

การศึกษาผลของมุมหลบบริเวณส่วนตรงใบมีดที่มีต่อพลังงานการไถพรวนจำเพาะของใบมีดจอบหมุน Study on the Effects of Relife Angle at the Straightness Blade Portion on the Specific Tilling Energy of Rotary Blades

จิรายุ แย้มพรายดี^{1*}, ศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล¹, ประเทือง อุษาบริสุทธิ์²

Jirayu Yampraydee^{1*}, Sirisak Choedkiatphon¹, Prathuang Usaborisut²

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140

²Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng saen, Kasetsart University Kamphaeng saen campus, Nakhonpathom, 73140, Thailand

*Corresponding author: Tel: +66-8-1600-0688, Fax: +66-34-351-936, E-mail: fengsrcp@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลเนื่องจากมุมหลบบริเวณส่วนตรงใบมีดจอบหมุนที่มีต่อปริมาณพลังงานไถพรวนจำเพาะ ทดสอบใบมีดจอบหมุนต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรง 1° และ 3° เปรียบเทียบกับใบมีดจอบหมุนยุโรปรูปตัวซี โดยทดสอบใน กระบะดินและดินที่ใช้ในการทดสอบเป็นดินเหนียว ใบมีดจอบหมุนไถพรวนดินลักษณะ down-cut ความลึกการไถ 13 cm ความกว้าง การไถ 12 cm ทดสอบที่ความเร็วการเดินทาง 0.069 m s⁻¹ และความเร็วรอบหมุนของใบมีดจอบหมุน 150, 220 และ 280 rpm

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ามุมหลบบริเวณส่วนตรงใบมีดจอบหมุนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อพลังงานไถพรวนจำเพาะ เมื่อ ใบมีดจอบหมุนที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรงใบมีดจอบหมุน 1° และ 3° ใช้ปริมาณพลังงานไถพรวนจำเพาะลดลง 39.61-53.46% และ 5.88-19.82% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับใบมีดจอบหมุนยุโรปรูปตัวซี นอกจากนี้ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อความเร็วรอบ การหมุนเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณพลังงานไถพรวนจำเพาะเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ใบมีดจอบหมุน, อุปกรณ์ไถจอบหมุน, มุมหลบ, กระบะดิน

Abstract

This study was aimed to study of the effects of the 1° and 3° relief angle at the straightness blade portion of rotary blade on the specific tilling energy. The specific tilling energies of the rotary blades were studied and comparing with the European C-shaped rotary blade. The experiments were conducted in a soil bin with clay soil under down-cut at the travel speed of 0.069 m/s and revolution speeds of 150, 220 and 280 rpm.

It presents that the relief angle at the straightness blade portion affect on the specific tilling energy of the rotary blade. The results showed that the specific tilling energy for the 1° and 3° relief-angle rotary blades decrease 39.61-53.46% and 5.88-36.87% respectively, comparing with the European C-shaped blade. Besides, it also presented that the specific tilling energy per a cutting round increased when the revolution speeds of rotary blade increased.

Keywords: Rotary blade, Rotary tiller, Relife angle, Soil bin

1 บทนำ

ไถพรวนจอบหมุน (Rotary tillers) เป็นเครื่องมือไถเตรียมดินที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากอุปกรณ์ไถจอบหมุนสามารถไถเตรียมดินได้ทั้ง ไถเตรียมดินขั้นที่ 1 หรือ ไถตะ (primary tillage) และไถเตรียมดินขั้นที่ 2 หรือ ไถพรวน (secondary tillage) ด้วยเหตุนี้เกษตรกรไทยจึงใช้อุปกรณ์ไถจอบหมุนไถเตรียมดินเพื่อการเพาะปลูก โดยเฉพาะชาวนาไทยที่นิยมใช้อุปกรณ์ไถจอบหมุนเตรียมดินและทำเทือกเพื่อการปลูก

ข้าวนาข้าวตาม รวมถึงในขณะใช้อุปกรณ์ไถจอบหมุนไถพรวนดินจะเกิดแรงผลักดันให้รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ ซึ่งส่งผลให้แรงฉุดลากของรถแทรกเตอร์ลดลง อັคคพล และคณะ (2548) พัฒนาอุปกรณ์ไถจอบหมุนดีตรรกโณนาเดินทางที่ผลิตในประเทศไทย โดยติดตั้งใบมีดจอบหมุนยุโรปรูปตัวซี และใบมีดจอบหมุนยุโรปรูปตัวแอล เพื่อใช้ในการผลิตข้าวอินทรีย์ในขั้นตอนการสับกลบปุ๋ยขี้สัด สุรินทร์ และคณะ (2548) ออกแบบและสร้างใบมีดจอบหมุนต้นแบบ สำหรับใช้ในการเตรียมดินไร่และดินนา ซึ่งใบมีดจอบหมุนมีส่วนประกอบ 3 ส่วนคือ ส่วนตรง ส่วนปลาย

และส่วนด้าม โดยออกแบบให้ส่วนตรงของใบมีดมีลักษณะตรง ส่วนปลายของใบมีดมีมุมเอียง (slice angle) เพื่อลดแรงกระแทกขณะใบมีดพรวนดิน และมีผิวตัก (scoop surface) ทำให้ไม่เกิดการเสียดสีระหว่างผิวด้านนอกของใบมีดกับดิน เพื่อลดแรงต้านทานที่ดินกระทำต่อใบมีด

ศิริศักดิ์ และคณะ (2552) ศึกษาและเปรียบเทียบค่าพลังงานการไถพรวนจำเพาะ (specific tilling energy) ของใบมีดจอบหมุน 3 ชนิด คือ ใบมีดจอบหมุนญี่ปุ่นรูปตัวซี (Japanese C-shaped blade) ใบมีดจอบหมุนยุโรปรูปตัวแอล (European L-shaped blade) และใบมีดจอบหมุนยุโรปรูปตัวซี (European C-shaped blade) โดยทำการทดสอบในกระบะดิน (soil bin) งานวิจัยนี้แสดงผลกระทบเนื่องจากความเร็วรอบการหมุน ความเร็วการเดินทาง และความลึกการไถพรวน ที่มีผลต่อค่าพลังงานการไถพรวนจำเพาะของใบมีดจอบหมุน ศิริศักดิ์ และคณะ (2551) วิจัยและพัฒนาใบมีดจอบหมุนสำหรับรถไถนาเดินตามและพบว่ารูปร่างของใบมีดจอบหมุนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณพลังงานจำเพาะสำหรับการไถพรวนดิน โดยออกแบบให้ส่วนตรงไถพรวนดินเป็นส่วนแรกเพื่อลดแรงกระแทกต่อมา ศิริศักดิ์ และคณะ (2559) ได้พัฒนาใบมีดจอบหมุนที่สามารถติดตั้งบนเหล็กหน้าแปลน โดยออกแบบให้ส่วนตรงเริ่มไถพรวนดินเป็นเป็นส่วนแรก เพื่อติดตั้งบนเพลลาอุปกรณ์ไถจอบหมุนสำหรับต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ ผลการทดลองพบว่ารูปร่างของใบมีดจอบหมุนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับขนาดของแรงเสียดทานระหว่างใบมีดจอบหมุนและดินขณะไถพรวน และยังพบว่าอุปกรณ์ไถจอบหมุนที่ติดตั้งใบมีดจอบหมุนที่พัฒนายังคงใช้กำลังไถพรวนจำเพาะที่เพลลาอานวยกำลังมากกว่าชุดใบมีดจอบหมุนยุโรปรูปตัวซี

เห็นได้ว่าการวิจัยและพัฒนาใบมีดจอบหมุนเพื่อการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ไถจอบหมุนสำหรับต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ยังมีไม่มาก ด้วยเหตุนี้งานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาใบมีดจอบหมุนที่ลดแรงเสียดทานในขณะไถพรวนดิน โดยมุ่งวิจัยและพัฒนามุมหลบ (relife angle) บริเวณส่วนตรงของใบมีดจอบหมุนเพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างส่วนตรงใบมีดจอบหมุนกับดินขณะใบมีดจอบหมุนไถพรวนดิน

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 เครื่องมือทดลอง

การประเมินพลังงานไถพรวนจำเพาะของการไถพรวนดิน สำหรับการติดตั้งใบมีดจอบหมุน 1 ใบ โดยดำเนินการทดสอบในกระบะดิน Figure 1 ที่มีขนาดกว้าง ยาวและสูง 40x250x30 cm ชุดทดลองประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 7.5 kW ถูกติดตั้งไว้ที่ส่วนบนของอุปกรณ์ทดลอง โดยใช้อินเวอร์เตอร์ (inverter) ควบคุมความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 7 kW ซึ่งใช้เป็นต้นกำลังหมุนเพลลาใบมีดจอบหมุน มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.7 kW เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนอุปกรณ์ทดลอง proximity sensor

เป็นเซนเซอร์วัดความเร็วรอบการหมุนของเพลลาใบมีดจอบหมุน โดยอุปกรณ์ทดลองเป็นระบบชุดส่งกำลังด้วยกลไกเฟืองโซ่ ซึ่งอุปกรณ์ทดลองสามารถเคลื่อนได้ในแนวระนาบ ใบมีดจอบหมุนที่ใช้ในการทดลองมี 3 แบบ ได้แก่ ใบมีดจอบหมุนยุโรปรูปตัวซี (A1) ใบมีดจอบหมุนต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรงของใบมีด 1° (A2) และใบมีดจอบหมุนต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรงของใบมีด 3° (A3) Figure 2

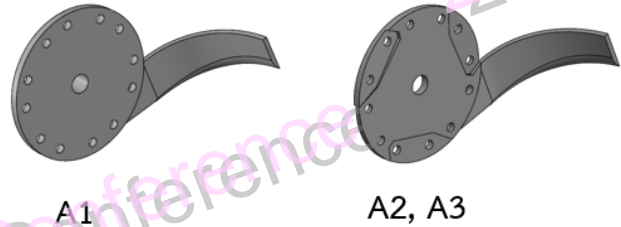


Figure 2 Schematic diagram of rotary blades.

ซึ่งใบมีดทั้ง 3 แบบ มีลักษณะคล้ายกัน แต่มีลักษณะการติดตั้งที่แตกต่างกัน โดยใบมีดยุโรปรูปตัวซี (A1) ถูกติดตั้งบนเหล็กหน้าแปลนแบบปกติทั่วไปไม่มีมุมหลบที่บริเวณส่วนตรงของใบมีด Figure 3a ส่วนใบมีดต้นแบบ A2 และ A3 ถูกติดตั้งบนเหล็กหน้าแปลนที่ถูกกัดผิวเป็นมุม (θ) ทำให้ใบมีดจอบหมุนมีมุมหลบที่บริเวณส่วนตรงของใบมีด Figure 3b

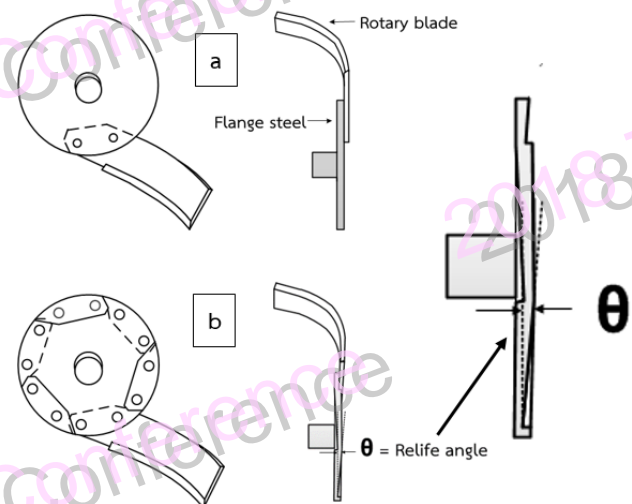


Figure 3 The installation of rotary blades on rotary shaft.

การศึกษาพลังงานไถพรวนจำเพาะของใบมีดจอบหมุน ทำการทดลองที่เงื่อนไขความเร็วการเดินทาง 0.069 และ 0.142 m s⁻¹ ความเร็วรอบการหมุนของใบมีดจอบหมุน 150 220 และ 280 rpm ความลึกการไถพรวน 13 cm โดยดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินเหนียวและดินร่วนปนทราย ภายใต้เงื่อนไขความหนาแน่นมวลรวมสภาพแห้ง (dry bulk density) 1.67 และ 1.49 g cm⁻³ ตามลำดับ ความต้านทานการแทงทะลุ (cone penetration resistance) 1.8 และ 1.07 MPa ตามลำดับ

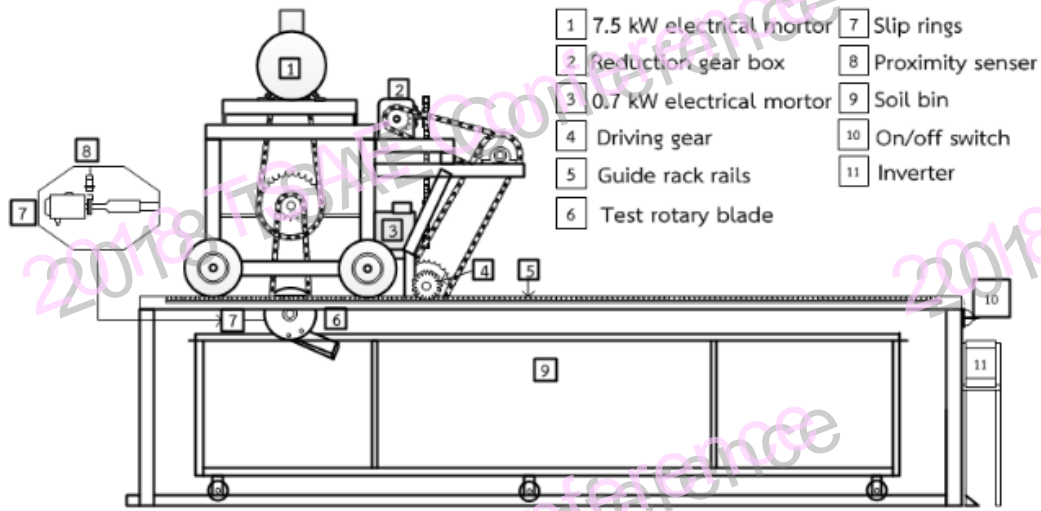


Figure 1 Schematic diagram of rotary soil bin

2.2 การวัดทอร์กและการบันทึกข้อมูล

การวัดทอร์กที่กระทำบนเพลาลอยหมุน cross-strain gauges รุ่น KFG-5-350-D16-11 แต่ละอันถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันในลักษณะวงจรวีสโตนบริดจ์ (wheatstone bridge) โดยส่งสัญญาณไปยังเครื่องบันทึกเอนกประสงค์ EDX-200A ผ่านอุปกรณ์ slip ring Figure 4

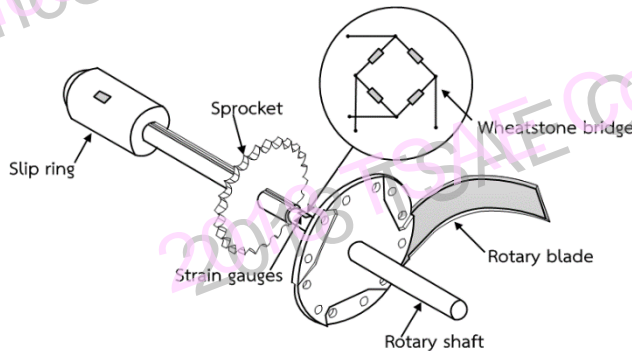


Figure 4 Schematic diagram of cross-strain gauges bonded on shaft surface.

2.3 ตำแหน่งมุมการหมุนของใบมีดจอบหมุน

การไถพรวนดินของใบมีดจอบหมุนยุโรปคู่ตัวซี่ ใบมีดจอบหมุนต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรงของใบมีด 1° และใบมีดจอบหมุนต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรงของใบมีด 3° Figure 5a, 5b และ 5c ตามลำดับ ซึ่งแสดงตำแหน่งปลายใบมีดจอบหมุนกำลังหมุนอยู่ในช่วงมุมการหมุน 90° - 360° โดยที่ใบมีดจอบหมุนแต่ละแบบกำลังหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา การกำหนดตำแหน่งปลายใบมีดจอบหมุน โดยให้มุมเริ่มต้นการไถพรวนดิน ($\theta=0^\circ$) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ปลายใบมีดจอบหมุนอยู่ในระนาบแนวตั้งกับจุดศูนย์กลางของเพลาลอยมีดจอบหมุนดังแสดงใน Figure 6(1) ที่ตำแหน่ง a ขณะที่ Figure 6(2), 6(3) และ 6(4) แสดงตำแหน่งปลายใบมีดจอบหมุนที่ตำแหน่ง b, c, d และ e ซึ่ง

เป็นตำแหน่งที่มุมการหมุน 90° , 180° , 270° และ 360° ตามลำดับ

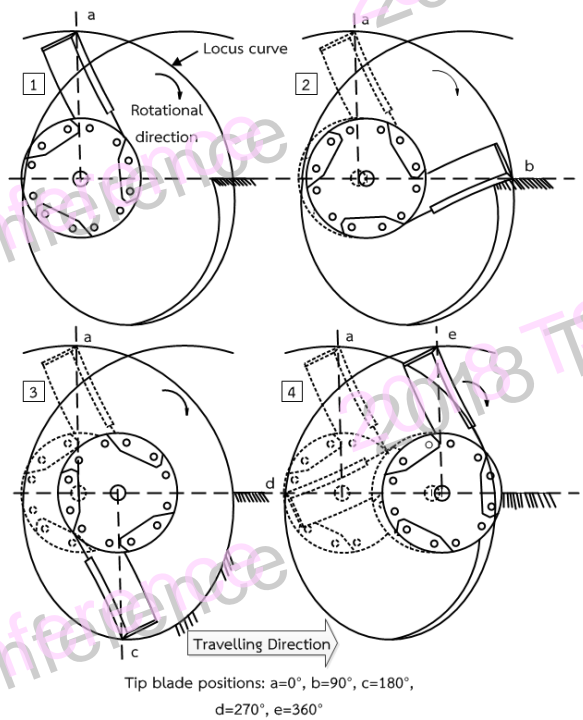


Figure 6 Diagrams of the tilling process and the position of blade tip.

2.4 การคำนวณค่าพลังงานการไถพรวน และค่าพลังงานการไถพรวนจำเพาะ

ศิริศักดิ์ และคณะ (2552) อธิบายว่า พลังงานการไถพรวนคือพลังงานที่ใบมีดจอบหมุนใช้ในการตัดดิน คำนวณโดยทฤษฎีการหาปริมาณงานของแรงที่กระทำบนวัสดุ ในการทดลองนี้ปริมาณงานที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากโมเมนต์คู่ควบ ดังนั้นพลังงานการไถพรวน คือปริมาณงานเนื่องจากทอร์กที่กระทำบนเพลาลอยจอบหมุน โดยคำนวณได้จากการอินทิเกรตฟังก์ชันจากตำแหน่ง



Figure 5 The photographs of tested rotary blades in tilling process.

มุมการหมุนที่ (θ_1) ไปยังตำแหน่งมุมการหมุนที่ (θ_2) ดังสมการที่ (1)

$$W_{1 \rightarrow 2} = \int_{\theta_1}^{\theta_2} M d\theta \quad (1)$$

โดยที่ $W_{1 \rightarrow 2}$ คือ งานที่เกิดจากทอร์กกระทำกับวัตถุ

M คือ ฟังก์ชันของทอร์ก

$d\theta$ คือ มุมการหมุนที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อทอร์กมากระทำ

Beeny และ Khoo (1970) อธิบายว่า พลังงานการไถพรวนจำเพาะของไถจอบหมุน คือพลังงานเนื่องจากการไถพรวนของใบมีดจอบหมุนต่อปริมาตรของดินในหนึ่งรอบการไถพรวนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$\text{พลังงานการไถพรวนจำเพาะ} = \frac{W}{V} \quad (2)$$

โดยที่ W คือ พลังงานต่อรอบการไถพรวน

V คือ ปริมาณดินที่ถูกตัดในหนึ่งรอบการไถพรวน

2.5 การเตรียมดินในกระบะดิน

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินที่นำมาจากแปลงเกษตรกรรมของจังหวัดนครปฐมและศรีสะเกษ โดยผ่านการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer) พบว่าดินจังหวัดนครปฐมประกอบด้วยอนุภาคทราย (sand) 5.25% อนุภาคดินตะกอน (silt) 32.67% อนุภาคดินเหนียว (clay) 62.08% จัดอยู่ในชนิดดินเหนียว ซึ่งมีค่าพิกัดพลาสติก (plastic limit) และขีดจำกัดเหลว (liquid limit) 23.20% และ 44.30% (d.b.) ตามลำดับ และดินจังหวัดศรีสะเกษประกอบด้วยอนุภาคทราย 59.83% อนุภาคดินตะกอน 25.14% อนุภาคดินเหนียว 15.03% จัดอยู่ในชนิดดินร่วนปนทราย มีพิกัดพลาสติก และขีดจำกัดเหลว 12.89% และ 16.01% (d.b.) ตามลำดับ โดยดินที่ใช้ในการทดลองถูกนำมาร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานที่มีขนาดรูตะแกรง 2 mm และถูกนำมาปรับความชื้น โดยดินที่ใช้ในการทดลองมี

ความชื้นเฉลี่ย 11% (dry basis) เมื่อดินที่ผ่านการปรับความชื้นแล้วจะถูกบรรจุลงในถุงพลาสติก และทำการบ่มดินในถุงพลาสติกอย่างน้อย 24 ชม. เพื่อให้ความชื้นดินมีความสม่ำเสมอ ซึ่งดินที่ผ่านกระบวนการปรับความชื้นจะนำมาเทลงในกระบะดินชั้นละ 10 cm จากนั้นทำการอัดแน่นดินในกระบะดินและบ่มดินในกระบะดินอย่างน้อย 24 ชม. โดยการทดลองนี้ศึกษากรณีดินเหนียวที่มีความหนาแน่นมวลรวมสภาพแห้ง (dry bulk density) 1.67 g cm^{-3} ความต้านทานการแทงทะลุ (penetration resistance) 1.8 MPa และกรณีดินร่วนปนทรายที่มีความหนาแน่นมวลรวมสภาพแห้ง 1.49 g cm^{-3} ความต้านทานการแทงทะลุ 1.07 MPa

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ฟังก์ชันทอร์กในกระบวนการไถพรวนดิน

พลังงานการไถพรวนจำเพาะของใบมีดจอบหมุนยุโรปตัวซีและใบมีดจอบหมุนต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรงของใบมีด 1° และ 3° คือขนาดของพื้นที่ใต้กราฟของฟังก์ชันความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและมุมการหมุน โดยคำนวณจากผลรวมของการอินทิเกรตฟังก์ชันทอร์กในแต่ละช่วงมุมการหมุน ผลการทดลองที่ความลึกการไถพรวน 13 cm ความหนาแน่นมวลรวมสภาพแห้ง 1.67 g cm^{-3} และความต้านทานการแทงทะลุ 1.8 MPa ของใบมีดจอบหมุน (A1, A2, A3) ดังแสดงใน Figure 7

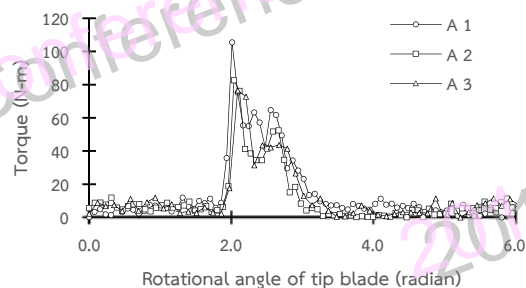


Figure 7 The torque signals of the teated rotary blade (A1, A2 and A3) at 150 rpm rotational speed and 0.069 m s^{-1} travel speed.

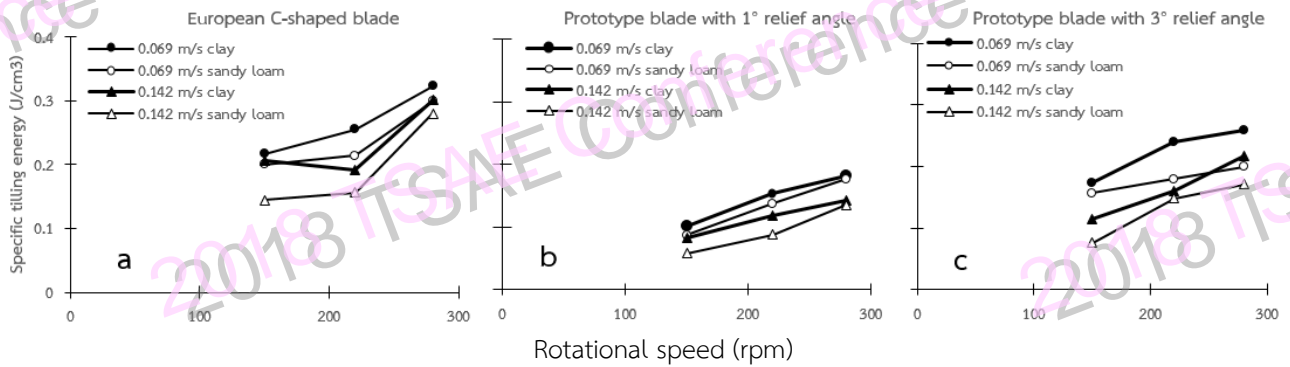


Figure 8 Graps of specific tilling energy per a tillage round of tested rotary blade.

3.2 พลังงานการไถพรวน และพลังงานการไถพรวนจำเพาะ

พลังงานการไถพรวนของใบมีดจอบหมุนทั้ง 3 แบบ ได้แก่ ใบมีด (A1, A2, A3) ภายใต้เงื่อนไขดินเหนียวและดินร่วนปนทราย พบว่าไม่แสดงแนวโน้มที่ชัดเจนระหว่างพลังงานการไถพรวน ความเร็วการเดินทาง และความเร็วยรอบการหมุนของใบมีดจอบหมุน ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการทดลองของศิริศักดิ์ และคณะ (2552) ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานการไถพรวนจำเพาะของใบมีดจอบหมุนยุโรปคู่ตัวสี่ Figure 8a ใบมีดต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรง 1° Figure 8b และใบมีดต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรง 3° Figure 8c การศึกษาผลการทดลองที่เงื่อนไขดินเหนียวที่ความหนาแน่นมวลรวมสภาพแห้ง 1.67 g cm⁻³ และความลึกการไถพรวน 13 cm ค่าพลังงานการไถพรวนจำเพาะของใบมีดต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรงของใบมีด 1° ความเร็วการเดินทาง 0.069 และ 0.142 m s⁻¹ ลดลง 39.61-53.46% และ 37.7-59.9% ตามลำดับ และใบมีดต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรงของใบมีด 3° ความเร็วการเดินทาง 0.069 และ 0.142 m s⁻¹ ลดลง 16.23-44.93% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับใบมีดจอบหมุนยุโรปคู่ตัวสี่ และยังพบว่าใบมีดต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรงของใบมีด 1° มีพลังงานการไถพรวนจำเพาะลดลงมากกว่าใบมีดต้นแบบที่มีมุมหลบ 3° เป็นผลเนื่องมาจากใบมีดต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรง 3° ส่งผลให้ส่วนที่ใช้ในการตัดดินของใบมีด (scoop surface) มีพื้นที่ในการตัดดินมากขึ้นเป็นสาเหตุทำให้ปริมาตรดินต่อรอบการไถพรวนเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงส่งผลให้พลังงานการไถพรวนเพิ่มขึ้น รวมถึงเมื่อพิจารณาผลการทดลองการไถพรวนในกรณีดินร่วนปนทรายที่ความหนาแน่นมวลรวมสภาพแห้ง 1.49 g cm⁻³ พบว่าค่าพลังงานการไถพรวนจำเพาะของใบมีดจอบหมุนต้นแบบ (A2) ที่ความเร็วการเดินทาง 0.069 และ 0.142 m s⁻¹ ลดลง 35.98-56.5% และ 43.59-59.72% ตามลำดับ และใบมีดต้นแบบ (A3) ความเร็วการเดินทาง 0.069 และ 0.142 m s⁻¹ ลดลง 15.89-33.11% และ 5.13-47.22% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับใบมีดจอบหมุนยุโรปคู่ตัวสี่

4 สรุป

การทดลองการเปรียบเทียบค่าพลังงานการไถพรวนจำเพาะของใบมีดจอบหมุนยุโรปคู่ตัวสี่ และต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรงของใบมีด 1° และ 3° พบว่าเมื่อความเร็วการเดินทางเพิ่มขึ้นจาก 0.069 เป็น 0.142 m s⁻¹ ค่าพลังงานการไถพรวนจำเพาะของใบมีดจอบหมุนลดลง และเมื่อความเร็วรอบการหมุนของใบมีดจอบหมุนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าพลังงานการไถพรวนจำเพาะเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าค่าพลังงานการไถพรวนจำเพาะของใบมีดจอบหมุนยุโรปคู่ตัวสี่สูงกว่าค่าพลังงานการไถพรวนจำเพาะของใบมีดจอบหมุนต้นแบบที่มีมุมหลบบริเวณส่วนตรงของใบมีด 1° และ 3°

5 กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนให้ทุนอุดหนุนวิจัย และภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนด้านเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์และสถานที่ทำการทดลอง

6 เอกสารอ้างอิง

ศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล, ธัญญา นิยมภา, วิลาส สโลเก้. 2551. การศึกษาลักษณะทอริกที่กระทำบนเพลาจอบหมุนของใบมีดจอบหมุน 3 แบบ. วารสารวิชาการเกษตร 26(2), 146-163
 ศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล, ธัญญา นิยมภา, วิลาส สโลเก้. 2552. ค่าพลังงานการไถพรวนจำเพาะของใบมีดจอบหมุน 3 แบบ. วารสารวิชาการเกษตร 27(3), 316-330.
 ศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล, พิพัฒน์ เต็มพร้อม. 2559. ศึกษาผลเนื่องจากมุมหลบบริเวณส่วนตรงใบมีดจอบหมุนที่มีต่อสมรรถนะการไถพรวนดิน. โครงการงานวิศวกรรมเกษตรภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม.

สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, กวี ศรีทองกุล, สรรพฤทธิ์ เผื่อนอัยกา, ชวิน จิตพิพัฒน์พงศ์, กิตติพล อาชาวราทร, ปฐวี ธานีโต. 2548.

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

การออกแบบและสร้างใบมีดจอบหมุนต้นแบบเพื่อลดแรง
กระแทก. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล
แห่งประเทศไทยครั้งที่ 19 วันที่ 19-21 ตุลาคม 2548 จังหวัด
ภูเก็ต.

อัคคพล เสนาณรงค์, ยุทธนา เครือหาญชาญพงศ์, สุภาจิต เสงี่ยม
พงศ์, อนุชิต ฉ่ำสิงห์. 2548. จอบหมุนดีดรถไถเดินตามเพื่อ
การผลิตข้าวอินทรีย์. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรม
วิชาการเกษตร.