

ออกแบบและพัฒนาขลุบหมุนติดพวงท้ายรถไถเดินตาม

Design and Development of Power Puddler Implemented with Two-wheel Tractor

ยุทธนา เครือหาญชาญพงศ์^{1/} พัทตร์วิภา สุทธิวารี^{1/} ขนิษฐ์ หว่านณรงค์^{1/}
อัคคพล เสนาณรงค์^{1/} สุภาสิต เสงี่ยมพงศ์^{1/} อนุชิต นำสิงห์^{1/} ประสาท แสงพันธุ์ตา^{1/}
Yuttana Khaehanchanpong^{1/} Phakwipha Sutthiwaree^{1/} Khanit Wannarong^{1/}
Akkapol Senanarong^{1/} Suphasit Sngiamphongse^{1/} Anuchit Chamsing^{1/} Prasat Sangphanta^{1/}

ABSTRACT

A power puddler implemented with a 11 hp two - wheel tractor was developed for primary and secondary tillage in irrigated paddy field. Diesel engine (11 hp) was used for the power puddler. The power engine was transmitted by pulley to rotary gearbox (ratio 1.46:1) with the chain and sprocket (ratio 1.88:1). The cutting width of power puddler was 1.20 m. There were six disk holder flanges fitted with 36 L- C type blades on the tiller shaft. The flanges were located on attain spiral form of the blade. The speed of the rotor was 204 rpm with engine speed 2,400 rpm. On the irrigated paddy of Phatum Thani province, The power puddler was used for primary tillage, field capacity was 2.88 rai/hr with 91.59% field efficiency, fuel consumption was 1.40 l/rai (sum of two - wheel tractor and power puddler). After water was being kept in the field for 1 day, the power puddler was used for secondary tillage. Field capacity was 3.11 rai/hr with field efficiency 94.63 %, fuel consumption was 1.28 l/rai (sum of two - wheel tractor and power puddler) and puddling index was 60 %.

Key words: power puddler, primary tillage, secondary tillage

บทคัดย่อ

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ได้ออกแบบและพัฒนาขลุบหมุนติดพวงท้ายรถไถเดินตามสำหรับเตรียมดินขั้นที่ 1 และ ขั้นที่ 2 สำหรับนาข้าวชลประทาน โดยมีขลุบหมุนใช้เครื่องยนต์ดีเซล 11 แรงม้า

^{1/} สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม. 10900

Institutes of Agricultural Engineering Research, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,400 รอบ/นาที เป็นต้นกำลัง โดยใช้พู่เล่เครื่องยนต์ขนาด 3.5 นิ้ว ส่งกำลังผ่านสายพานไปยังพู่เล่ขนาด 15 นิ้ว ซึ่งติดกับชุดเกียร์ทดอัตราทด 1.46:1 แล้วส่งผ่านไปยังเฟืองโซ่ที่มีอัตราทด 1.88:1 เพื่อขับเพลาลูกหมุนให้หมุนที่ความเร็วรอบ 204 รอบ/นาที ลูกหมุนมีหน้ากว้างการทำงาน 1.20 ม. มีใบมีด L-C 6 ชุด ๆ ละ 6 ใบ รวม 36 ใบ โดยจัดเรียงใบมีดแบบเกลียว ได้ทดสอบหาสมรรถนะในการทำงานโดยใช้รถไถเดินตาม ติดเครื่องยนต์ดีเซล 11 แรงม้าที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,800 รอบ/นาที เป็นต้นกำลัง ทำการทดสอบเตรียมดินชั้นที่ 1 และ 2 ในพื้นที่นาข้าวชลประทาน จ.ปทุมธานี พบว่าความสามารถในการทำงานเฉลี่ยสำหรับเตรียมดินชั้นที่ 1 2.88 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 91.59 % อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.40 ล./ไร่ (รวมเครื่องยนต์รถไถเดินตามและเครื่องยนต์ลูกหมุน) หลังจากเตรียมดินชั้นที่ 1 ชั่งน้ำในแปลง 1 วัน ทำการทดสอบเตรียมดินชั้นที่ 2 พบว่าความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 3.11 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่เฉลี่ย 94.63 % อัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.28 ล./ไร่ (รวมเครื่องยนต์รถไถเดินตามและเครื่องยนต์ลูกหมุน) ค่าความเป็นเทือกของดิน 60%

คำหลัก: ลูกหมุน การเตรียมดินชั้นที่ 1 การเตรียมดินชั้นที่ 2

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มี

พื้นที่ทำนาข้าวทั้งหมดประมาณ 64 ล้านไร่ ได้ผลผลิตรวม 27 ล้านตัน ด้วยผลผลิตเฉลี่ย 425 กก./ไร่โดยเป็นข้าวนาปี 57 ล้านไร่ และข้าวนาปรังหรือนาในเขตชลประทาน 7 ล้านไร่ (นิรนาม, 2549) การทำนาในเขตชลประทานนิยมทำนาหว่านน้ำตม ซึ่งเกษตรกรสามารถทำนาได้ 5 ครั้งในรอบ 2 ปี

การเตรียมดินในการทำนาหว่านน้ำตมในเขตชลประทาน ต้องการเตรียมดินที่ประณีตกว่าการทำนาแบบอื่น มีการใช้เครื่องจักรกลเกษตรหลายชนิด และระบบการดำเนินการที่แตกต่างกัน ตั้งแต่การใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลังพวงลากไถหัวหมูหรือไถจาน เพื่อการเตรียมดินชั้นแรกแล้วพวงลากขลุบหรือคราดเหล็ก เพื่อการเตรียมดินชั้นที่ 2 (ทำเทือก) จนถึงการใช้รถแทรกเตอร์ดินตะขบขนาดใหญ่ (ขนาดเครื่องยนต์ราว 200 แรงม้า) พวงลากจอบหมุนเพื่อการเตรียมดินชั้นแรก แล้วใช้รถไถเดินตามพวงลากขลุบหรือคราดเหล็กเพื่อทำเทือก จากแนวโน้มการใช้เครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในระบบการผลิต โดยเฉพาะขั้นตอนการเตรียมดินและการเก็บเกี่ยว ตลอดจนมีการใช้พื้นที่ทำนาอย่างต่อเนื่องทั้งปีไม่มีเวลาพักดิน ส่งผลให้ชั้นดินดานลดระดับ มีชั้นดินโคลนสึกเกินความต้องการสำหรับการทำนา เกิดสภาพนาหล่ม (อนุชิตและคณะ, 2548)

การใช้เครื่องจักรกลเกษตรขนาดเล็ก จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาดังกล่าว ดังนั้นสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมจึงได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับลูกหมุนติดพวงท้ายรถไถเดินตาม

เพื่อใช้ในขั้นตอนการเตรียมดินที่เหมาะสม สำหรับสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิต รวมถึงลดผลกระทบต่อพื้นที่นาและชั้นดินดาน ที่ผ่านมาสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้ออกแบบขลุบหมุนติดพวงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กที่มีหน้ากว้างการทำงาน 2.40 ม. ติดพวงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาด 27 แรงม้า พบว่าความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 2.27 ไร่/ชม ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 70.27% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.97 ล./ไร่ ที่ดัชนีความเป็นเทือก 52.24 % (Figure 1) (พัคตร์วิภาและคณะ, 2549)



Figure 1. Rotary puddler in paddy field

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการตรวจเอกสารการทำนาโดยใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลังในประเทศไทย รวมถึงระบบการทำนาในเขตชลประทาน พบว่าเกษตรกรจะใช้ไถจานสำหรับเตรียมดินขั้นที่ 1 (Figure 2) และใช้ขลุบสำหรับเตรียมดินขั้นที่ 2 (Figure 3) และยังพบว่า การที่จะใช้ต้นกำลังของรถไถเดินตามมาหมุนเพลลาให้มีดีขลุบหมุน

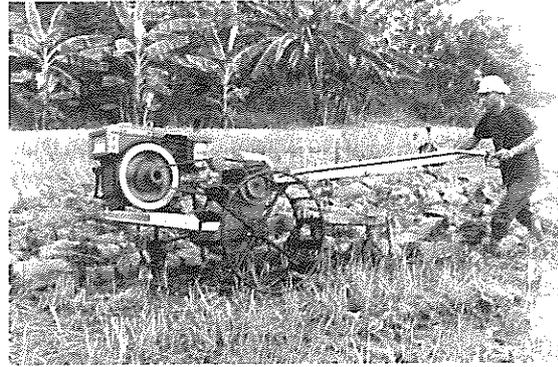


Figure 2. Disk plow in paddy field



Figure 3. Puddler in paddy field

ทำงานไม่สามารถทำได้ เพราะกำลังจากต้นกำลังของรถไถเดินตามไม่เพียงพอ จึงมีแนวทางที่จะใช้เครื่องยนต์ต้นกำลังอีกหนึ่งตัวมาขับเพลลาขลุบหมุนโดยตรง ดังนั้น จึงทำการออกแบบและสร้างต้นแบบโดยใช้เครื่องยนต์เบนซิน 11 แรงม้าเป็นต้นกำลังขลุบหมุน เครื่องยนต์ต้นกำลังหมุนที่ความเร็วรอบ 1,800 รอบ/นาที ส่งกำลังผ่านพูลู่ขนาด 4.5 และ 10 นิ้ว เพื่อถ่ายทอด ไปยังชุดเกียร์เครื่องตีน้ำในนาุ้งที่มีอัตราทด 4 : 1 ส่งผ่านกำลังไปยังเฟืองโซ่อัตราทด 1 : 1 เพื่อขับเพลลาขลุบหมุน ให้หมุนด้วยความเร็วรอบ 203 รอบ/นาที หน้ากว้างในการทำงานที่ 1.60 ม. และทดสอบเตรียมดินในแปลงเกษตรกร

จ. ปทุมธานี โดยพิจารณาความเป็นไปได้ในการใช้งาน ข้อบกพร่องต่างๆ จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่า กำลังของเครื่องยนต์เบนซิน 11 แรงม้ามีกำลังไม่เพียงพอ และชุดห้องเกียร์เครื่องต้นน้ำในนาถุ้งมีน้ำหนักมาก จึงได้ทำการแก้ไขโดยการเปลี่ยนต้นกำลังจากเครื่องเบนซิน 11 แรงม้า เป็นเครื่องยนต์ดีเซล 11 แรงม้า นอกจากนี้ยังเปลี่ยนห้องเกียร์ชุดต้นน้ำในนาถุ้งเป็นชุดเกียร์ทดขนาด 34 แรงม้า อัตราทด 1.46 : 1 ส่งผ่านไปยังเฟืองโซ่ 8 ฟันและ 15 ฟัน เพื่อขับเพลาลูกหมุนให้หมุนที่ความเร็วรอบ 197 รอบ/นาที แล้วทำการทดสอบอีกครั้งพบว่า ยังมีปัญหาเกิดขึ้นอีก คือ หน้ากว้างในการทำงาน 1.60 ม. ซึ่งมากเกินไป และสกีที่อยู่ด้านหน้ามีขนาดใหญ่เกินไป ดังนั้นจึงทำการแก้ไขโดยลดขนาดหน้ากว้างในการทำงานลงเหลือ 1.20 ม. และย้ายตำแหน่งสกีจากด้านหน้าไปอยู่ที่ด้านข้างทั้งสองข้าง จากนั้นทำการทดสอบระยะยาวเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ อัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง ความสามารถในการทำงาน และวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ ระยะเวลาการดำเนินงาน ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2548 - กันยายน พ.ศ. 2549 ดำเนินการที่โรงปฏิบัติการของกลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร โรงงานนวนพินิต คลองห้า อ. ลำลูกกา จ. ปทุมธานี และแปลงนาเกษตรกรใน จ. ปทุมธานี

ผลการทดลองและวิจารณ์

สำหรับชุดหมุนที่ใช้ในการทดสอบจะใช้รอบหมุนของเครื่องยนต์ดีเซลอีดีไอ (11 แรงม้า)

ที่ติดพ่วงรถไถเดินตามที่ 1,800 รอบ/นาที และรอบเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า (11 แรงม้า) เพื่อหมุนชุดหมุนที่ 2,400 รอบ/นาที โดยมีระบบส่งกำลังจากเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 11 แรงม้า ที่รอบหมุน 2,400 รอบ/นาที ไปยังพู่เล่ 3.5 นิ้ว ส่งมายังพู่เล่ขนาด 15 นิ้ว ต่ไปยังชุดเกียร์ทด 1.46:1 ส่งไปยังเฟืองโซ่ 8 ฟัน และ 15 ฟัน เพื่อขับเพลาลูกหมุน ให้หมุนที่ความเร็วรอบประมาณ 200 รอบ/นาที ระบบถ่ายทอดกำลังเครื่องยนต์สู่เพลาลูกหมุนสำหรับติดพ่วงรถไถเดินตามต้นแบบ (Figure 4) และ ชุดหมุนสำหรับติดพ่วงท้ายรถไถเดินตามต้นแบบ (Figure 5)

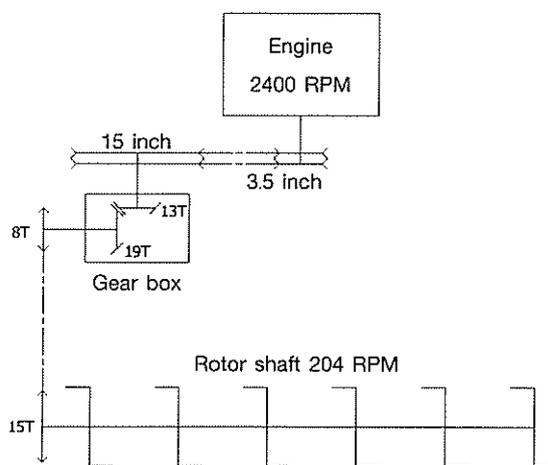


Figure 4. Transmission system

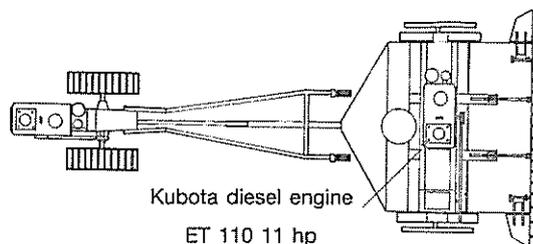


Figure 5. Power puddler implemented with two-wheel tractor prototype

การทดสอบเบื้องต้นในนาข้าว (Testing for Primary Tillage in Paddy Field)

หลังจากที่ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขต้นแบบจนสมบูรณ์แล้ว จึงทำการทดสอบการเตรียมดินขั้นที่ 1 โดยเก็บข้อมูลเพื่อคำนวณหาความสามารถในการทำงาน ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และคุณลักษณะของดินที่เปลี่ยนไป พร้อมทั้งวัดค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (cone index)

การทดสอบเก็บข้อมูลจะใช้เครื่องยนต์ดีเซลอีดีไอ (EDI 110 C) 11 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 1,800 รอบ/นาที เป็นต้นกำลังรถไถเดินตาม และเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า (ET 110) 11 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 2,400 รอบ/นาที เป็นต้นกำลังของขลุบหมุน ผลการทดสอบสำหรับเตรียมดินขั้นที่ 1 พบว่ามีประสิทธิภาพการทำงานสูง อีกทั้งยังประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง (Table 1) โดยที่ขลุบหมุนสำหรับติดพ่วงรถไถเดินตามต้นแบบเตรียมดินขั้นที่ 1 (Figure 6)



Figure 6. Power puddler implemented with two-wheel tractor prototype for primary tillage

Table 1. Result of testing for primary tillage

	Test 1	Test 2
Area (rai)	2.91	4.80
Traveling speed (km/h)	4.03	5.83
Field efficiency (%)	91.19	91.97
Effective field capacity (rai/h)	2.76	2.98
Fuel consumption (liter/rai)	1.30	1.49

การทดสอบครั้งที่สองในนาข้าว (Testing for Secondary Tillage in Paddy Field)

หลังจากทำการเตรียมดินขั้นที่ 1 เกษตรกรปล่อยน้ำขังในแปลงเป็นเวลา 1 วัน และทำการเตรียมดินในขั้นที่ 2 ซึ่งเก็บข้อมูลเพื่อคำนวณหาค่าความแข็งแรงผิวหน้าเพื่อก่อนและหลังการทดสอบ ดรรชนีความเป็นเทือก ความสามารถในการทำงาน ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และคุณลักษณะของดินที่เปลี่ยนไปโดยวัดค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน

การทดสอบเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลอีดีไอ (EDI 110 C) 11 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 1,800 รอบ/นาที เป็นต้นกำลังรถไถเดินตาม และเครื่องยนต์คูโบต้า (ET 110) 11 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 2,400 รอบ/นาที เป็นต้นกำลังขลุบหมุน ผลการทดสอบ พบว่าการเตรียมดินขั้นที่ 2 ยังคงมีประสิทธิภาพการทำงานสูง และประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงเช่นเดียวกับการเตรียมดินขั้นที่ 1 (Table 2) โดยที่ขลุบหมุนสำหรับติดพ่วงรถไถเดินตามต้นแบบเตรียมดินขั้นที่ 2 (Figure 7)

Table 2. Result of testing for secondary tillage

	Test 1	Test 2
Area (rai)	2.91	4.80
Falling cone depth (before test, cm)	9.0	9.0
Falling cone depth (after test, cm)	10.58	11.67
Traveling speed (km/h)	4.28	4.21
Field efficiency (%)	93.68	95.57
Effective field capacity (rai/h)	3.01	3.02
Fuel consumption (liter/rai)	1.32	1.24
Puddling index (%)	60	60

ที่ระยะความลึกในช่วง 0-10 ซม. ซึ่งเป็นระยะที่ขลุบหมุนตีดิน พบว่าค่าความต้านทานแรงกดของดินมีค่าลดลง เมื่อจำนวนครั้งในการเตรียมดินเพิ่มขึ้น และจะเห็นได้ว่า ในระดับความลึกประมาณ 25 ซม.ขึ้นไป มีผลตรงกันข้าม กล่าวคือ ค่าความต้านทานแรงกดของดินมีค่ามากขึ้นเมื่อจำนวนครั้งการตีดินเพิ่มขึ้น แสดงว่าการเตรียมดินชั้นที่ 2 ช่วยสร้างชั้นดินดานได้ (Figure 8)

แสดงว่าขลุบหมุนตีพวงท้ายรถไถเดินตามสามารถทำงานได้เร็วกว่า และประหยัดน้ำมันมากกว่าการเตรียมดินโดยใช้ไถงานหรือไถหัวหมู สำหรับการเตรียมดินชั้นที่ 1 เดิม โดยอุปกรณ์สามารถทำงานได้ 1.36 ไร่/ชม และเตรียมดินชั้นที่ 2 ที่ 0.63 ไร่/ชม (อนุชิตและคณะ, 2548) การทดสอบโดยขลุบหมุน พบว่า ขลุบหมุนมีความสามารถในการทำงาน 2.88 ไร่/ชม.



Figure 7. Power puddler implemented with two-wheel tractor prototype for secondary tillage

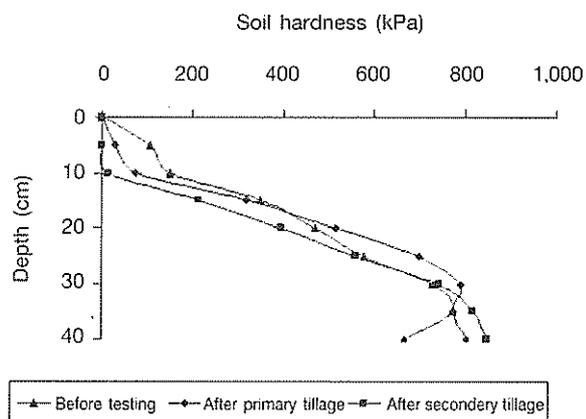


Figure 8. Cone penetration

ในการเตรียมดินชั้นที่ 1 และ 3.11 ไร่/ชม. ส่วนการเตรียมดินชั้นที่ 2 และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง การเตรียมดินโดยใช้รถไถเดินตามแบบเดิม ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 1.06 ล./ไร่ สำหรับเตรียมดินชั้นที่ 1 และ 2.96 ล./ไร่ และเตรียมดินชั้นที่ 2 ส่วนขลุบหมุนตีพวงท้ายรถไถเดินตาม ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 1.40 ล./ไร่ สำหรับเตรียมดินชั้นที่ 1 และ 1.28 ล./ไร่ สำหรับเตรียมดินชั้นที่ 2 (เครื่องยนต์ต้นกำลังทั้งสองตัว) ดังนั้น เกษตรกรสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น และใช้น้ำมันในการทำน้อยลงอีกด้วย

จึงคาดว่าขลุบหมุนตีพวงท้ายรถไถเดินตามจะเป็นประโยชน์ต่อการผลิตข้าวในนาข้าวชลประทาน ช่วยให้เกษตรกรสามารถเตรียมดิน

ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทันตามความต้องการ นอกจากนี้ขลุบหมุนสามารถผลิตได้ภายในประเทศ ซึ่งสามารถซ่อมแซมได้โดยโรงงานท้องถิ่น จะช่วยให้เกษตรกรไม่ประสบปัญหาในการบำรุงรักษา

ในส่วนของการถ่ายทอดเทคโนโลยี ได้มีการเผยแพร่ตามสื่อต่างๆ นอกจากนั้นยังมีโรงงานนำเครื่องต้นแบบไปผลิต และจำหน่ายในเชิงพาณิชย์แล้วมากกว่า 50 ตัว

การทดสอบเครื่องยนต์ในห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบเครื่องยนต์ในห้องปฏิบัติการ พบว่า กำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้ขลุบหมุนสำหรับการเตรียมดินชั้นที่ 1 เป็น 10.30 hp (7.68 kw) และการเตรียมดินชั้นที่ 2 เป็น 9.65 hp (7.20 kw) ซึ่งแสดงว่าในการเตรียมดินชั้นที่ 1 ใช้กำลังมากกว่าการเตรียมดินชั้นที่ 2

สรุปผลการทดลอง

ขลุบหมุนติดพ่วงท้ายรถไถเดินตาม สำหรับเตรียมดินในนาข้าวชลประทานที่ใช้ต้นกำลังเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า (ET 110 C) 11 แรงม้า (8.21 กิโลวัตต์) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,400 รอบ/นาที ใช้พู่เล่เครื่องยนต์ 3.5 นิ้ว ส่งกำลังผ่านสายพานไปยังพู่เลขขนาด 15 นิ้ว ซึ่งติดกับชุดเกียร์ทด อัตราทด 1.46:1 แล้วส่งผ่านไปยังเฟืองโซ่ที่มีอัตราทด 1.88:1 เพื่อขับเพลากลุบหมุน ให้หมุนที่ความเร็วรอบ 204 รอบ/นาที ขลุบหมุนมีหน้ากว้างการทำงาน 120 ซม. มีจานยึดใบมีด L-C 6 ชุด แต่ละชุดมีใบมีด 6 ใบ รวม 36

ใบ โดยจัดเรียงใบมีดแบบเกลียว เมื่อทดสอบเตรียมดินชั้นที่ 1 ในแปลงนาชลประทาน จ. ปทุมธานี โดยใช้รถไถเดินตามเครื่องยนต์ดีเซลอีดีไอ (EDI 110 C) ขนาด 11 แรงม้า เป็นต้นกำลัง พบว่า ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 2.88 ไร่/ชม. มีประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่เฉลี่ย 91.59 % อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.40 ล./ไร่ (สำหรับเครื่องยนต์ทั้งสองตัว) หลังจากนั้นปล่อยน้ำแช่ซัง 1 วัน แล้วทำการเตรียมดินชั้นที่ 2 ด้วยขลุบหมุนติดพ่วงรถไถเดินตาม พบว่า ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 3.11 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 94.63 % อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.28 ล./ไร่ (สำหรับเครื่องยนต์ทั้งสองตัว) ดรรชนีความเป็นเทือกของดินเฉลี่ย 60 % ซึ่งโดยภาพรวมแล้วมีความสามารถในการทำงานและคุณภาพเป็นที่น่าพอใจ และประหยัดน้ำมันเป็นที่พอใจของผู้ใช้

คำขอขอบคุณ

คณะผู้ดำเนินงานขอขอบคุณ บริษัท วรพนิต จำกัด ที่ให้การสนับสนุนการวิจัย โดยให้คำแนะนำปรึกษาในการสร้างเครื่องต้นแบบ ให้ ยืมรถไถเดินตาม จัดหาแปลงทดสอบ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการทดสอบอย่างดียิ่ง และขอขอบคุณโรงกลึงกมลการช่าง คลองห้า จ. ปทุมธานีที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และพัฒนาขลุบหมุนติดพ่วงท้ายรถไถเดินตาม

และขอขอบคุณ บริษัทอีดีไอ ดีเซล เอ็นจิ้น จำกัด ที่ให้ยืมเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้ในการทดสอบ

สุดท้ายขอขอบคุณลูกจ้างของกลุ่มวิจัย
วิศวกรรมผลิตพืช ในการสร้างและปรับปรุง
ขลุมนต้นแบบ ตลอดจนเสนอข้อคิดเห็นทาง
เทคนิคที่เป็นประโยชน์ต่อการออกแบบสร้าง
เครื่องต้นแบบงานวิจัยแล้วเสร็จ

เอกสารอ้างอิง

นิรนาม. 2549. ข้าวรวม (นาปีและนาปรัง). หน้า 1.

ใน : สถิติการเกษตรประเทศไทยปี 2549

ศูนย์สารสนเทศ สำนักงานเศรษฐกิจ
การเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พัทตรีวิภา สุทธิวารี ขนิษฐ หว่านณรงค์

อัคคพล เสนาณรงค์ สุภาสิต เสี่ยมพงศ์

อนุชิต นำสิงห์ ยุทธนา เครือหาญชาญพงศ์

ประสาท แสงพันธุ์ตา. 2548. วิจัยและ

พัฒนาขลุมนต้นแบบเพื่อสำหรับเตรียมดิน
ชั้นที่สองในนาข้าวชลประทาน. หน้า 1-36.

ใน : รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548

เล่ม 1 สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร.

อนุชิต นำสิงห์ อัคคพล เสนาณรงค์ สุภาสิต

เสี่ยมพงศ์ พัทตรีวิภา สุทธิวารี ยุทธนา

เครือหาญชาญพงศ์ ขนิษฐ หว่านณรงค์

ประสาท แสงพันธุ์ตา. 2548. ทดสอบ

ประเมินผลการใช้เครื่องจักรกลเกษตร
สำหรับเตรียมดินในนาข้าวชลประทาน.

หน้า 1-39. ใน : รายงานผลงานวิจัย

ประจำปี 2548 เล่ม 1 สถาบันวิจัยเกษตร

วิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.