 823 วัตต์

ข3. การหาประสิทธิภาพการฉุดลาก

ใช้ตัวอย่างการคำนวณหาประสิทธิภาพการฉุดลากของล้อจากผลการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4

$$\text{ประสิทธิภาพการฉุดลาก} = \frac{H V}{H_t V_W} x100$$

$$\text{ประสิทธิภาพการฉุดลาก} = \frac{544 \times 0.775}{1,301 \times 0.957} x100$$

ประสิทธิภาพการฉุดลาก = ร้อยละ 33.86

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข4. การหาความสามารถในการทำงาน

ใช้ตัวอย่างการคำนวณหาความสามารถในการทำงานล้อจากผลการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 (ตารางผนวกที่ 4)

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

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = \frac{0.323\ \text{ไร่} \times 60\ \text{นาที}}{21.18\ \text{นาที} \times 1\ \text{ชั่วโมง}}$$

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = 0.915\ \text{ไร่ต่อชั่วโมง}$$

ข5. การหาประสิทธิภาพในการทำงาน

ใช้ตัวอย่างการคำนวณหาประสิทธิภาพในการทำงานล้อจากผลการทดสอบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 (ตารางผนวกที่ 4)

$$\text{ประสิทธิภาพในการทำงาน} = \frac{\text{เวลาทั้งหมด} - \text{เวลาสูญเสีย}}{\text{เวลาทั้งหมด}} \text{x}100$$

$$\text{ประสิทธิภาพในการทำงาน} = \frac{21.18 - 3.25\ \text{นาที}}{21.18\ \text{นาที}} \times 100$$

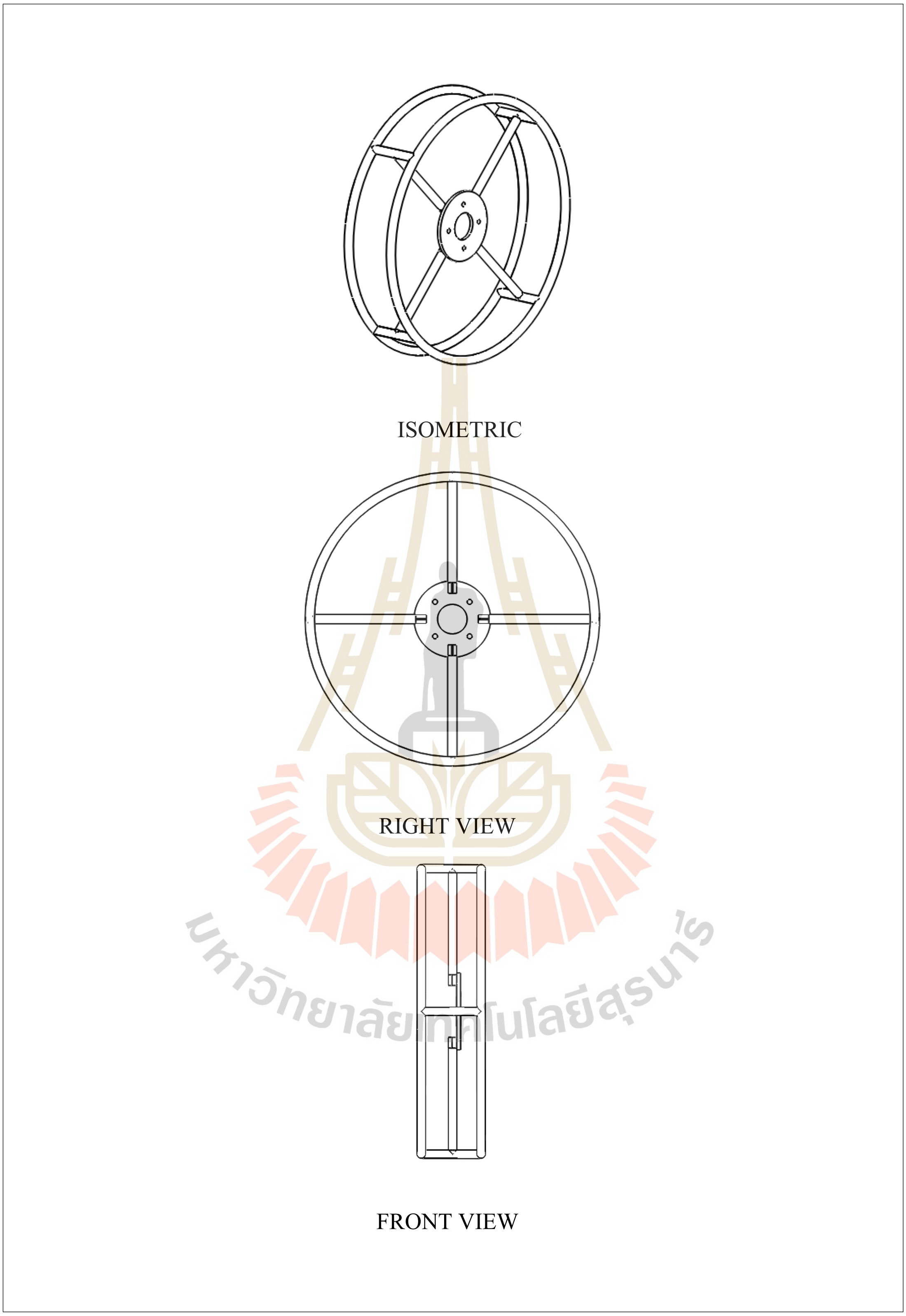
$$\text{ประสิทธิภาพในการทำงาน} = \text{ร้อยละ } 84.65$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

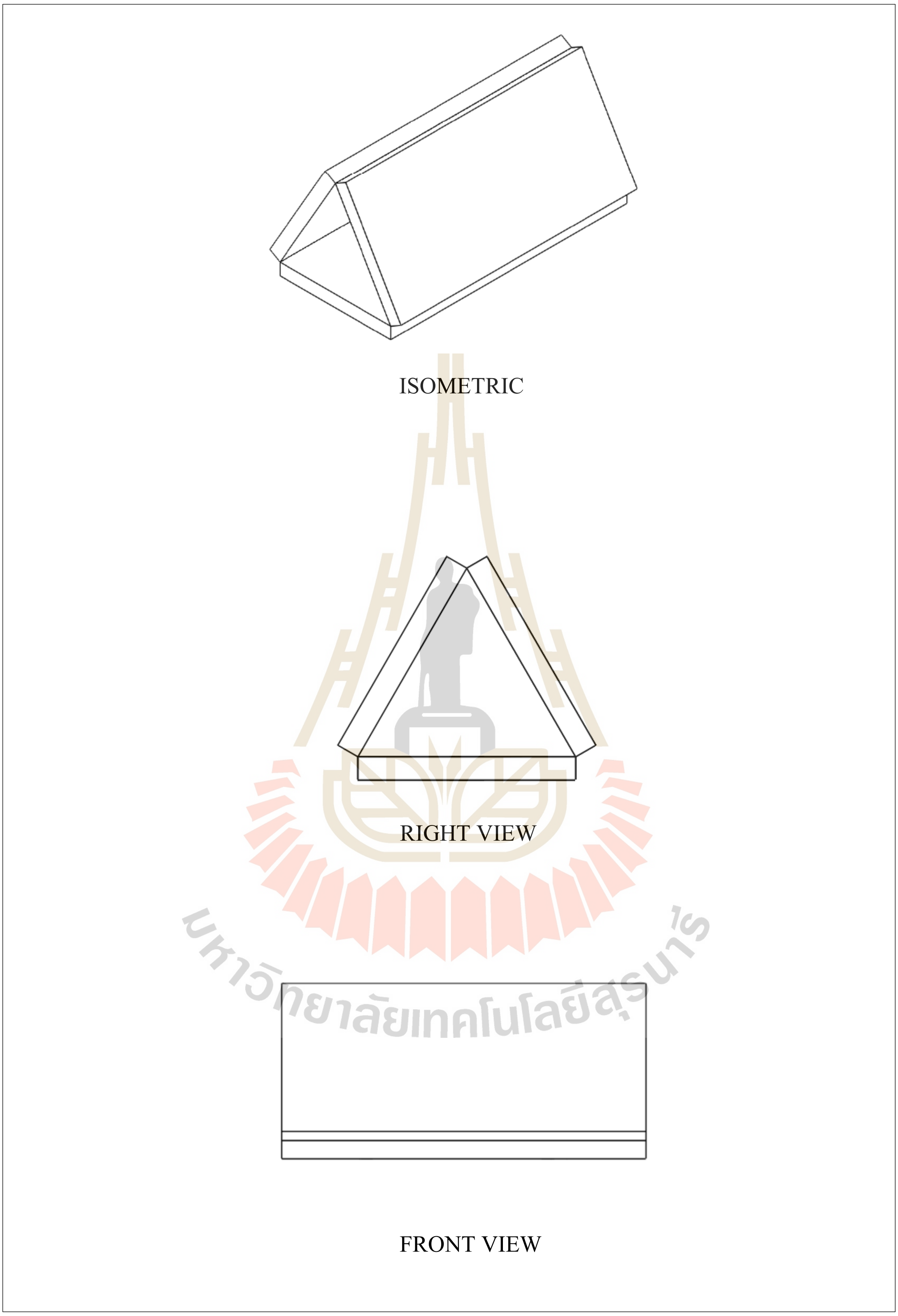
แบบล้อรถไถเดินตาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



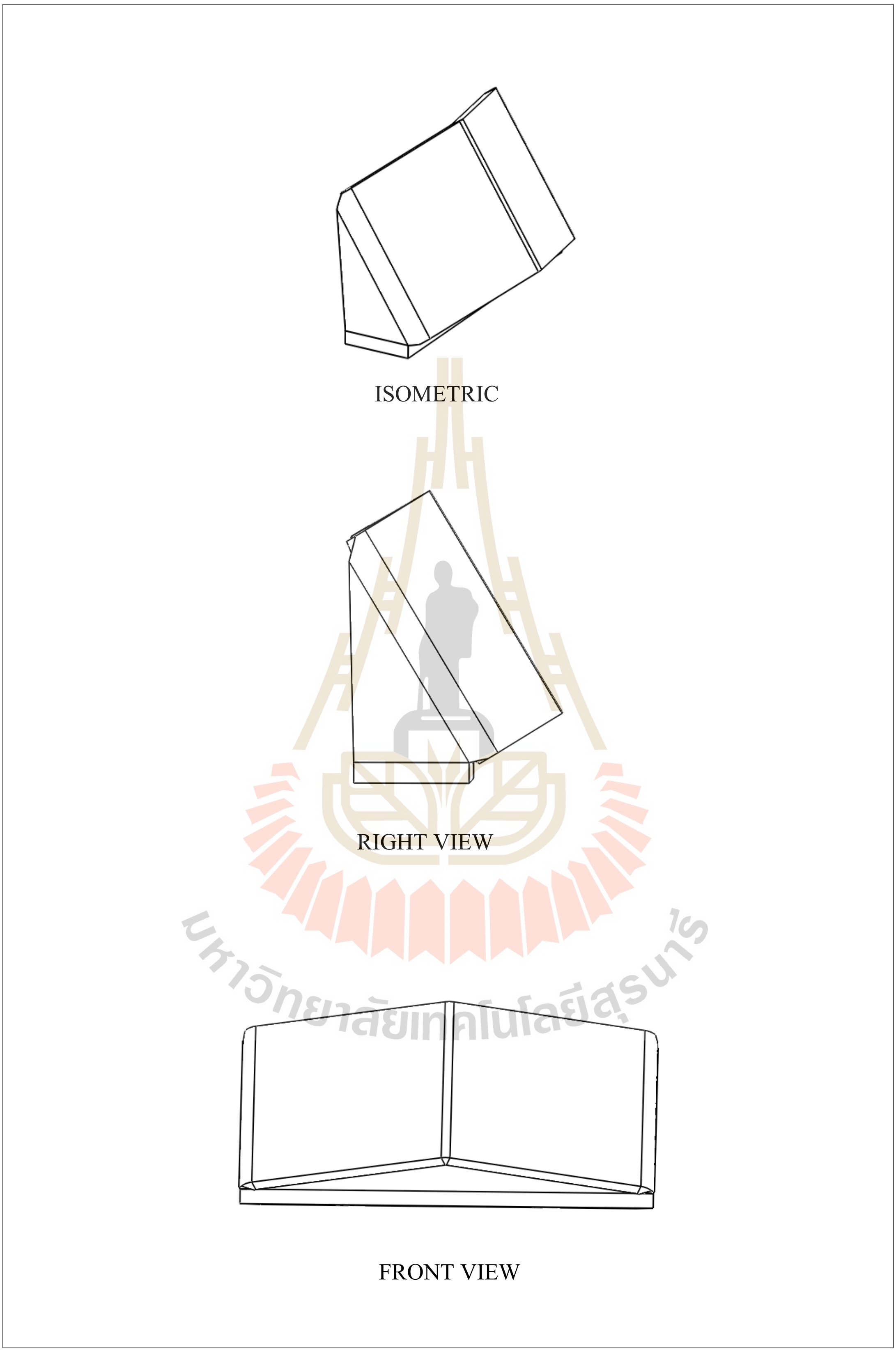
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ ค.1 แสดงแบบเครื่องโครงล้อเหล็กรถไถเดินตาม



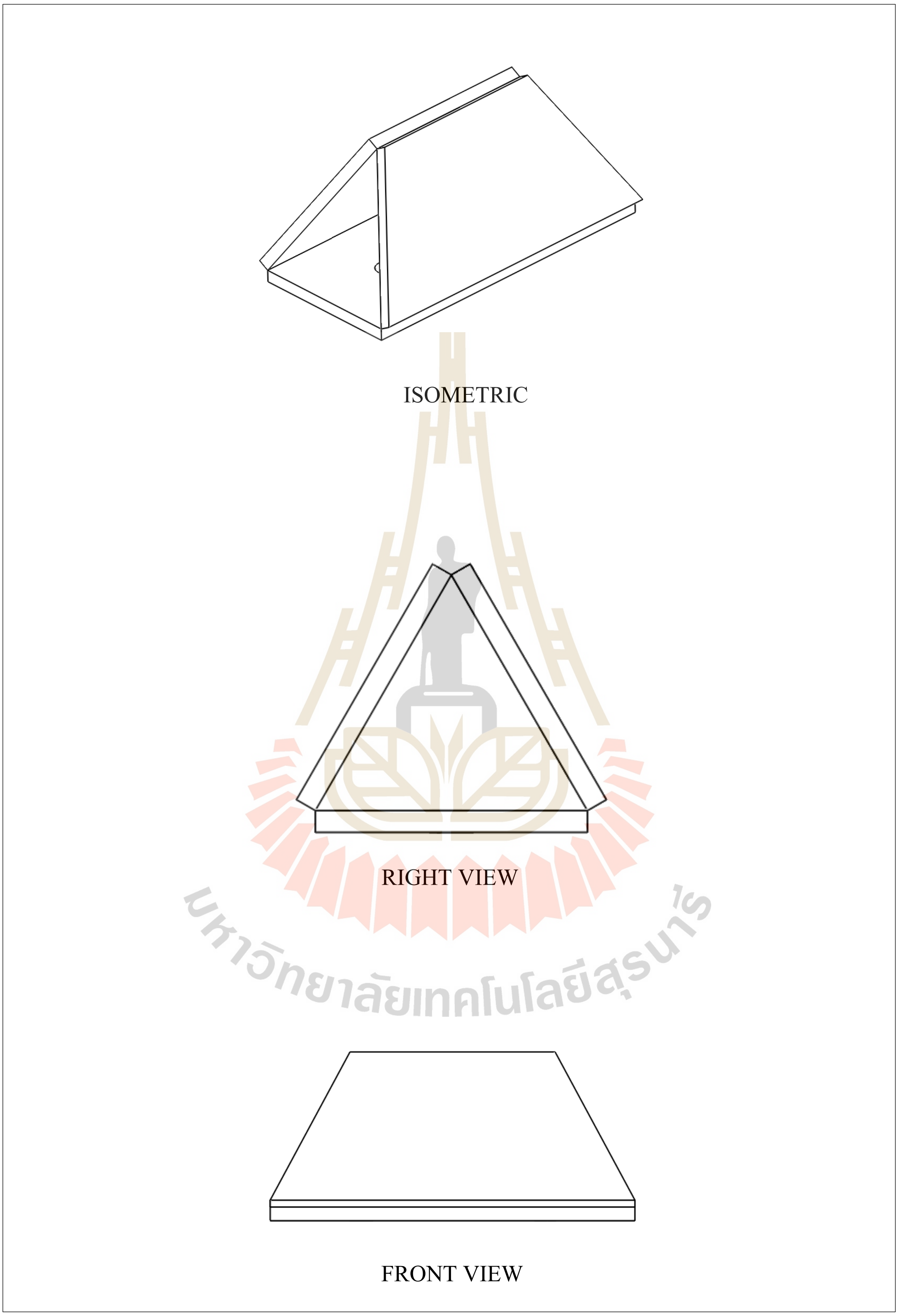
รูปที่ ค.2 แสดงส่วนต่าง ๆ ของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ค.3 แสดงส่วนต่าง ๆ ของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

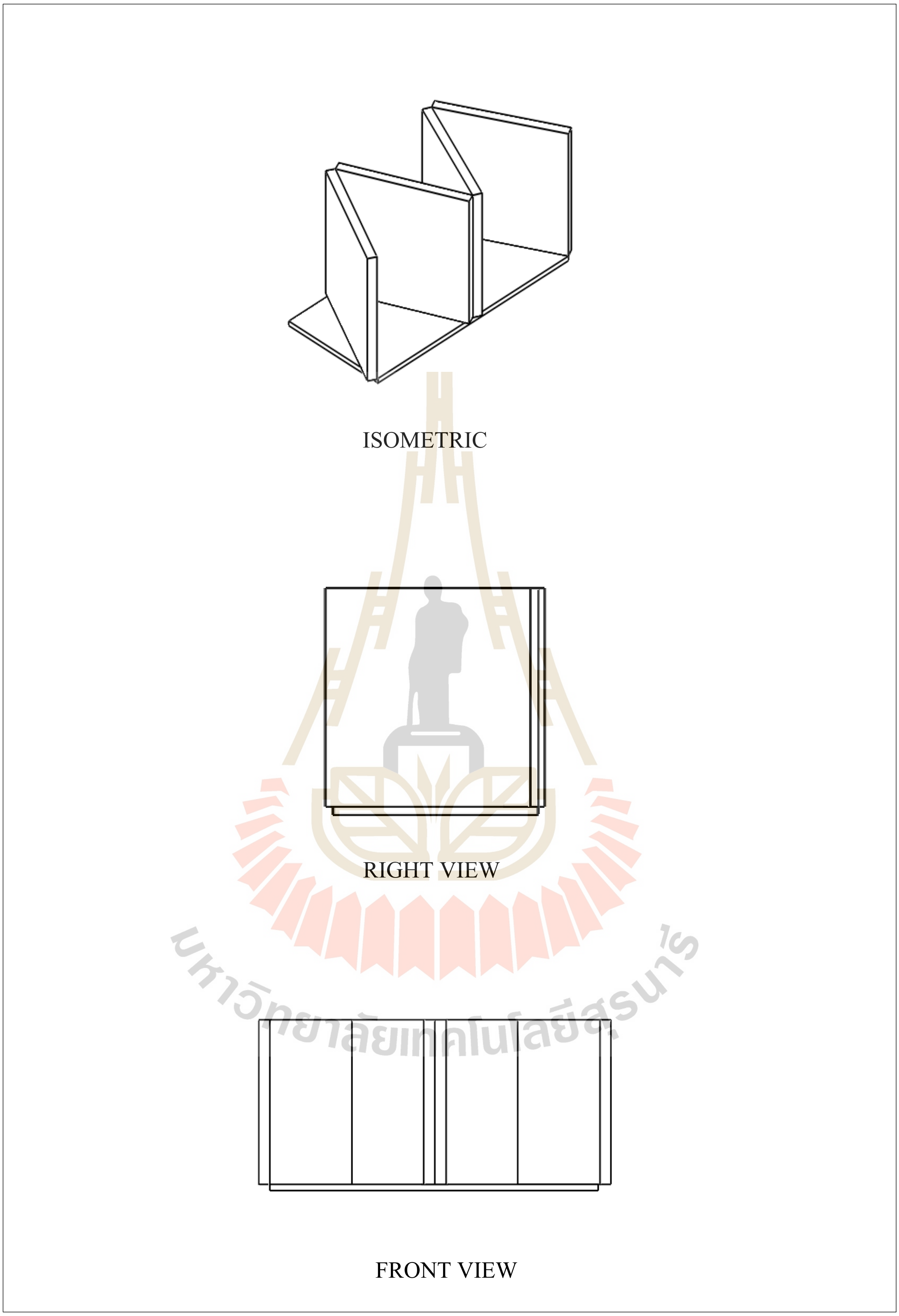


รูปที่ ค.4 แสดงส่วนต่าง ๆ ของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3

ภาคผนวก ง

รูปประกอบการทดสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ ค.5 แสดงส่วนต่าง ๆ ของใบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4

รูปที่ ง.1 การทดสอบหาแรงลาก

รูปที่ ง. 2 การวัดการลื่นไถลและความเร็วในการทำงาน

รูปที่ ง. 3 ขณะทำการทดสอบ

รูปที่ ง. 4 การเปลี่ยนล้อเหล็กรถไถเดินตาม

รูปที่ ง. 5 การวัดแรงเฉือนดิน

รูปที่ ง. 6 การวัดค่าความแข็งของดิน

ภาคผนวก จ

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

มานะศักดิ์ ทิพย์ภูจอม และสามารถ บุญอาจ. (2557). **การออกแบบล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในไร่มันสำปะหลัง.** ใน การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศ ไทย ครั้งที่ 15 (หน้า 421-425). พระนครศรีอยุธยา:สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย และกรมส่งเสริมการเกษตร.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติครั้งที่ 15 และระดับนานาชาติครั้งที่ 7
255 เมษายน 4-27 โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ จอยุธยา .

TAM-21

การออกแบบล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในไร่มันสำปะหลัง

Design of the Cage Wheel for Cassava Field

มานะศักดิ์ ทิพย์ภูจอม[1*], สามารถ บุญอาจ[1]
Manasak Thipphuchom[1*], Samart Bun-art[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีอ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
[1]School of Agricultural Engineering institute of Engineering Suranaree University of Technology
[*]Corresponding author: Tel: +66-8-4828-3918, Fax: +66-44-224-610, E-mail: B5019106joy@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์หาความเหมาะสมในการเลือกใช้ล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในไร่มันสำปะหลัง โดยใช้ข้อมูลจากงานวิจัยที่คณะผู้จัดทำได้วิจัยมาก่อนหน้านี้ ล้อเหล็กที่นำมาวิเคราะห์ มีเส้นผ่านศูนย์กลางวงล้อ 69 เซนติเมตร หน้ากว้างวงล้อ 16 เซนติเมตร และเลือกใช้ใบล้อ 3 ขนาด คือ 120 ตารางเซนติเมตร 192 ตารางเซนติเมตร 256 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Solid Works พบว่าใบล้อขนาด 256 ตารางเซนติเมตร มีความเหมาะสมในการใช้งานมากที่สุด โดยจะนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการทดสอบภาคสนามต่อไป

คำสำคัญ: ล้อเหล็ก;ไร่มันสำปะหลัง

Abstract

This research was analyzed bycomputer program for the suitability of cage wheel for cassava fieldused data from the organizing committee had done research previously. The cage wheel diameter annular ringis 69 cm Wheel width is 16 cm and uselugwheelsare 120 cm^2, 192 cm^2, and 256 cm^2

The analysis resultin Solid Works found that lug wheel size 256cm^2 is appropriate for most applications. The result of the analysis will be compared with field test.

Keywords:Cage wheel; Cassava field

1 บทนำ

รถไถเดินตามเป็นเครื่องต้นกำลังสำหรับอุปกรณ์ทางการเกษตรที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการผลิตพืชผลทางการเกษตร และเป็นเครื่องมือเกษตรที่ใช้กันมากภายในครัวเรือนของเกษตรกรรายย่อย รถไถเดินตามเป็นเครื่องมือที่ใช้งานได้ในหลายลักษณะ จึงถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้ทั่วๆไป โดยเฉพาะการทำนาซึ่งใช้รถไถเดินตามเป็นหลัก เมื่อนำรถไถเดินตามมาใช้งานในไร่มันสำปะหลัง ก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของรถไถเดินตามลดต่ำลง อันเนื่องมาจากความแตกต่างของสภาพพื้นที่ในการทำงาน ปริมาณความชื้นดิน สภาพดินที่มีความอัดแน่นแตกต่างกัน จึงทำให้แรงฉุดลากที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถไถเดินตามเปลี่ยนแปลงไป จากสาเหตุดังกล่าวทำให้เกิดปัญหาขึ้น อีกทั้งเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในการเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางการเกษตรปัญหาดังกล่าวเกิดจากประเทศไทยยังขาดข้อมูลพื้นฐานที่จะให้เกษตรกรตัดสินใจในการเลือกใช้รถไถเดินตามให้เหมาะสมกับงานทางด้านเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติครั้งที่ 15 และระดับนานาชาติครั้งที่ 7
255 เมษายน 4-27 โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ จอยุธยา .

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย จากข้อมูลการส่งออกปี พ.ศ. 2556 พบว่าไทยส่งออกมันสำปะหลังอัดเม็ด 59,082 ตัน และแป้งมันสำปะหลัง 2,445,612 ตัน มีมูลค่าการส่งออกทั้งสองรายการมากถึง 35,296ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกได้ในดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวและทนแล้งได้ดี ดังนั้นพื้นที่ปลูกมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จึงอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ โดยเฉพาะในจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่อยู่ในอำเภอหนองบุญมาก ครบุรีและเสิงสางล้อเหล็กรถไถเดินตามถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนตัวรถไถเดินตามให้สามารถทำงานได้ หากนำมาใช้งานในไร่มันสำปะหลัง แรงฉุดลากที่ใช้ในการขับเคลื่อนควรต้องมีความเหมาะสมต่อการทำงานในไร่มันสำปะหลัง จึงจะทำให้การทำงานของรถไถเดินตามมีประสิทธิภาพที่ดีได้การออกแบบล้อเหล็กสำหรับงานไถดินจะเริ่มจากการคำนวณรัศมีล้อ ซึ่งพบว่าขนาดรัศมีที่เหมาะสมสามารถกำหนดพารามิเตอร์ได้หลายอย่าง อาทิเช่น ข้อกำหนดเฉพาะ (specifications) ของโครงสร้างรถไถเดินตาม ความแข็งชั้นผิวดิน และความลึกการไถดินสูงสุด ส่วนรูปร่างของใบล้อควรสอดคล้องกับลักษณะร่องไถ เพราะว่าล้อแต่ละข้างจะเคลื่อนที่ในร่องไถสลับกันตลอดเวลาในการไถดินแบบไปกลับต่อเนื่อง ดังนั้นจึงมีพารามิเตอร์จำนวนมากที่ต้องพิจารณาในการออกแบบใบล้อ อาทิเช่น มุมเอียง มุมเบี่ยงเบน มุมร่องไถ ความลึกการไถดิน และการจมดินของล้อ เป็นต้น ความกว้างของใบล้อที่เหมาะสมสามารถคำนวณได้จากความกว้างการไถดิน มุมเอียง และมุมเบี่ยงเบน (สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, 2539)

และจากงานวิจัยเรื่องการทดสอบแรงฉุดลากของรถไถเดินตามที่ใช้ล้อเหล็กและล้อยางสำหรับการทำงานในไร่มันสำปะหลัง (สามารถบุญอาจ, 2554) จะพบว่าแรงฉุดลากที่วัดได้เมื่อใช้ล้อเหล็ก 2,893 นิวตัน แรงฉุดลากที่วัดได้เมื่อใช้ล้อยาง 1,719 นิวตัน เปอร์เซ็นการลื่นไถลของล้อยาง 32 เปอร์เซ็น เปอร์เซ็นการลื่นไถลล้อเหล็ก 17 เปอร์เซ็น สมรรถนะการทำงานของล้อยาง 1.21 ไร่ต่อชั่วโมง สมรรถนะการทำงานล้อเหล็ก 1.37 ไร่ต่อชั่วโมง จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าล้อเหล็กมีสมรรถนะการทำงานดีกว่าล้อยาง แต่ล้อเหล็กต้องใช้แรงฉุดลากที่มากกว่าล้อยาง การส่งกำลังจากเครื่องยนต์มาที่ล้อเหล็กจึงมากกว่าล้อยาง จากปัญหาดังกล่าวจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาล้อเหล็กให้มีศักยภาพในการทำงานเทียบเท่ากับล้อยางเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะให้เกษตรกรได้เลือกใช้ล้อรถไถเดินตามให้มีความเหมาะสมกับงานทางด้านเกษตรต่อไป งานวิจัยนี้เป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์หาความเหมาะสมในการเลือกใช้ล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในไร่มันสำปะหลังโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและวิเคราะห์ล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในไร่มันสำปะหลังและจะนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการทดลองภาคสนามต่อไปขอบเขตของงานวิจัยทำการออกแบบและวิเคราะห์ล้อเหล็กรถไถเดินตามให้มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในไร่มันสำปะหลัง

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์

1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม

2.2 วิธีการ

1.ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงล้อ

สมการกำหนดขนาดรัศมีล้อเหล็กใช้งานไถดินลึกสูงสุด

$$r_1 = \frac{L(H_{max} + D_{sL} + D_{sH})}{2\sqrt{L^2 - (H_{max} + D_{sL} - D_{sH})^2}} + r_c + H_c \quad (1)$$

H_{max} คือความลึกการไถดินสูงสุด
L คือช่วงห่างล้อ
r_c คือระยะจากแกนเพลาล้อถึงจุดต่ำสุดห้องส่งกำลัง
H_c คือระยะห่างจากจุดต่ำสุดห้องส่งกำลังถึงพื้นผิวดิน
D_{SL} ระยะจมดินของล้อในร่องไถ
D_{SH} คือระยะจมดินของล้อบนพื้นผิวดิน

$H_{max} = 14cm, r_c = 15cm, H_c = 14cm, L' = 70cm$
$D_{SL} = 20cm, D_{SH} = 11.4cm$

แทนค่าในสมการที่ (1)เพื่อหาขนาดรัศมีล้อเหล็กใช้งานไถดินสูงสุด

$$r_1 = \frac{70(14+20+11.4)}{2\sqrt{70^2-(14+20-11.4)^2}} + 15 + 14$$

$$r_1 = 59cm$$

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อเหล็กใช้งานไถดินสูงสุด 118 เซนติเมตร การเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงล้อเลือกจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงล้อเหล็กเดิมที่ใช้ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงล้อ69 เซนติเมตรเมื่อรวมกับความสูงของใบล้อ 14 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อเหล็กจะมีค่าใกล้เคียงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อเหล็กใช้งานไถดินสูงสุด

2.ขนาดหน้ากว้างของวงล้อ

การเลือกขนาดหน้ากว้างของวงล้อทำการเลือกจากหน้ากว้างของล้อยางรถไถเดินตามที่ใช้ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้ากว้างล้อที่ 16 เซนติเมตร ในการลดขนาดหน้ากว้างของล้อจะมีการเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อให้กว้างมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของล้อเหล็กรถไถเดิน

ตาม

3.ขนาดของใบล้อ

ขนาดพื้นที่ผิวใบล้อ

$$P = \frac{W_t}{A} \qquad (2)$$

เมื่อ P คือ เป็นแรงกดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จากน้ำหนักคนมีค่าโดยประมาณ 4.0 N/cm^2

W_t คือ เป็นน้ำหนักรถไถเดินตาม,N

A คือ เป็นพื้นที่ผิวของใบล้อรวมของล้อด้านซ้ายและขวาข้างละหนึ่งใบ cm^2

จากสมการ รถไถเดินตามหนัก 2,060 นิวตัน จะได้ขนาดพื้นที่ผิวใบล้อด้านซ้ายและขวาด้านละ 257.5ตารางเซนติเมตร และที่ขนาดใบล้อ 192 เซนติเมตร และ 120 เซนติเมตร เป็นการลดขนาดความสูงใบล้อลงที่12 เซนติเมตร และ 7.5 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีขนาดหน้ากว้างใบล้อคงที่ 16 เซนติเมตร

4.มุมติดใบล้อหน้าตามแนวรัศมีกับวงล้อ

มุมติดใบล้อเหล็กรถไถเดินตามเลือกใช้มุมติดใบล้อที่ 30 องศา ซึ่งเป็นมุมติดใบล้อเหล็กรถไถเดินตามที่ใช้ในงานวิจัยก่อนหน้านี้

5.การวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Solid Works

ข้อมูลจากงานวิจัยที่คณะผู้จัดทำได้เคยวิจัยมาก่อนหน้านี้ได้แรงฉุดลากที่วัดได้เมื่อใช้ล้อเหล็กเท่ากับ2,893 นิวตัน นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Solid Works โดยให้แรงฉุดลากคือแรงที่กระทำกับใบล้อเหล็กทั้งสองข้าง2,893 นิวตันความหนาของใบล้อ 8 มิลลิเมตร ชนิดเหล็กที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ SS-400 คุณสมบัติทางกลที่จุด Yield Strength เท่ากับ 245 MPa

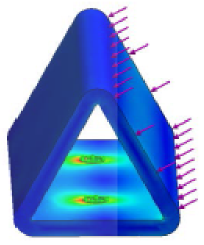
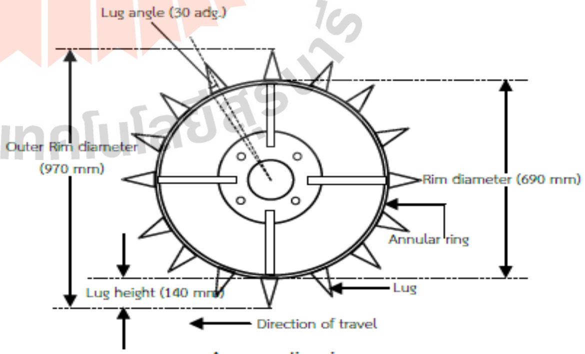


Figure1 force action on lug wheel

3 ผลและวิจารณ์



a. A cross section view

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติครั้งที่ 15 และระดับนานาชาติครั้งที่ 7
255 เมษายน 4-27 โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ จอยุธยา .

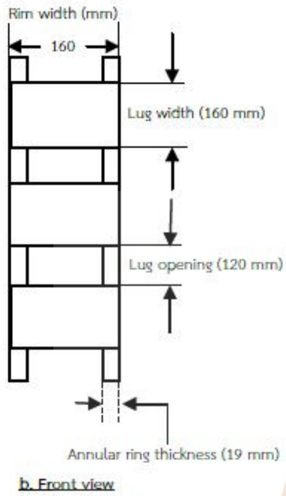


Figure2 Sketch of the cage wheel

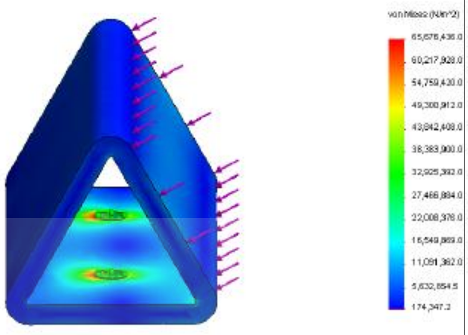


Figure3 simulation lug Wheel

การวิเคาะห์โดยใช้โปรแกรม Solid Works ใบล้อรับแรงกระทำ 2,893 นิวตัน ผลการ Simulation ได้ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 5ใบล้อไม่เกิดความเสียหาย ค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 65 MPaเมื่อเปรียบเทียบค่าความเค้นสูงสุดของการSimulation และค่า Yield Strength ของเหล็ก SS-400 จะเห็นว่าค่าYield Strength ของเหล็ก SS-400มีค่าเป็น 3.7 เท่าของค่าความเค้นสูงสุด แสดงให้เห็นถึงความแข็งแรงของการออกแบบในครั้งนี้ใบล้อจะไม่เกิดความเสียหายในระหว่างการทำงานจริง

จากการออกแบบ ได้ผลการคำนวณดัง Figure 2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงล้อเท่ากับ 69 เซนติเมตรเป็นขนาดที่เหมาะสมกับรถไถเดินตามไม่ทำให้อุปกรณ์ต่อพ่วงมีความสูงจากพื้นดินมากเกินไปทำให้ยากลำบากต่อการทำงาน จึงยึดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของวงล้อที่ใช้ในการงานวิจัยก่อนหน้านี้มาทำการออกแบบความหนาของเพลาวงล้อเท่ากับ 19 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่ใช้ในการงานวิจัยก่อนหน้านี้

ขนาดหน้ากว้างของวงล้อเท่ากับ 16 เซนติเมตร จะมีขนาดที่แคบกว่าล้อเหล็กที่ใช้งานก่อนหน้านี้ เพื่อให้รถไถเดินตามสามารถทำงานในพื้นที่แคบและจำกัดได้สะดวกมากยิ่งขึ้น ขนาดของใบล้อเท่ากับ 257.5ตารางเซนติเมตร มุมติดใบล้อตามแนวรัศมีเท่ากับ30 องศาขนาดพื้นที่ผิวใบล้อจะมีขนาดที่ใหญ่กว่าใบล้อที่ใช้ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ เพื่อให้ผิวใบล้อสัมผัสกับดินมากขึ้นซึ่งจะช่วยลดแรงต้านทานการหมุนที่กระทำต่อล้อเหล็กรถไถเดินตามได้

4 สรุป

การออกแบบและวิเคราะห์รูปแบบของล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในไร่มันสำปะหลัง มีความเหมาะสมในการทำงานเชิงทฤษฎี ผลการวิเคราะห์จะช่วยลดแรงต้านทานการหมุนที่เกิดขึ้นกับล้อได้ ที่แรงฉุดลากสูงสุดในการทำงาน 2,893 N ใบล้อจะไม่เกิดความเสียหาย จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันลดลง และเกษตรกรสามารถเลือกใช้ล้อเหล็กรถไถเดินตามให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ได้ ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบกับการทดลองในภาคสนามต่อไป

5 เอกสารอ้างอิง

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

สามารถ บุญอาจ. 2554. การทดสอบแรงฉุดลากของรถไถเดินตามที่ใช้ล้อเหล็กและล้อยางสำหรับการทำงานในไร่มันสำปะหลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุรินทร์พงศ์ศุภสมิทธิ์.2539.วิศวกรรมรถไถเดินตาม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

Hermawan, W., Yamazaki, M. and Oida, A. 1999.Design and TractionPerformance of the Movable Lug Wheel.Journal of Terramechanics, Vol. 35 Issue 3, July 1998.

Hunt, D. 1977. Farm Power and Machinery Management. Iowa State University Press, Iowa, U.S.A.

Liljedahl, J.B., Turnquist, P.K., Smith, D.W. and Hoki, M. 1989. Tractors and Their Power Units.4th ed. Van Nostrand Reinhold, New York, U.S.A.

Mckyes, E. 1985.Soil Cutting and Tillage.Elsevier Science Publisher B.V., Netherland.

Pandey, K.P. and Ojha, T.P. 1978. Effect of Design Parameters on the Performance of Rigid Traction Wheels on SaturatedSoils. Journal of Terramechanics, Vol. 15 Issue 3, September 1978.

Ram, R.B. and Pathak, B.S. 1978. Tractive Efficiency of Soil under a Simple Traction Device. Journal of Agricultural Engineering Research, Vol.23 Issue 2, June 1978.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นาย มานะศักดิ์ ทิพย์ภูจอม เกิดเมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2531 ที่จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นบุตรของ นายบุญอุ้ม ทิพย์ภูจอม และนางหอมหวน ทิพย์ภูจอม เริ่มการศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนบ้านน้อยสะแกกวน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนร่มเกล้าบุรีรัมย์ และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนภัทรบพิตร จังหวัดบุรีรัมย์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2554

ปี พ.ศ. 2554 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัย : ได้เสนอบทความเข้าร่วมในการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติครั้งที่ 13 เรื่องการประเมินกำลังเครื่องยนต์ของรถไถเดินตามเพื่อใช้งานกับเครื่องขุดมันสำปะหลัง

ได้เสนอบทความเข้าร่วมในการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติครั้งที่ 15 เรื่องการออกแบบล้อเหล็กรถไถเดินตามสำหรับการใช้งานในไร่มันสำปะหลัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี