



การศึกษาและพัฒนาล้อเหล็กรถไฟเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่ A Study and Development of Cage Wheel for a Two-Wheel Tractor Using Upland Field

มานะศักดิ์ ทิพย์ภูจอม^{1*} สามารถ บุญอาจ¹ เกรียงไกร รายนะสุข¹ และสุกรี สุขประเสริฐ¹

Received: January, 2017; Accepted: March, 2017

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาล้อเหล็กรถไฟเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่ การดำเนินงานแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) การออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของล้อเหล็กรถไฟเดินตาม 2) การสร้างล้อเหล็กรถไฟเดินตาม 3) การทดสอบล้อเหล็กรถไฟเดินตาม 4) การวิเคราะห์ผลจากการทดสอบ โครงล้อเหล็กรถไฟเดินตามมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร ความกว้างของหน้าล้อ 16 เซนติเมตร ใบล้อรถไฟเดินตามทำการออกแบบทั้งหมด 4 แบบ การทดสอบล้อเหล็กรถไฟเดินตามแบบต่าง ๆ โดยต่อพ่วงอุปกรณ์ไถเตรียมดิน แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ แรงต้านทานการหมุน พลังงานที่สูญเสีย ประสิทธิภาพการฉุดลาก และประสิทธิภาพในการทำงาน ถูกใช้เพื่อประเมินความเหมาะสมในการใช้งาน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ล้อเหล็กรถไฟเดินตามแบบที่ 4 ซึ่งมีรูปคล้ายตัว W มีความเหมาะสมในการทำงานในสภาพไร่ที่มีลักษณะดินเป็นแบบ Loamy Sand เนื่องจากมีแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำสุด 1,301 นิวตัน แรงต้านทานการหมุนต่ำสุด 757 นิวตัน พลังงานที่สูญเสียต่ำสุด 823 วัตต์ ประสิทธิภาพการฉุดลากสูงสุดร้อยละ 33.87 และประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานร้อยละ 84.66

คำสำคัญ : ล้อเหล็กรถไฟเดินตาม; แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ; แรงต้านทานการหมุน

¹ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา

* Corresponding Author E - mail Address: b5019106joy@hotmail.com

Abstract

The research project aimed to study and develop cage wheel for a two-wheel tractor used in upland field. The research procedure was divided into 4 methods as follows: 1) design and analysis of the strength of the cage wheel 2) constructions of the cage wheel 3) tests of the cage wheel 4) analysis of the experiment. The cage wheel had a of diameter 70 cm. and width 16 cm. The cage wheel was designed into 4 types. The types of the cage wheel were connected tillage implements in field tests. The suitable evaluation were used cage wheel such as total driving force, rolling resistance, energy loss, tractive efficiency and field efficiency. Based on the test results, the W shape wheel was suitable in upland field and sandy loam soil 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 field efficiency of 84.66 %.

Keywords: Cage Wheel for a Two-Wheel Tractor; Total Driving Force; Rolling Resistance

บทนำ

รถไถเดินตามเป็นเครื่องต้นกำลังสำหรับอุปกรณ์ทางการเกษตรที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการผลิตพืชผลทางการเกษตร และเป็นเครื่องมือเกษตรที่ใช้กันมากภายในครัวเรือนของเกษตรกรรายย่อย รถไถเดินตามเป็นเครื่องมือที่ใช้งานได้หลายลักษณะ จึงถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้ทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะการทำงานซึ่งใช้รถไถเดินตามเป็นหลัก เมื่อนำรถไถเดินตามมาใช้งานในสภาพไร่ เช่น ไร่มันสำปะหลัง หรือไร่อ้อยก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของรถไถเดินตามลดต่ำลง อันเนื่องมาจากความแตกต่างของสภาพพื้นที่ในการทำงาน ปริมาณความชื้นดิน สภาพดินที่มีความอัดแน่นแตกต่างกัน จึงทำให้แรงลากที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถไถเดินตามเปลี่ยนแปลงไป จากรายงานวิจัยการทดสอบแรงลากของรถไถเดินตามที่ใช้ล้อเหล็กและล้อยางสำหรับการทำงานในไร่มันสำปะหลัง พบว่าในสภาพดินที่มีความอัดแน่นต่ำจะทำให้แรงลากในการขับเคลื่อนรถไถเดินตามต่ำ เนื่องจากแรงเสียดทานของดินกระทำต่อล้อและอุปกรณ์ต่อพ่วงมีค่าต่ำ และในสภาพดินที่มีความอัดแน่นสูง จะทำให้แรงลากที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถไถเดินตามสูง เนื่องจากแรงเสียดทานของดินกระทำต่อล้อและอุปกรณ์ต่อพ่วงมีค่าสูง [1] สาเหตุดังกล่าวทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของแรงลากสูงขณะทำงาน อีกทั้งเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในการเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางการเกษตร ปัญหาดังกล่าวเกิดจากประเทศไทยยังขาดข้อมูลพื้นฐานที่จะให้เกษตรกรตัดสินใจในการเลือกใช้รถไถเดินตามให้เหมาะสมกับงานทางด้านเกษตร ล้อยางเป็นล้อพื้นฐานที่ใช้กับรถไถเดินตาม ล้อยางมีทั้งชนิดล้อยางตันที่ไม่ต้องสูบลมและล้อยางสูบลม ปกติที่ใช้จะเป็นล้อยางสูบลม ล้อยางทำหน้าที่ขับเคลื่อนจะมีดอกยาง เป็นแถบเฉียงสลับกันตลอดหน้าล้อ ทำให้เกาะติดพื้นผิวดินได้ดีเพื่อเพิ่มการจุลลากและลดการลื่นไถลของล้อ แต่ล้อยางมีความยุ่งยากและค่าใช้จ่ายสูงในการสร้างซึ่งแตกต่างจากล้อเหล็ก

ที่มีต้นทุนในการสร้างต่ำ [2] การสร้างสามารถทำได้โดยง่ายจึงเน้นการพัฒนาล้อเหล็กรถไฟเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่ โดยล้อเหล็กรถไฟเดินตามถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนตัวรถไฟเดินตามให้สามารถทำงานได้ การออกแบบล้อเหล็กสำหรับงานไถดินของรถไฟเดินตามเพื่อกำหนดขนาด รูปร่าง และรายละเอียดต่าง ๆ ของชิ้นส่วนที่ประกอบเข้าด้วยกันเป็นล้อนั้น จำเป็นจะต้องอาศัยทฤษฎีการออกแบบที่แสดงความสัมพันธ์การทำงานระหว่างรถไฟเดินตาม อุปกรณ์ไถ สภาพพื้นที่ เงื่อนไขการไถดินกับล้อ ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะพิจารณาขณะที่รถไฟเดินตามไถดินในลักษณะการทำงานที่คันมือถือ ล้อ และอุปกรณ์ไถ อยู่ในตำแหน่งเหมาะสมที่สุด มิฉะนั้นจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของรถไฟเดินตามต่ำ และผู้ใช้มีปัญหาในการควบคุม หากนำมาใช้งานในไร่ แรงลากที่ใช้ในการขับเคลื่อนต้องมีความเหมาะสมต่อการทำงานในไร่ คือ สามารถลดแรงเสียดทานระหว่างดินกับใบล้อได้ ซึ่งจะส่งผลให้แรงลากในการทำงานลดต่ำลง และรถไฟเดินตามมีความคล่องตัวในการทำงานมากยิ่งขึ้น [2] ดังนั้น งานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาล้อเหล็กรถไฟเดินตามสำหรับการใช้งานในสภาพไร่ และทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของผลที่ได้จากการทำวิจัยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย จึงได้วางแผนดำเนินงานวิจัยเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีเพื่อใช้ในการออกแบบ

จากการศึกษาข้อมูลการออกแบบโครงล้อเหล็กรถไฟเดินตามพบว่า ยางหน้าแคบมีความเป็นไปได้ที่จะให้แรงต้านทานการหมุนต่ำกว่า [3] และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อเหล็กสำหรับใช้งานไถดินในประเทศส่วนใหญ่มีค่าประมาณ 80 เซนติเมตร [2] ได้ทำการทดสอบแรงฉุดลากของรถไฟเดินตามที่ใช้ล้อเหล็กและล้อยางสำหรับการทำงานในไร่มาสัมผัสพบพบว่า เมื่อใช้ล้อยางจะใช้แรงลagn้อยกว่า เนื่องจากล้อยางมีความต้านทานการหมุนต่ำกว่าล้อเหล็ก อีกทั้งหน้ายางที่แคบกว่าล้อเหล็กจึงส่งผลให้ใช้แรงลagn้อยกว่า ซึ่งจะนำไปสู่การใช้พลังงานน้อยลง [1]

เนื่องจากการไถดินด้วยรถไฟเดินตามในลักษณะมาตรฐาน ล้อเหล็กสำหรับใช้งานไถดินจะต้องมีสมรรถนะในการฉุดลาก โดยอาศัยหลักการออกแบบใบล้อที่มีแรงต้านทานการหมุน และการสูญเสียพลังงานน้อย ทำให้มีการฉุดลากสุทธิสูง รูปร่างของใบล้อจะต้องมีส่วนสัมพันธ์กับร่องไถเพื่อทำให้ล้อเคลื่อนที่มีเสถียรภาพ ใบล้อจะแนบกับพื้นและผนังร่องไถ [2] และการที่รถไฟเดินตามมีเสถียรภาพในการไถดิน ใบล้อจะต้องไม่ทับดินที่ไถมาแล้ว เพื่อเป็นการลดแรงต้านทานการหมุนและลดการเคลื่อนที่ขึ้นลงของล้อ ดังนั้นความกว้างใบล้อจะต้องสั้นกว่าหรือเท่ากับความกว้างการไถจริงเพื่อให้ได้ขนาดใบล้อที่เหมาะสมกับขนาดร่องไถในการไถเตรียมดินนั้น ร่องไถมีมุมของไถอยู่ที่ 15 - 25 องศา ในการออกแบบใบล้อเหล็กรถไฟเดินตามจึงต้องให้ขอบใบล้อทาบมุมกับร่องไถเพื่อไม่ให้ใบล้อกินดินที่ยังไม่ถูกไถ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดแรงต้านทานการหมุนและการสูญเสียพลังงาน และที่ระยะระหว่างใบล้อที่ 30 องศา เป็นระยะห่างที่เหมาะสมจะส่งผลให้ล้อเหล็กรถไฟเดินตามมีประสิทธิภาพในการฉุดลากที่สูงขึ้น การจมของล้อเหล็กรถไฟเดินตามลดน้อยลง [4] ดังนั้นจึงทำการออกแบบใบล้อเหล็กรถไฟเดินตามให้มีความสอดคล้องกับทฤษฎีที่กล่าวมา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบล้อเหล็กกรไลเดินตามโดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คือ การทดสอบแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของกรไลเดินตามที่ใช้ล้อเหล็กและล้อยางสำหรับการทำงานในไร่มันสำปะหลังพบว่า เมื่อใช้ล้อยางจะใช้แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อน้อยกว่าล้อเหล็ก เนื่องจากล้อยางมีความต้านทานการหมุนของล้อน้อยกว่าล้อเหล็ก อีกทั้งหน้ายางที่แคบกว่าล้อเหล็กจึงส่งผลให้แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อน้อยกว่า [1]

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบไถงานกับล้อยางและล้อเหล็กในดิน Loamy Sand (ดินทรายร่วน)

รายการ		ล้อยาง	ล้อเหล็ก
การสิ้นเปลือง	(ร้อยละ)	32.5	17.4
แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ	(นิวตัน)	1,719	2,893
ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงาน	(ร้อยละ)	80.43	74.36

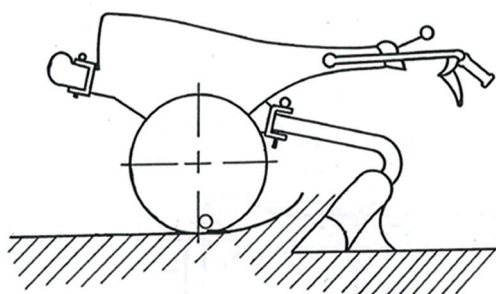
การสมดุลแรงในแนวระดับที่กระทำต่อล้อ เมื่อกรไลเดินตามทำงานไถดินอยู่ในสภาพสมดุล ผลรวมของแรงภายนอกทั้งหมดที่อยู่ในแนวระดับมีค่าเป็นศูนย์ และขณะกรไลเดินตามไถดินจะใช้อัตราความเร็วต่ำและมีความเร็วสม่ำเสมอ ทำให้แรงต้านทานความเร่งเฉลี่ยเป็นศูนย์ ดังนั้นการสมดุลแรงในแนวระดับดังแสดงในรูปที่ 1 สามารถเขียนได้ดังนี้ [2]

$$H_t = H + R \quad (1)$$

H_t คือ แรงลากทั้งหมดของล้อ

H คือ แรงลากอุปกรณ์ตัดดิน

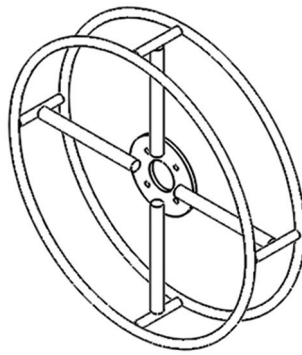
R คือ แรงต้านทานการหมุน



รูปที่ 1 การสมดุลแรงในแนวระดับที่กระทำต่อล้อ

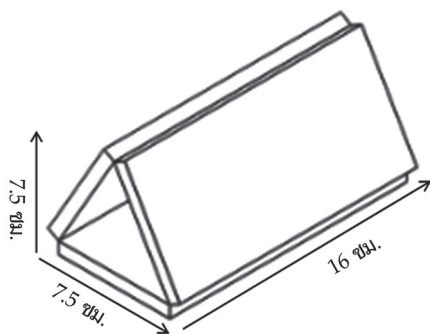
2. การออกแบบและสร้างล้อเหล็กกรไลเดินตาม

2.1 โครงล้อเหล็กกรไลเดินตามทำการออกแบบความกว้างของหน้าล้อเหล็กกรไลเดินตามให้มีขนาด 16 เซนติเมตร โครงล้อเหล็กกรไลเดินตามมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงล้อ 70 เซนติเมตร (รูปที่ 2)

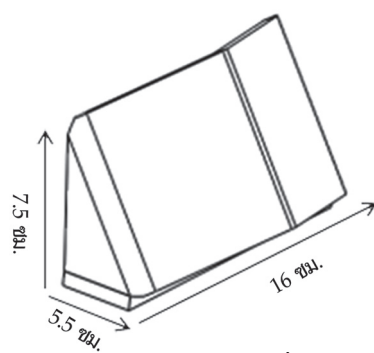


รูปที่ 2 โครงล้อเหล็กรถไถเดินตาม

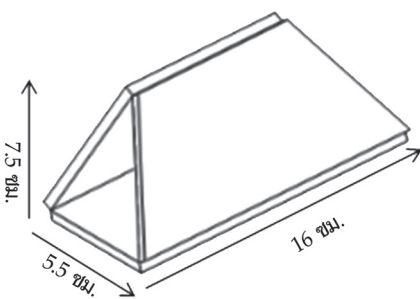
2.2 ไบล้อเหล็กรถไถเดินตามได้ทำการออกแบบทั้งหมด 4 แบบ จากรูปที่ 3 (ก) ไบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 1 ออกแบบโดยลดความกว้างของหน้าล้อเพื่อเป็นการเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยมีขนาดต่าง ๆ ดังนี้ ความกว้างของหน้าล้อ 16 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร มุมไบล้อ 30 องศา พื้นที่ไบล้อ 120 ตารางเซนติเมตร ไบล้อถอดประกอบกับโครงล้อได้ จากรูปที่ 3 (ข) ไบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 2 ออกแบบเพื่อเพิ่มความสามารถของไบล้อในการจิกและตะกุดดินโดยมีขนาดต่าง ๆ ดังนี้ ไบล้อเฉียงทำมุมกับพื้นที่สัมผัส 25 องศา ความกว้างของหน้าล้อ 16 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร พื้นที่ไบล้อ 121.22 ตารางเซนติเมตร จากรูปที่ 3 (ค) ไบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 3 มีลักษณะไบล้อคล้ายรูปสี่เหลี่ยมคางหมูเพื่อให้ไบล้อสัมผัสกับร่องไถได้ดีเป็นการลดแรงต้านทานการหมุนของล้อเหล็กรถไถเดินตามโดยมีขนาดต่าง ๆ ดังนี้ เส้นตรง ไบล้อทำมุมกับขอบร่องไถ 25 องศา เส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร พื้นที่ไบล้อ 93.77 ตารางเซนติเมตร จากรูปที่ 3 (ง) ไบล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบที่ 4 ออกแบบโดยเพิ่มพื้นที่ของไบล้อให้สัมผัสกับดินมากขึ้น ซึ่งจะเพิ่มความสามารถในการฉุดลากของล้อเหล็กรถไถเดินตามโดยมีขนาดต่าง ๆ ดังนี้ ความกว้างของหน้าล้อ 16 เซนติเมตร รูปทรงคล้ายตัว W ปลายแหลมทำมุม 53 องศา ปลายไบล้อทำมุมแหลม 2 จุด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร พื้นที่ไบล้อ 272 ตารางเซนติเมตร เมื่อทำการออกแบบโครงล้อและไบล้อเสร็จสิ้น จึงทำการสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ ที่ได้ออกแบบไว้ ผลการสร้างล้อเหล็กรถไถเดินตามแบบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4 ในส่วนของรูปที่ 5 ความกว้างของหน้าล้อ 27 เซนติเมตร มุมไบล้อ 30 องศา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 87 เซนติเมตร พื้นที่ไบล้อ 135 ตารางเซนติเมตร เป็นรูปแบบล้อเหล็กรถไถเดินตามที่มีใช้กันทั่วไปในเกษตรกรรายย่อย ซึ่งจะเป็นรูปแบบล้อที่นำมาเปรียบเทียบกับสมรรถนะ และประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ กับรูปแบบล้อที่ได้สร้างขึ้นทั้งหมดต่อไป



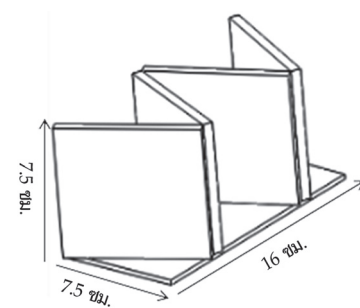
(ก) ไบล้อเหล็กแบบที่ 1



(ข) ไบล้อเหล็กแบบที่ 2

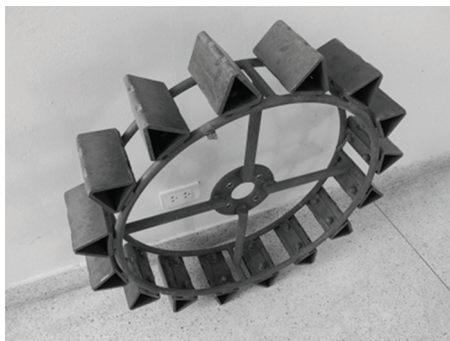


(ค) ไบล้อเหล็กแบบที่ 3

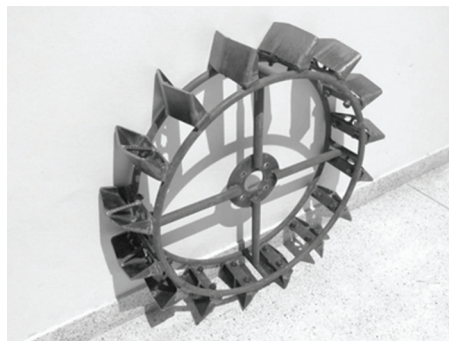


(ง) ไบล้อเหล็กแบบที่ 4

รูปที่ 3 ไบล้อเหล็กทดไถเดินตามแบบต่าง ๆ

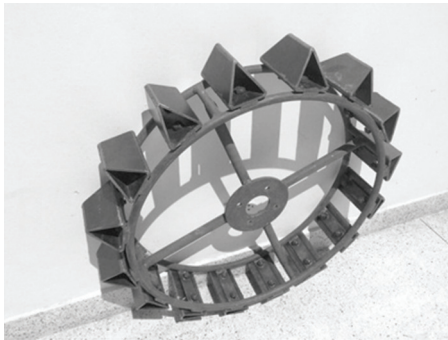


(ก) ล้อ 1

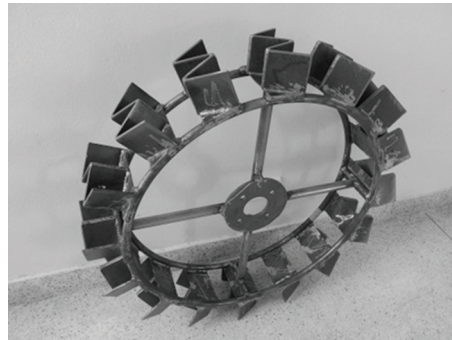


(ข) ล้อ 2

รูปที่ 4 ผลการสร้างล้อเหล็กทดไถเดินตามแบบต่าง ๆ



(ค) ล้อ 3



(ง) ล้อ 4

รูปที่ 4 ผลการสร้างล้อเหล็กทดไถเดินตามแบบต่าง ๆ (ต่อ)



รูปที่ 5 ล้อเหล็กทดไถเดินตามที่ใช้กันอยู่ทั่วไป (ล้อ 0)

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) รถไถเดินตามสยามคูโบต้ารุ่น NC PLUS เครื่องยนต์ขนาด 14 แรงม้า
- 2) รถแทรกเตอร์ New Holland เครื่องยนต์ขนาด 39 แรงม้า
- 3) เครื่องวัดความเร็วรอบ ยี่ห้อ lutron รุ่น DT-2234C
- 4) เครื่องมือวัดคุณสมบัติของดิน ยี่ห้อ eijkelkamp
- 5) เทปวัด
- 6) นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ RHYTHM
- 7) หล็กเส้นแนว
- 8) อุปกรณ์วัดแรงลากแบบสองแนวแกนและรวบรวมข้อมูล NI DAQ WLS-9163

4. ขั้นตอนการทดสอบ

เตรียมแปลงการทดสอบตามที่วางแผนไว้ ประกอบล้อเข้ากับรถไถเดินตามเพื่อเตรียมทดสอบ ดัดเครื่องยนต์รถไถเดินตามจากนั้นปรับความเร็วรอบไปที่ 1,000 รอบต่อนาที ตำแหน่งเกียร์อยู่ที่เกียร์ 1 พร้อมทั้งติดอุปกรณ์ต่อพ่วงเข้ากับรถไถเดินตามเพื่อเตรียมทดสอบ ทำการทดลองไถเพื่อปรับอุปกรณ์ต่อพ่วง ให้ใช้งานได้เหมาะสม และนำรถไถเดินตามพร้อมอุปกรณ์ต่อพ่วงทดสอบในแปลงต่อไป เมื่อทดสอบเสร็จสิ้น

ทำการเปลี่ยนล้อเหล็กรถไฟเดินตามแบบต่าง ๆ เข้ากับรถไฟเดินตามเพื่อทำการทดสอบ จากนั้นทำการทดสอบตามขั้นตอนที่กล่าวไปข้างต้น เมื่อทดสอบเสร็จสิ้นครบทุกล้อทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

4.1 การหาคุณสมบัติของดินในแปลงก่อนการทดสอบ ก่อนดำเนินการทดสอบจะต้องทำการเก็บบันทึกค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของดินในแปลงดังนี้

4.1.1 ปริมาณความชื้นในดินฐานแห้ง (Soil Moisture Content) โดยนำถุงซิปเพื่อเตรียมใส่ดินในแปลงการทดสอบแปลงละ 5 จุด ทำการเก็บตัวอย่างดินจากการทดสอบการไถดิน จากนั้นจึงนำตัวอย่างดินมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักก่อนการอบ และนำตัวอย่างดินไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 95 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนด จึงนำตัวอย่างดินออกมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักหลังอบ แล้วจึงนำค่าน้ำหนักที่ได้มาหาค่าปริมาณความชื้นในดิน

4.1.2 ความต้านทานการแทงทะลุของดินใช้ Cone Penetrometer ทำการกดดินในจุดต่าง ๆ 5 จุด โดยทำการกด ก่อนการทดสอบ และหลังการทดสอบ ที่ระดับความลึกผิวดิน 5 10 15 และ 20 เซนติเมตร [3] ตามลำดับ

4.1.3 แรงเฉือนภายในดิน (Soil Strength Parameters) ใช้ Shear Annulus กดดินแล้วหมุน Shear Annulus จนเนื้อดินขาดออกจากกันทำการกดดินที่ระดับผิวดิน โดยทำการกดก่อนการทดสอบ และหลังการทดสอบ

4.2 การเก็บข้อมูลในระหว่างการทดสอบ

4.2.1 การลื่นไถล (Slip) คำนวณเส้นรอบวงของล้อจะได้ระยะทางที่ล้อเคลื่อนที่ได้ในทางทฤษฎี และทำการวัดระยะทางจริงที่ล้อเคลื่อนที่ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ใน 1 แปลง

4.2.2 ความลึกของร่องไถ สามารถหาค่าได้โดยใช้ตลับเมตรวัดระยะจากกันร่องไถถึงผิวดิน โดยสุ่มวัดทั้งหมด 10 ค่าใน 1 แปลง

4.2.3 ความเร็วในการทำงานสามารถหาได้โดยการปักหลักเฉียงแนว 2 หลัก มีระยะห่างกัน 10 เมตร ตำแหน่งการปักบริเวณกลางแปลง แล้วทำการจับเวลาในการทำงานขณะรถไฟเดินตามกำลังวิ่งผ่านหลักเฉียงแนวที่ปักไว้ ทำการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง ต่อ 1 แปลง

4.2.4 การวัดแรงลากให้เครื่องยนต์ดันกำลังเดินเบาเป็นเวลา 15 นาที ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์กับอุปกรณ์วัดแรงลากให้รถแทรกเตอร์ลากรถไฟเดินตามไปบนพื้นทดสอบ โดยใช้เกียร์ 3 และปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์ให้ได้ 1,200 รอบต่อนาที แล้วหาค่าแรงลาก

4.3 การหาคุณสมบัติของดินในแปลงหลังการทดสอบ หลังการทดสอบจะต้องทำการเก็บบันทึกค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน และแรงเฉือนภายในดิน โดยมีวิธีการหาคุณสมบัติของดินในแปลงตามหัวข้อที่ได้กล่าวมามาก่อนหน้านี้

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

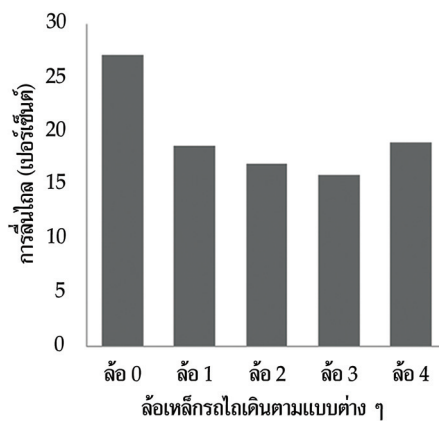
การทดสอบล้อเหล็กรถไฟเดินตามโดยติดอุปกรณ์ต่อพ่วงไถงานในการทดสอบ ทำการทดสอบในแปลงเกษตรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ขนาดแปลงกว้าง 14 เมตร ยาว 37 เมตร ประเภทของดินในการทดสอบ คือ Loamy Sand ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 การทดสอบโถงานของล้อเหล็กรถไฟเดินตามแบบต่าง ๆ

รายการ	ข้อมูลล้อที่				
	0	1	2	3	4
การสิ้นเปลือง (เปอร์เซ็นต์)	27.13	18.70	17.01	15.92	18.99
ความเร็วในการทำงาน (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
แรงต้านทานการหมุนของล้อ (นิวตัน)	1,370	1,268	953	921	757
ความเร็วของล้อเหล็ก (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	3.32	3.39	3.33	3.37	3.44
พลังงานที่สูญเสีย (วัตต์)	1,425	1,300	981	939	823
พื้นที่ในการทดสอบ (ไร่)	0.323	0.323	0.323	0.323	0.323
เวลาในการทำงาน (นาท)	18.92	17.18	16.90	16.55	17.93
เวลาสูญเสีย (นาท)	3.43	3.34	2.59	2.58	3.25
ประสิทธิภาพการฉุดลาก (เปอร์เซ็นต์)	23.13	26.00	32.93	30.12	33.87
ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	0.87	0.94	0.99	1.01	0.92
ประสิทธิภาพในการทำงาน (เปอร์เซ็นต์)	84.65	83.72	86.71	86.51	84.66

1. การสิ้นเปลือง

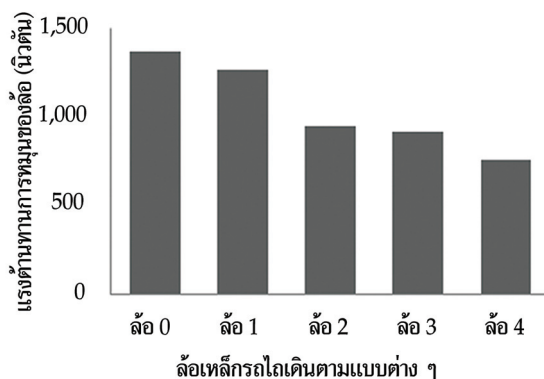
จากรูปที่ 6 การสิ้นเปลืองของล้อ 0 1 2 3 และล้อ 4 มีค่าการสิ้นเปลือง 27.13 18.70 17.01 15.92 และ 18.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ล้อ 0 มีขนาดความกว้างของหน้าล้อสูงสุดลักษณะล้อไม่สัมพันธ์กับร่องไถจึงทำให้ล้อ 0 เกิดแรงเสียดทานบริเวณล้อสูง การสิ้นเปลืองจึงสูงขึ้น ที่ล้อ 1 ล้อ 2 ล้อ 3 และล้อ 4 ทำการลดความกว้างของหน้าล้อให้มีความสัมพันธ์กับร่องไถ ทำให้การสิ้นเปลืองของล้อลดลง



รูปที่ 6 การสิ้นเปลืองของล้อ

2. แรงต้านทานการหมุนของล้อ

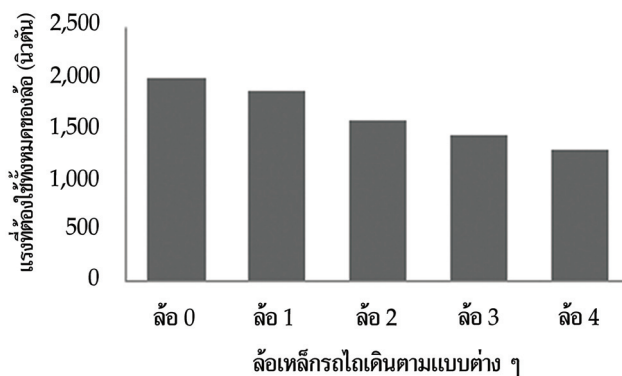
จากรูปที่ 7 แรงต้านทานการหมุนของล้อจะเป็นแรงที่มีทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของรถไฟเดินตาม ซึ่งจะเกิดขึ้นบนพื้นผิวของดินที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง แรงต้านทานการหมุนของล้อ 0 1 2 3 และล้อ 4 มีค่า 1,370 1,268 953 921 และ 757 นิวตัน ตามลำดับ ล้อ 4 เมื่อพิจารณาจากรูปแบบใบล้อที่มีลักษณะคล้ายตัว W ปลายของใบล้อจะเป็นมุมแหลม 2 มุม ช่วยในการตะกุดและเปิดหน้าดิน ทำให้ล้อเกิดการตะกุดดินได้ดี ส่งผลให้รถไฟเดินตามมีแรงต้านทานการหมุนของล้อต่ำลงตามไปด้วย



รูปที่ 7 แรงต้านทานการหมุนของล้อ

3. แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ

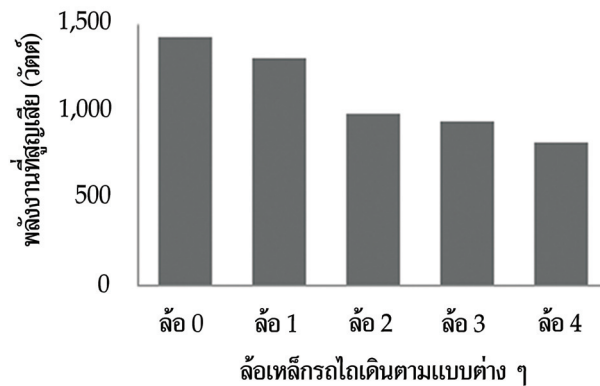
จากรูปที่ 8 แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ คือ แรงที่ล้อส่งให้กับพื้นผิวดิน และผลรวมแรงต้านทานการหมุนของล้อแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ 0 1 2 3 และล้อ 4 มีค่า 2,007 1,864 1,580 1,435 และ 1,301 นิวตัน ตามลำดับ ล้อ 4 ลักษณะใบล้อคล้ายตัว W ปลายใบล้อทำมุมแหลมช่วยในการตะกุดดินได้ดีขึ้น มีความกว้างของหน้าล้อลดลง ทำให้แรงเสียดทานและแรงต้านทานการหมุนของล้อลดลงได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำสุด



รูปที่ 8 แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ

4. พลังงานที่สูญเสีย

จากรูปที่ 9 พลังงานที่สูญเสีย คือ ผลรวมของการสูญเสียความเร็วในการเคลื่อนที่และการสูญเสียแรงเนื่องจากการเปลี่ยนรูปร่างของดิน พลังงานที่สูญเสียของล้อ 0 1 2 3 และล้อ 4 มีค่าพลังงานที่สูญเสียคือ 1,425 1,300 981 939 และ 823 วัตต์ ตามลำดับ ล้อ 4 มีค่าพลังงานที่สูญเสียต่ำสุดเนื่องจากมีแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อและแรงต้านทานการหมุนต่ำสุด ล้อสามารถเคลื่อนที่ได้ดีโดยที่ดินมีค่าการเปลี่ยนรูปร่างต่ำ ส่งผลให้พลังงานที่สูญเสียของล้อ 4 ต่ำตามไปด้วย



รูปที่ 9 พลังงานที่สูญเสียของล้อ

5. ผลการเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ในการทดสอบ

จากรูปที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบการทำงานพบว่า ล้อเหล็กกรไลเดินตามแบบที่ 4 มีประสิทธิภาพและสมรรถนะที่แตกต่างจากล้ออื่นอย่างชัดเจน โดยมีแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำ แรงต้านทานการหมุนของล้อต่ำ พลังงานที่สูญเสียต่ำส่งผลให้ประสิทธิภาพการฉุดลากเพิ่มสูงขึ้น ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานและการสิ้นเปลืองมีค่าใกล้เคียงกัน ล้อเหล็กกรไลเดินตามแบบที่ 4 จึงมีความเหมาะสมในการทำงานเนื่องจากลักษณะใบล้อสามารถเฉือนตัดดินได้ดีทำให้ล้อตะกุดดินได้ดีขึ้นรถไถเดินตามเกิดความคล่องตัวในการทำงาน น้ำหนักล้อเหล็กกรไลเดินตามมีผลต่อการทำงานของรถไถเดินตามต่ำ เนื่องจากเป็นการทำงานในพื้นที่สภาพไร่ ดินมีความแข็งแรงสูง ในการทำงานล้อเหล็กกรไลเดินตามจมลงไปดินอย่างสม่ำเสมอ จะเห็นได้จากค่าความลึกร่องไถตารางที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 10 ผลการเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ในการทดสอบ

จากตารางที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบการทำงานของล้อเหล็กรถไฟเดินตามแบบที่ 4 และการทำงานของล้อยาง ซึ่งเป็นผลจากงานวิจัยโดยมีชนิดดินเดียวกันพบว่า ล้อเหล็กรถไฟเดินตามแบบที่ 4 มีการลื่นไถลและแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำกว่าล้อยาง ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงานมีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบล้อยางและล้อเหล็กรถไฟเดินตามในการทำงานไถเตรียมดิน

รายการ		ล้อยาง	ล้อ 4
การลื่นไถล	(เปอร์เซ็นต์)	32.5	18.99
แรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อ	(นิวตัน)	1,719	1,301
ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการทำงาน	(เปอร์เซ็นต์)	80.43	84.66

6. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบล้อเหล็กรถไฟเดินตามแบบต่าง ๆ

การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างของแรงต้านทานการหมุน พลังงานที่สูญเสีย และประสิทธิภาพการฉุดลากที่ได้จากการทดสอบล้อเหล็กรถไฟเดินตามแบบต่าง ๆ โดยต่อพ่วงไถจานในการไถเตรียมดินจะทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในระหว่างการทดสอบ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ล้อ	แรงต้านทานการหมุนของล้อ	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

* เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามอักษรในแนวนั่ง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับด้านข้างต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4 พบว่าค่าแรงต้านทานการหมุนของล้อ และค่าพลังงานที่สูญเสียล้อ 2 และล้อ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการฉุดลากทุกล้อมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในด้านการวิเคราะห์ทางสถิติ ล้อเหล็กรถไฟเดินตามแบบที่ 4 จึงเป็นล้อที่มีความเหมาะสมในการลดแรงต้านทานการหมุนของล้อ ลดพลังงานที่สูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพในการฉุดลากเมื่อใช้งานในการไถเตรียมดิน

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบล้อเหล็กกรไถเดินตามที่ได้ศึกษาและพัฒนาขึ้น โดยการไถเตรียมดินด้วยไถงานพบว่า ล้อเหล็กกรไถเดินตามแบบที่ 4 มีรูปทรงคล้ายตัว W ปลายแหลมทำมุม 53 องศา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ล้อ 87 เซนติเมตร พื้นที่ใบล้อ 272 ตารางเซนติเมตร มีแรงที่ต้องใช้ทั้งหมดของล้อต่ำสุดที่ 1,301 นิวตัน แรงต้านทานการหมุนของล้อต่ำสุดที่ 757 นิวตัน พลังงานที่สูญเสียของล้อต่ำสุดที่ 823 วัตต์ ประสิทธิภาพการฉุดลากสูงสุดที่ 33.87 เปอร์เซ็นต์ ล้อเหล็กกรไถเดินตามแบบที่ 4 จึงเป็นล้อที่มีความเหมาะสมในการทำงานในสภาพไร่ที่มีลักษณะดินแบบ Loamy Sand เนื่องจากสามารถลดแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อล้อเหล็กกรไถเดินตาม และในขณะทำงานสามารถลดความยากลำบากในการทำงาน มีความคล่องตัวในการไถเตรียมดินมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัยจากกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่ คณาจารย์สาขาวิศวกรรมเกษตรทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการอันเป็นประโยชน์แก่งานวิจัย และบัณฑิตสาขาวิศวกรรมเกษตรทุกท่านที่ช่วยในการทดสอบงานวิจัยจนเสร็จลุล่วงไปด้วยดี

References

- [1] Bun-art, S. (2014). Traction Testing of Cage and Type Wheels Power Tiller for Working with Cassava Field. National Research Council of Thailand. (in Thai)
- [2] Phongsupasamit, S. (1996). Power Tiller. Bangkok: Chula Pres. (in Thai)
- [3] McKyes, E. (1985). Soil Cutting and Tillage. New York: Elsevier Science Publishing Company, Inc.
- [4] Soekarno, S. and Salohke, V. (2003). Soil Reactions on the Cage Wheels with Staggered Echelons of Half-width Lugs and Perfect Chevron Lugs in Wet Clay Soil. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript PM 03 002. pp.1-25
- [5] McKyes, E. (1989). Agricultural Engineering Soil Mechanics. New York: Science Publishing Company, Inc.