

อุปกรณ์พรวนกลบวัสดุย่อยแบบไถจานชนิดใช้กำลังขับเคลื่อนสำหรับการจัดการอ้อยตอ
Sugarcane-Residue Incorporator Used Powered Disk Tiller for the Ratoon Cane Management

รุจิภาส คงกล้า¹ ศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล^{1*} และ ประเทือง อุษาบริสุทธิ¹
 Rujipart Kongklum¹, Sirisak Choedkiatphon¹ and Prathuang Usaborisut¹

Abstract

Trash incorporator by using two-shaft powered disk tiller was developed to improve the sugarcane residue management between the rows of cane stalk after harvesting by cane harvester. It was developed to invert soil for trash covering and alleviate the effects of sugarcane burning on the ratoon cane. The implement consisted of the depth control wheels, a cutting disk, the spiral-notched disks and the power transmission system. The performance tests were conducted in the upland field. The average soil cone index (soil penetration resistance) was 1.91 MPa. The soil moisture content and the soil dry bulk density were 14.41% (db) and 1.88 g/cm³, respectively. Tests were carried out at different travel speeds of tractor of 1.65 and 2.45 km·h⁻¹, gang angles of 40° and 42° and disk revolution speeds of 130, 150 and 170 rpm. The results showed that at 40° gang angle setting, consumed less specific power compared to 42° gang angle setting at all travel speeds and disc revolution speeds. The implement consumed as much as 2.24 to 17.04% and 14.94 to 23.43% less specific power at 40° gang angle setting than 42° gang angle setting at disc revolution speeds of 130, 150 and 170 rpm, respectively. The specific power consumption increased with higher disc revolution speeds at all forward speeds. Better performance in terms of trash covering efficiency was obtained at a 40° gang angle, 150 rpm revolution speed and 2.45 km/h travel speed. Besides, drawbar power, pto power and total power were also presented.

Keywords: powered disk tiller, small tractor, ratoon cane, inter-row inversion.

บทคัดย่อ

อุปกรณ์พรวนกลบวัสดุย่อยแบบไถจานชนิดใช้กำลังขับเคลื่อนแบบ 2 เพลา ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจัดการวัสดุอ้อยระหว่างแถวอ้อยตอภายหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อย โดยพัฒนาขึ้นเพื่อพลิกดินกลบวัสดุอ้อยซึ่งเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงในดินและบรรเทาปัญหาการลุกลามของไฟไหม้ในไร่ป้องกันความเสียหายแก่อ้อยตอ อุปกรณ์พรวนกลบวัสดุอ้อยประกอบด้วย ชุดล้อควบคุมความลึกการไถ ชุดจานกรีดใบอ้อย ชุดผาลจานใบจักร และระบบส่งกำลัง อุปกรณ์ที่พัฒนาถูกนำมาทดสอบในแปลงสภาพดินไร่ชนิดดินร่วน ค่าเฉลี่ยดัชนีการยวบของดิน (ความต้านทานการแทงทะลุดิน) เท่ากับ 1.91 เมกะปาสคาล ปริมาณความชื้นในดินและความหนาแน่นมวลรวมสภาพแห้งเท่ากับ 14.41% (db) และ 1.88 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ทดสอบที่ความเร็วการเดินทางเฉลี่ยของรถแทรกเตอร์ 1.65 และ 2.45 กม./ชม. มุม gang angle 40° และ 42° และความเร็วรอบการหมุนของจานไถ 130 150 และ 170 รอบ/นาที ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าในทุกกรณีของความเร็วการเดินทางของรถแทรกเตอร์และความเร็วรอบการหมุนของจานไถ การพรวนกลบวัสดุอ้อยด้วยมุม gang angle 40° อุปกรณ์ไถจานชนิดใช้กำลังขับเคลื่อนใช้กำลังจำเพาะที่เพลลาอำนวยการพรวนกลบวัสดุอ้อยที่มุม gang angle 42° โดยที่อุปกรณ์ใช้กำลังจำเพาะในการพรวนกลบวัสดุอ้อยด้วยมุม gang angle 42° มากกว่าการพรวนกลบวัสดุอ้อยด้วยมุม gang angle 40° คิดเป็น 11.29 ถึง 15.66%, 20.65 ถึง 21.77% และ 15.58 ถึง 18.17% ที่ความเร็วรอบการหมุนของจานไถ 130 150 และ 170 รอบ/นาที ตามลำดับ อุปกรณ์ใช้กำลังจำเพาะเพื่อการพรวนกลบวัสดุอ้อยเพิ่มขึ้นด้วยความเร็วรอบการหมุนของจานไถเพิ่มขึ้นในทุกกรณีของความเร็วการเดินทางของรถแทรกเตอร์ อุปกรณ์พรวนกลบวัสดุอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพที่มุม gang angle 40° ความเร็วรอบการหมุนของจานไถ 150 รอบ/นาที และความเร็วการเดินทาง 2.45 กม./ชม. นอกจากนั้นผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นถึงขนาดกำลังชุดดอก กำลังที่เพลลาอำนวยการพรวนกลบวัสดุอ้อย และกำลังรวมที่อุปกรณ์ใช้ในการพลิกกลบวัสดุอ้อย

คำสำคัญ: ไถจานชนิดใช้กำลังขับเคลื่อน รถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก อ้อยตอ การพลิกกลบระหว่างแถว

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140, * email: fengsrcp@ku.ac.th

¹ Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Sean, Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140.

คำนำ

การพัฒนาอุปกรณ์พรวนกลบใบอ้อยแบบไถจานชนิดใช้กำลังขับเคลื่อน 2 เพลลา มีจุดมุ่งหมายเพื่อการพลิกกลบวัสดุอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อย คือการสร้างแนวดินเพื่อป้องกันการลุกลามของไฟไหม้ในไร่อ้อยอีกทั้งยังเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในแปลงปลูกอ้อย เนื่องด้วยการลุกลามของไฟไหม้ในไร่อ้อยต่อซึ่งจะทำให้ต่ออ้อยเสียหายส่งผลต่อต้นทุนเพราะต้องปลูกทดแทน อีกทั้งยังส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในระยะยาว ธีญาและคณะ (2554) วิจัยและพัฒนาไถจานชนิดใช้กำลังขับเคลื่อนโดยใช้ผลจานใบจักรแบบเกลียว (spiral notched disc) 6 ผล ไถพรวนที่ความเร็วรอบการหมุน 100 รอบ/นาที พบว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาพรวนดินกำจัดวัชพืชอย่างสม่ำเสมอ ประสิทธิภาพการพลิกดินกลบวัชพืชอยู่ในช่วง 86.98-92.03% อีกทั้งใช้แรงจุดลากจำเพาะลดลงและความลึกการไถสม่ำเสมอมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับไถจานชนิดจานไถหมุนอิสระ ต่อมา ศิริศักดิ์ และคณะ (2560) ได้วิจัยและพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ไถจานชนิดใช้กำลังขับเคลื่อนเพื่อการพรวนกลบวัสดุอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวในไร่อ้อย ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์พรวนกลบวัสดุอ้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยความเร็วการหมุนของจานไถที่ 150 รอบ/นาที และมุมจานไถ (gang angle) 40° ประสิทธิภาพการพลิกกลบใบอ้อยอยู่ในช่วงระหว่าง 90.4-95.3% อุปกรณ์ใช้กำลังขับเคลื่อนจำเพาะที่เพลลาอำนาจกำลังอยู่ในช่วงระหว่าง 0.89-1.4 กิโลวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ดังนั้นการทดสอบอุปกรณ์ที่พัฒนาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณกำลังจุดลากอุปกรณ์ กำลังขับเคลื่อนที่เพลลาอำนาจกำลังและกำลังรวมที่ต้องการในกระบวนการพลิกกลบวัสดุอ้อยในแปลงสภาพดินไร่

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์พรวนกลบแบบไถจานชนิดใช้กำลังขับเคลื่อน 2 เพลลา และเงื่อนไขการทดลอง

การวิจัยเพื่อพัฒนาอุปกรณ์พรวนกลบเศษวัสดุอ้อยแบบไถจานชนิดใช้กำลังขับเคลื่อนเพื่อการพลิกกลบใบอ้อยระหว่างร่องอ้อยในลักษณะพูนโคนอ้อยต่อทั้งด้านซ้ายและด้านขวาในคราวเดียวกัน โดยสร้างต้นแบบอุปกรณ์ไถจานชนิดใช้กำลังขับเคลื่อน (Figure 1) ส่วนประกอบหลักได้แก่ โครงสร้างหลักของอุปกรณ์ (No.1) ล้อควบคุมความลึกการไถ (No.2) ชุดจานตัดใบอ้อย (No.3) จานใบจักรแบบใช้กำลังขับเคลื่อน 2 ชุด (No.4) อุปกรณ์ถูกออกแบบให้ชุดจานตัด No. 3 ทำหน้าที่กรีดตัดใบอ้อยเพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพการพลิกกลบใบอ้อยของชุดผลจานใบจักรซึ่งถูกหมุนด้วยระบบส่งผ่านกำลังจากเพลลาอำนาจกำลังของรถแทรกเตอร์ Massey Ferguson รุ่น 390 (70 แรงม้า) ซึ่งส่งกำลังผ่านกล่องเกียร์ทด No. 5 และระบบส่งกำลังเฟืองโซ่ No. 6 และควบคุมความลึกการไถที่ 15 เซนติเมตร ด้วยล้อควบคุมความลึก โดยทดสอบสมรรถนะอุปกรณ์ในแปลงทดสอบชนิดดินร่วน (อนุภาคทราย 39.29% อนุภาคทรายแป้ง 45.97% และอนุภาคดินเหนียว 14.73%) คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม ความหนาแน่นมวลรวมสภาพแห้ง 1.88 กรัม/ลบ.ซม. ปริมาณความชื้นในดิน 14.41% (db) ความต้านทานการแทงทะลุดิน 1.91 MPa ทดสอบที่ความเร็วการเดินทางเฉลี่ยรถแทรกเตอร์ 1.65 และ 2.45 กม./ชม. มุมจานไถ (gang angle) 40° และ 42° และความเร็วรอบการหมุนที่ผลจานใบจักร 130 150 และ 170 รอบ/นาที ทดสอบ 3 ซ้ำ โดยวางแผนการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ RCBD factorial

2. การวัดกำลังจุดลากและกำลังที่เพลลาอำนาจกำลัง (Measurements of Drawbar and PTO Powers)

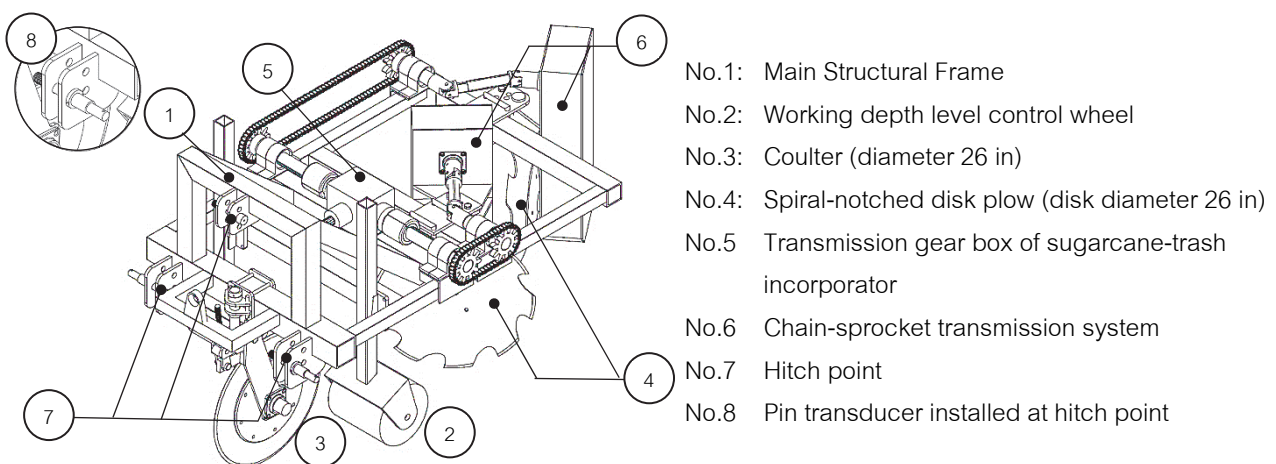


Figure 1 A schematic of sugarcane-trash incorporator by using powered disk tiller

อุปกรณ์วัดกำลังจุดลาก (pin transducer) ถูกติดตั้งที่จุดต่อพวง 3 จุด (Figure 1) ทอรัที่กระทำบนเพลลาอำนาจกำลัง กำลังคำนวณค่ากำลังจุดลาก (P_D) และกำลังที่เพลลาอำนาจกำลัง (P_{PTO}) ได้โดยใช้สมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ โดยที่ F คือ

แรงจุดลากหน่วยนิวตัน v_T คือความเร็วการเดินทางหน่วยเมตร/วินาที n คือความเร็วรอบการหมุนหน่วยรอบ/นาที และ T คือทอร์กที่กระทำบนเพลลาอำนาจกำลังหน่วยนิวตัน-เมตร นอกจากนี้ยังคำนวณหาค่ากำลังรวมจำเพาะ (specific total power; P_{total}) ที่ใช้ในการพลิกกลบดินดังแสดงในสมการที่ (3) โดยที่ A_p คือพื้นที่ไถพรวนดินในแนวตั้งในขณะพลิกกลบวัสดุย่อยซึ่งถูกนำเสนอโดย Abo-El-Ees and Wills (1986)

$$\text{Drawbar power (kW)} = F \cdot v_T \quad \dots (1)$$

$$\text{PTO power (kW)} = 2n\pi T / 60,000 \quad \dots (2)$$

$$\text{Specific total power (W/cm}^2\text{)} = (P_d + P_{PTO}) / A_p = P_{total} / A_p \quad \dots (3)$$

ผล

1. กำลังจุดลาก (Drawbar power) และกำลังขับที่เพลลาอำนาจกำลัง (PTO power)

ภายหลังการทดสอบการไถพลิกกลบดินโดยอุปกรณ์ไถพรวนชนิดใช้กำลังขับ (Figure 2a) พบว่าขนาดมุมงานไถไม่ส่งผลทำให้กำลังจุดลากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบที่เงื่อนไขความเร็วการเดินทางเดียวกัน ผลการทดสอบในช่วงความเร็วรอบการหมุนที่ผลงานไถ 130 ถึง 170 รอบ/นาที แสดงให้เห็นว่าที่ความเร็วการเดินทาง 2.45 กม./ชม. รถแทรกเตอร์ใช้กำลังจุดลากเพิ่มขึ้น 55.59-61.70% และ 50.61-61.42% ในกรณีมุมงานไถ 40° และ 42° ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบที่ความเร็วการเดินทาง 1.65 กม./ชม. เมื่อพิจารณาจากปริมาณการใช้กำลังที่เพลลาอำนาจกำลัง (Figure 2b) พบว่าในการพรวนกลบดินที่มุมงานไถ 40° การใช้กำลังขับที่เพลลาอำนาจกำลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีมุมงานไถ 42° ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการไถพรวนพลิกกลบดินที่ความเร็วการเดินทาง 1.65 และ 2.45 กม./ชม. ไถพลิกกลบด้วยมุมงานไถ 42° ใช้กำลังขับที่เพลลาอำนาจกำลังเพิ่มขึ้น 14.63-15.62%, 20.09-46.17% และ 20.12-29.67% เมื่อเปรียบเทียบกับการไถพลิกกลบด้วยมุมงานไถ 40° ที่เงื่อนไขความเร็วรอบการหมุนผลงานไถ 130, 150 และ 170 รอบ/นาที ตามลำดับ อีกทั้งผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่าการไถพรวนพลิกกลบดินที่ความเร็วรอบการหมุนผลงานไถ 130, 150 และ 170 รอบ/นาที ปริมาณการใช้กำลังขับที่เพลลาอำนาจกำลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

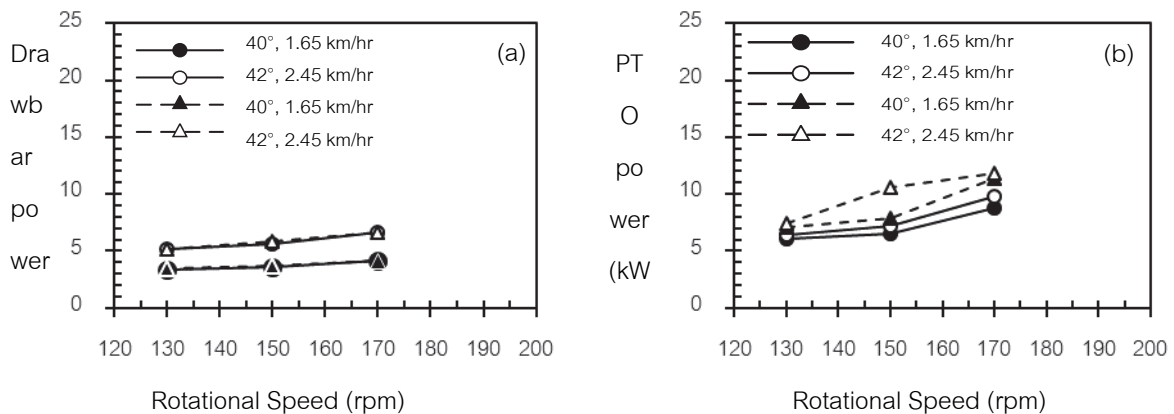


Figure 2 (a) Drawbar powers and (b) PTO powers at the condition of 40° and 42° gang angle.

2. กำลังรวม (Total Power) และกำลังรวมจำเพาะ (Specific Total Power) ที่อุปกรณ์ใช้ในการพลิกกลบดิน

การวิเคราะห์ปริมาณกำลังรวมและกำลังรวมจำเพาะดังแสดงใน Figure 3a และ Figure 3b ตามลำดับ ยังคงแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ไถพรวนพลิกกลบดินด้วยมุมงานไถ 42° กำลังรวมและกำลังรวมจำเพาะที่ใช้สำหรับการพลิกกลบดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีมุมงานไถ 40° อย่างมีนัยสำคัญ และกรณีอุปกรณ์ไถพรวนพลิกกลบดินด้วยความเร็วการเดินทาง 2.45 กม./ชม. ปริมาณกำลังรวมและกำลังรวมจำเพาะที่ต้องการในการพรวนพลิกกลบดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีความเร็วการเดินทาง 1.65 กม./ชม. นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่ออุปกรณ์หมุนไถพรวนพลิกกลบดินด้วยความเร็วรอบการหมุนที่เพิ่มขึ้นขนาดกำลังรวมและกำลังรวมจำเพาะจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาสัดส่วนกำลังรวมพบว่าอุปกรณ์ใช้กำลังที่เพลลาอำนาจกำลังคิดเป็น 63.75% ของกำลังรวม โดยที่เงื่อนไขมุมงานไถ 40° ความเร็วการเดินทาง 1.65 และ 2.45 กม./ชม. พบว่าอุปกรณ์ใช้กำลังที่เพลลาอำนาจกำลังมากกว่ากำลังจุดลากอยู่ในช่วง 82.73-112.49% และ

25.19-47.84% ตามลำดับ และที่เงื่อนไขมุมจานไถ 42° อุปกรณ์ใช้กำลังที่เพลลาอำนาจกำลังมากกว่ากำลังชุดลาก อยู่ในช่วง 42.17-116.31% และ 78.83-79.57% กรณีความเร็วการเดินทาง 1.65 และ 2.45 กม./ชม.ตามลำดับ

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ไถพรวนกลบดินด้วยมุมจานไถ 40° ใช้กำลังรวมน้อยกว่าการพรวนพลิกกลบดินด้วยมุมจานไถ 42° อยู่ในช่วงระหว่าง 8.55-11.63%, 13.5-28.16% และ 11.73-20.41% ที่ความเร็วรอบการหมุนผลจานไถ 130, 150 และ 170 รอบ/นาที ตามลำดับ และอุปกรณ์ไถพรวนกลบดินด้วยมุมจานไถ 40° ใช้กำลังรวมจำเพาะน้อยกว่าการพรวนพลิกกลบดินด้วยมุมจานไถ 42° อยู่ในช่วงระหว่าง 11.29-15.66%, 20.65-21.77% และ 15.58-18.17% ที่ความเร็วรอบการหมุนที่ผลจานไถ 130, 150 และ 170 รอบ/นาที ตามลำดับ

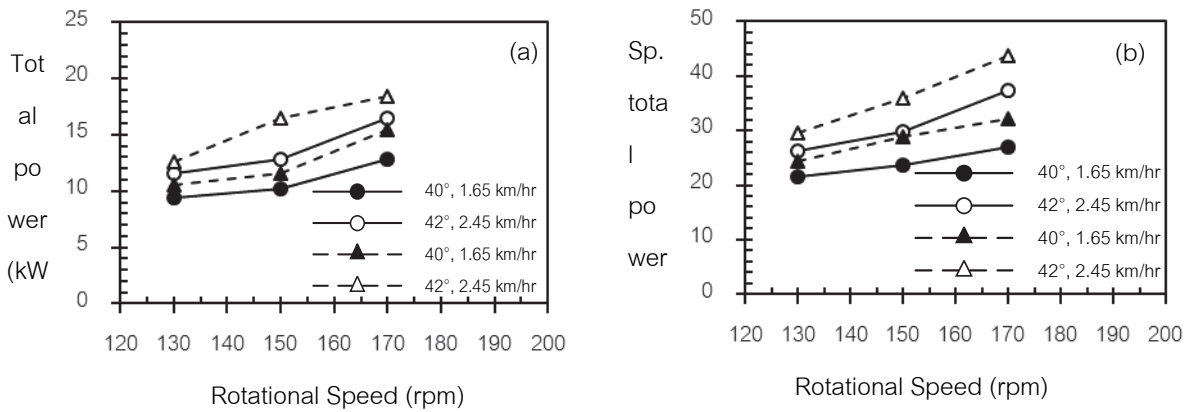


Figure 3 (a) Total powers and (b) Specific total powers at condition of 40° and 42° gang angle.

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่ความเร็วการเดินทาง 2.45 กม./ชม. อุปกรณ์ใช้กำลังรวมเพื่อการพลิกกลบดินมากกว่าการทำงานที่ความเร็วการเดินทาง 1.65 กม./ชม. เพราะระยะการไถในแนวการเคลื่อนที่ (tilling pitch) ของผลจานไถเพิ่มขึ้นเมื่อรถแทรกเตอร์วิ่งเร็วขึ้น และอุปกรณ์ใช้กำลังรวมเพิ่มขึ้นเมื่อจานไถหมุนพลิกกลบดินด้วยความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นเนื่องด้วยการแตกตัวของก้อนดินจะละเอียดมากยิ่งขึ้นเมื่อจานไถทำงานด้วยความเร็วรอบหมุนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การใช้กำลังที่เพลลาอำนาจกำลังเพิ่มขึ้น (Hoki *et al.*, 1988) กำลังรวมที่ใช้ในการพลิกกลบดินที่มุมจานไถ 42° มากกว่าที่มุมจานไถ 40° เพราะปริมาณดินที่ถูกไถพลิกกลบที่มุมจานไถ 42° มากกว่าที่มุมจานไถ 40°

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่มุมจานไถ 40° อุปกรณ์ใช้กำลังรวมน้อยกว่ามุมจานไถ 42° อุปกรณ์ไถพลิกกลบดินด้วยความเร็วการเดินทาง 2.45 กม./ชม. ใช้กำลังรวมสูงกว่าการทำงานที่ความเร็วการเดินทาง 1.65 กม./ชม. และเมื่อความเร็วรอบการหมุนจานไถเพิ่มขึ้นส่งผลให้อุปกรณ์ใช้กำลังรวมเพิ่มขึ้น และพบว่าอุปกรณ์ใช้กำลังขับเคลื่อนที่เพลลาอำนาจกำลังคิดเป็น 63.75% ของกำลังรวม

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณภาคีวิชาการวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์วัดและสถานที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ธัญญา นียมภา, Nalavade, P.P. และ วิชัย หมอชาติ. 2554. การวิจัยและพัฒนาเครื่องมือไถจวนชนิดใช้กำลังขับเคลื่อน. รายงานการวิจัยและพัฒนาฉบับสมบูรณ์, สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
 ศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล, สุจิตาส คงกล้า และ ประเทือง อุษาบริสุทธิ์. 2560. การพรวนกลบใบไถในไร่หลังการเก็บเกี่ยวด้วยไถจวนชนิดใช้กำลังขับเคลื่อนวารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 48(3):23-26.
 Abo-El-Ees, N.A.E.H. and B.M.D. Wills. 1986. An Analysis of geometric and soil working parameters of a curved vertical disc. Journal of Agricultural Engineering Research 35: 277-286.
 Hoki, M., H.B. Thomass, H. W. Robert and T. Tatsuo. 1988. Study of PTO driven powered disk tiller. American Society of Agricultural Engineering 31(5): 1355-1360.