

แรงลัพธ์กระทำที่ใบมีดจอบหมุนจากการจัดเรียงใบมีดแบบต่าง ๆ

Tilling Resultant Forces of Rotating Blade under Various Blade Arrangement

สุรินทร์ พงศ์สุภสมิทธิ์ ไพศาล มานิตยโชติพิสิฐ สรวุฑ เหล่าพงศ์สวัสดิ์ กวี ศรีทองกุล

ธาริน วณิชยางกูรอนนท์ สิริวุฒิ หาสจิตโต และ สุเมธ จันทร์แจ่มรัมย์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

Surin Phongsupasamit, Pisan Manitchotipisit, Sarawut Laophongsawat, Kavee Srithongkul

Tarin Vanichayangkuranont, Siriwut Hasajitto and Sumate Chanchamrasamee

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Chulalongkorn University

Phayathai Rd., Pathumwan, Bangkok 10330

Tel: 0-2218-6428, 0-2218-6593 E-mail: surin1950@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาแรงต้านทานลัพธ์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี (C-shaped Blade) จากการจัดเรียงใบมีดข้างเคียงแบบต่างๆ โดยการหมุนใบมีดตัดทรายละเอียด การวัดแรงที่กระทำกับใบมีดทดลอง ซึ่งติดอยู่กับอุปกรณ์ที่เรียกว่า *Extended Octagonal Ring (EOR)* จะทำงานร่วมกับสเตรนเกจ การยืดและหดตัวของสเตรนเกจ ทำให้เกิดสัญญาณในรูปของความต่างศักย์ไฟฟ้า สัญญาณที่เกิดขึ้น จะผ่านการกรองให้เหมาะสมก่อนที่จะนำไปเก็บเป็นข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการประมวล และวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 การหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับใบมีดทดลอง 1 ใบ ขณะพรวนทรายที่เพลลาใบมีดหมุนด้วยความเร็ว 25, 50 และ 75 รอบต่อนาที แต่ละความเร็วรอบจะมีระยะตัดทราย 3, 6 และ 9 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนกรณีที่ 2 เป็นการหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับใบมีดทดลอง 1 ใบ ขณะพรวนทรายโดยติดใบมีดข้างเคียงชนิดเดียวกับใบมีดทดลอง ซึ่งมีจำนวนรูปแบบการจัดเรียงใบมีด 9 แบบ แต่ละแบบจะทดลองที่เพลลาใบมีดหมุนด้วยความเร็ว 75 รอบต่อนาที ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร การทดลองทั้ง 2 กรณี กำหนดให้ความลึกของการพรวนทรายเท่ากัน คือ 12 เซนติเมตร และความหนาแน่นทรายที่ความลึก 15 เซนติเมตร มีค่าประมาณ 35 kgf/cm^2 ผลจากการทดลองพรวนทรายด้วยใบมีดใบเดียวที่ความเร็ว 25 รอบต่อนาทีพบว่า เมื่อระยะตัดทรายเพิ่มขึ้น แรงลัพธ์ที่กระทำกับใบมีดจะมีค่าเพิ่มขึ้น และสำหรับทุกระยะการตัดทรายพบว่า เมื่อเพลลาใบมีดหมุนด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น แรงลัพธ์ที่กระทำกับใบมีดจะมีค่าลดลง และจากการทดลองพรวนทรายกรณีติดใบมีดข้างเคียงพบว่า แรงลัพธ์ที่กระทำกับใบมีดขึ้นอยู่กับพื้นที่รอยการตัดทรายของรูปแบบการจัดเรียงใบมีด โดยที่รูปแบบของการจัดเรียงใบมีดที่มีพื้นที่ของรอยการตัดทรายมีค่าเพิ่มขึ้น แรงลัพธ์ที่กระทำกับใบมีดก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

Abstract

The objective of this study was to analyze resistance forces acting on the single C-shaped rotary blade. The experiments could be separated into 2 cases. In the first case, sand in the bin was tilled by the single blade with the rotational speed of rotary shaft at 25, 50 and 75 rpm while the cutting length was set at 3, 6 and 9 cm, respectively. In the second one, the mentioned sand was tilled by the single blade including adjacent blades. The blades were installed on both sides of the single testing blade to form 9 types of blade arrangement. The rotational speed of rotary shaft was 75 rpm with the cutting length 9 cm. The tilling depth was 12 cm and the density of sand was about 35 kgf/cm^2 at 15 cm depth. The result of the first case was shown that at the same rotational speed of rotary shaft, resultant forces would increase when the cutting length had increased. And the resultant force acting on the blade would decrease when the rotational speed of rotary shaft had increased. The result of the second case was found that the resultant force acting on blade depended upon the cutting area of sand.

1. บทนำ

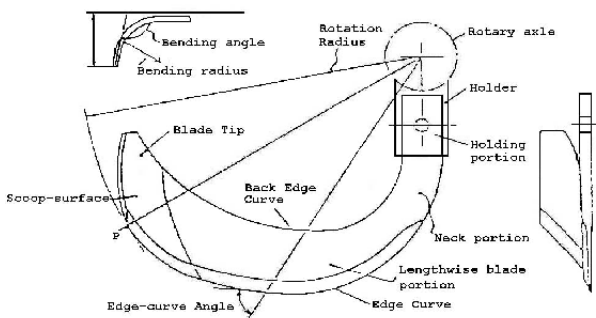
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

รถไถเดินตามชนิดติดเครื่องพรวนจอบหมุน (Rotary Tiller) เป็นเครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในการเตรียมดิน โดยการถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์ผ่านเพลลาอำนาจกำลัง (P.T.O. Power Take-Off) หมุนขับเพลลาใบมีดที่มีใบมีดจำนวนหลายใบจัดเรียงตัวกันอยู่ ซึ่งเพลลาใบมีดจะหมุนและเคลื่อนที่ในแนวราบ ทำให้ใบมีดหมุนตัดดินเพื่อย่อยให้แตก

เป็นก้อนเล็กๆ แล้วทำการกลับหน้าดินเพื่อคลุกเคล้าเศษวัชพืชให้ผสมกับดิน โดยที่แรงต้านทานดินที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนจะขึ้นอยู่กับลักษณะรูปร่างของใบมีด การจัดเรียงใบมีด ระยะตัดดิน ความกว้างและความลึกของการพรวนดิน ความเร็วในการเคลื่อนที่และความเร็วรอบหมุนของเพลลาใบมีด รวมถึงคุณสมบัติของดินและความหนาแน่นวัชพืชที่ปกคลุมดิน เนื่องจากแรงต้านทานดังกล่าวนี้ มีผลโดยตรงต่อเสถียรภาพการทำงานของรถไถเดินตาม จึงได้มีการศึกษาแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนขึ้น โดยการทดลองนี้จะมุ่งเน้นศึกษาการจัดเรียงใบมีดบนเพลลาจอบหมุนในแบบต่างๆ

2. ทฤษฎีใบมีดจอบหมุน

2.1 ลักษณะของใบมีดจอบหมุน



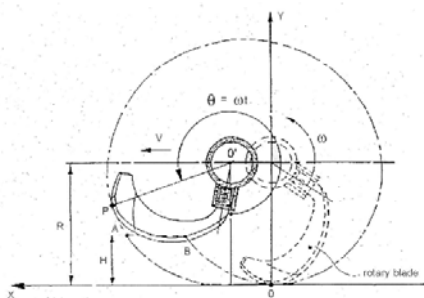
รูปที่ 1 ส่วนประกอบของใบมีดจอบหมุน

ใบมีดจอบหมุนมีส่วนประกอบสำคัญ คือ

- ด้ามใบมีด ใช้สำหรับยึดตัวใบมีดกับเพลลาของใบมีดจอบหมุน
- ใบมีดส่วนตรง เป็นส่วนที่ใช้ในการตัดดิน โดยมีขอบโค้งตัดดิน
- ใบมีดส่วนปลาย เป็นส่วนที่ถูกตัดให้โค้งและงอ เพื่อใช้ในการเหวี่ยงและพลิกก้อนดิน

2.2 การทำงานของใบมีดจอบหมุน

การเคลื่อนที่ของใบมีดจอบหมุนในขณะที่ตัดดิน จะหมุนพร้อมกับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ทำให้เกิดทางเดินของใบมีดในลักษณะเป็นเส้นโค้งที่เรียกว่า เส้นโค้งโทรคอยด์ (Trochoid Curve) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันระหว่าง รัศมีใบมีด ความเร็วในการเคลื่อนที่และความเร็วรอบของเพลลาใบมีด (ดังแสดงในรูปที่ 2)



รูปที่ 2 แนวการตัดดินของใบมีดจอบหมุน

การเคลื่อนที่ของปลายใบมีด (จุด P) ที่เวลา t ใดๆ ตามแกน X และ Y สามารถแสดงได้ดังสมการ (1) และ (2)

$$X = vt - R \sin(\omega t) \quad (1)$$

$$Y = R - R \cos(\omega t) \quad (2)$$

โดย R คือ รัศมีของใบมีด (เมตร)

v คือ ความเร็วของเพลลาใบมีด (เมตรต่อวินาที)

ω คือ ความเร็วเชิงมุมของเพลลาใบมีด (เรเดียนต่อวินาที)

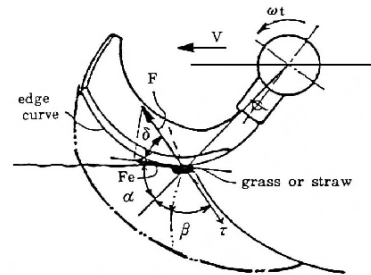
t คือ เวลา (วินาที)

ความเร็วเชิงมุมของเพลลาใบมีด สามารถหาได้จากสมการ (3)

$$\omega = \frac{n\pi}{30} \quad (3)$$

โดย n คือ ความเร็วรอบหมุนของเพลลาใบมีด (รอบต่อนาที)

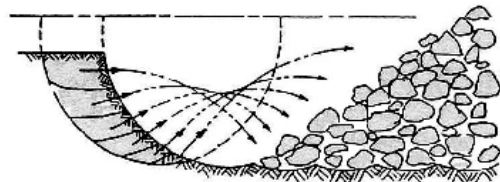
2.3 การทำงานของใบมีดส่วนตรง



รูปที่ 3 แสดงการตัดดินของใบมีดส่วนตรง

ใบมีดส่วนตรงทำหน้าที่ตัดก้อนดินเพื่อให้ก้อนดินแตกตัวออกเป็นก้อนย่อยๆ สำหรับใบมีดแบบตัวซี ขอบของใบมีดส่วนตรงจะมีลักษณะโค้งเพื่อทำให้เศษฟางข้าวและหญ้าที่ใบมีดตัดไม่ขาดเกิดการสั่นไถลไปตามส่วนโค้ง ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดการพันที่ใบมีดและเพลลาจอบหมุน (ดังแสดงในรูปที่ 3)

2.4 การทำงานของใบมีดส่วนปลาย



รูปที่ 4 การเคลื่อนที่ของก้อนดินในลักษณะกลับหน้าดิน

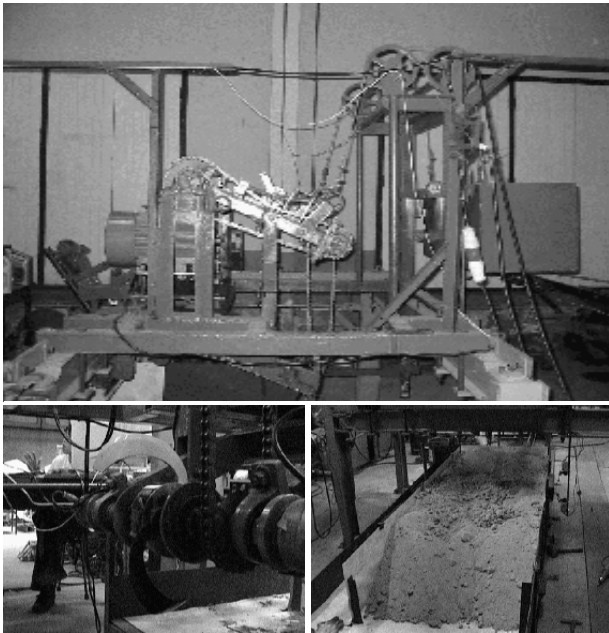
เมื่อใบมีดหมุนตัดดินในแต่ละรอบ หลังจากใบมีดส่วนตรงทำหน้าที่ตัดก้อนดินเป็นก้อนย่อยๆ แล้ว จากนั้นปลายใบมีดซึ่งมีลักษณะโค้งและงอจะทำหน้าที่เหวี่ยงและพลิกก้อนดิน (ดังแสดงในรูปที่ 4)

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1 ชุดทดลองพรวนทราย

ชุดทดลอง (ดังแสดงในรูปที่ 5) ประกอบด้วย

1. แท่นยึดเพลลาโบริมิต
2. ชุดโบริมิตที่ติดอยู่บนเพลลา พร้อมทั้งยึดอุปกรณ์วัดแรง
3. กระบะทราย
4. ชุดควบคุมความเร็วกระบะทราย
5. ชุดควบคุมความเร็วรอบหมุนเพลลาโบริมิต

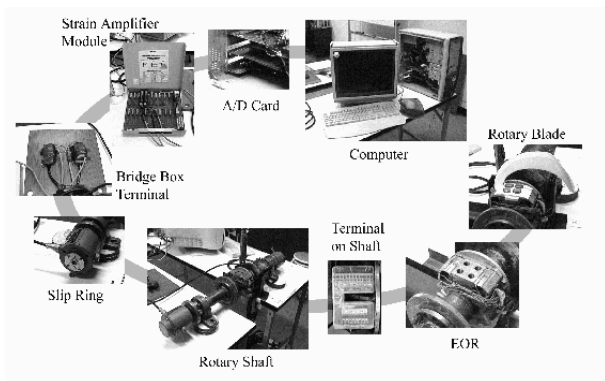


รูปที่ 5 ชุดทดลองพรวนทราย

3.2 ชุดอุปกรณ์วัดแรงและบันทึกข้อมูล

ชุดอุปกรณ์วัดแรงและบันทึกข้อมูล (ดังแสดงในรูปที่ 6) ประกอบด้วย

1. EOR อุปกรณ์วัดแรงที่มีโบริมิตติดอยู่ ซึ่งยึดอยู่กับเพลลาโบริมิต
2. Slip Ring อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณผ่านแปรงถ่าน
3. Strain Amplifier Module ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ
4. A/D Card แปลงสัญญาณจาก อนุาลอก เป็น ดิจิตอล
5. Computer นำสัญญาณ ดิจิตอล มาเก็บเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการประมวลผลและวิเคราะห์ผลต่อไป



รูปที่ 6 ชุดอุปกรณ์วัดแรงและบันทึกข้อมูล

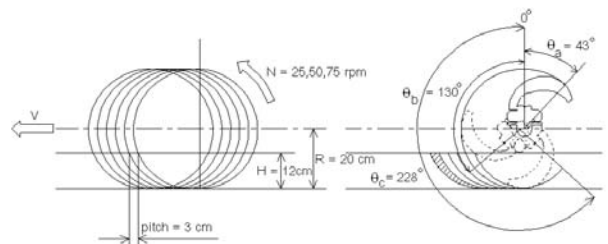
4. วิธีการทดลอง

ชุดทดลองนี้จำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน โดยให้เพลลาโบริมิตหมุนอยู่กับที่ ส่วนโบริมิตจะหมุนตัดทรายในกระบะที่เคลื่อนที่แทนการเคลื่อนที่ของเครื่องพรวนจอบหมุน ซึ่งเพลลาโบริมิตและกระบะทรายสามารถควบคุมความเร็วด้วย Inverter ในการทดลอง กำหนดให้ควมลึกของการพรวนทรายเท่ากับ 12 เซนติเมตร และควมหนาแน่นทรายที่ควมลึก 15 เซนติเมตร มีค่าประมาณ 35 kgf/cm²

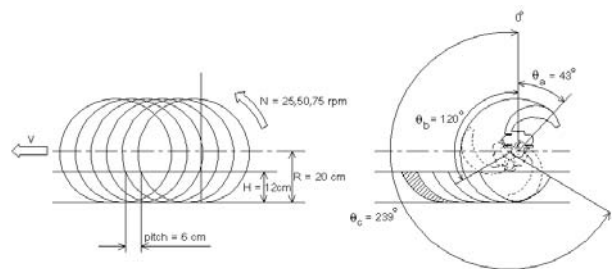
4.1 การทดลองพรวนทรายเมื่อพรวนด้วยโบริมิตโบริเดียว

การทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบแรงลัพท์ที่กระทำกับโบริมิตจอบหมุนเมื่อระยะการตัดทรายมีค่าต่าง ๆ ซึ่งแต่ละระยะการตัดทรายจะมีค่าควมเร็วรอบของเพลลาจอบหมุน 25, 50, และ 75 รอบต่อนาที โดย

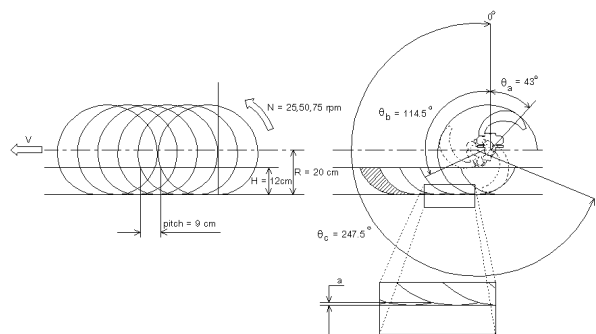
- ทดลองพรวนทรายด้วยโบริมิตโบริเดียว ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร (ดังแสดงในรูปที่ 7)
- ทดลองพรวนทรายด้วยโบริมิตโบริเดียว ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร (ดังแสดงในรูปที่ 8)
- ทดลองพรวนทรายด้วยโบริมิตโบริเดียว ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร (ดังแสดงในรูปที่ 9)



รูปที่ 7 รูปแบบการตัดทรายที่ระยะการตัดทราย 3 เซนติเมตร



รูปที่ 8 รูปแบบการตัดทรายที่ระยะการตัดทราย 6 เซนติเมตร



รูปที่ 9 รูปแบบการตัดทรายที่ระยะการตัดทราย 9 เซนติเมตร

4.2 การทดลองพรุนทรายกรณีที่มีใบมีดข้างเดียว

การทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบแรงลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนเมื่อมีการจัดเรียงใบมีดข้างเดียวที่ทำมุมต่างกัน ซึ่งจะส่งผลให้การตัดทรายแตกต่างกัน เนื่องจากการจัดเรียงใบมีดข้างเดียวด้านซ้ายและขวา โดยทำการทดลองที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร ความเร็วรอบของเพลาจอบหมุน 75 รอบต่อนาที เมื่อ

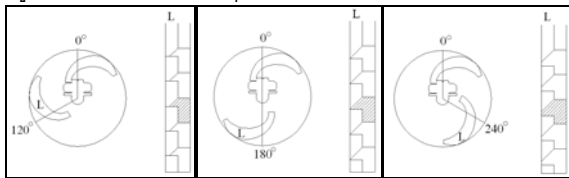
R คือ ใบมีดที่อยู่ทางด้านขวาของใบมีดที่ใช้วัดแรง

L คือ ใบมีดที่อยู่ทางด้านซ้ายของใบมีดที่ใช้วัดแรง

4.2.1 กรณีมีใบมีดข้างเดียวด้านซ้ายอย่างเดียว

ใบมีด L มีมุมมองคาเปลี่ยนไป 3 รูปแบบ (ดังแสดงในรูปที่ 10)

- รูปแบบที่ 1 ใบมีด L ทำมุมกับใบมีดที่วัดแรง 120 องศา
- รูปแบบที่ 2 ใบมีด L ทำมุมกับใบมีดที่วัดแรง 180 องศา
- รูปแบบที่ 3 ใบมีด L ทำมุมกับใบมีดที่วัดแรง 240 องศา



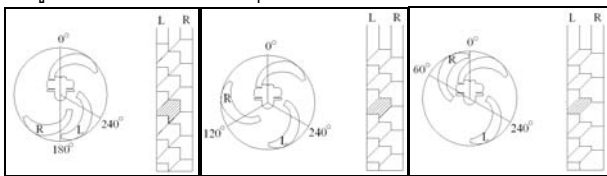
รูปที่ 10 การจัดเรียงใบมีดและรอยการตัดทราย รูปแบบที่ 1, 2 และ 3

4.2.2 กรณีมีใบมีดข้างเดียวด้านซ้ายและขวา

ใบมีด L ทำมุมกับใบมีดที่วัดแรง 240 องศา คงที่

ส่วนใบมีด R มีมุมมองคาเปลี่ยนไป 3 รูปแบบ (ดังแสดงในรูปที่ 11)

- รูปแบบที่ 4 ใบมีด R ทำมุมกับใบมีดที่วัดแรง 180 องศา
- รูปแบบที่ 5 ใบมีด R ทำมุมกับใบมีดที่วัดแรง 120 องศา
- รูปแบบที่ 6 ใบมีด R ทำมุมกับใบมีดที่วัดแรง 60 องศา



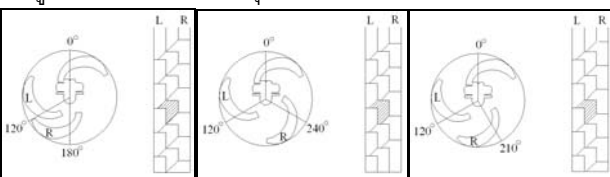
รูปที่ 11 การจัดเรียงใบมีดและรอยการตัดทราย รูปแบบที่ 4, 5 และ 6

4.2.3 กรณีมีใบมีดข้างเดียวด้านซ้ายและขวา

ใบมีด L ทำมุมกับใบมีดที่วัดแรง 120 องศา คงที่

ส่วนใบมีด R มีมุมมองคาเปลี่ยนไป 3 รูปแบบ (ดังแสดงในรูปที่ 12)

- รูปแบบที่ 7 ใบมีด R ทำมุมกับใบมีดที่วัดแรง 180 องศา
- รูปแบบที่ 8 ใบมีด R ทำมุมกับใบมีดที่วัดแรง 240 องศา
- รูปแบบที่ 9 ใบมีด R ทำมุมกับใบมีดที่วัดแรง 210 องศา

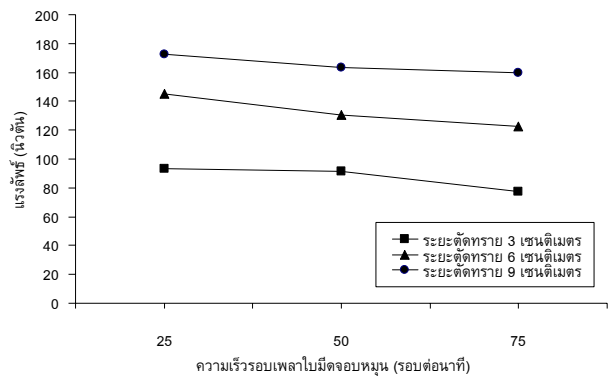


รูปที่ 12 การจัดเรียงใบมีดและรอยการตัดทราย รูปแบบที่ 7, 8 และ 9

5. ผลการทดลอง

5.1 ผลการทดลองเมื่อพรุนทรายด้วยใบมีดใบเดียว

จากการทดลองพรุนทรายด้วยใบมีดใบเดียว สามารถแสดงรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงต้านทานลัพท์ที่มากที่สุดที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนกับ ความเร็วรอบของเพลาจอบหมุนที่ระยะการตัดทรายต่างๆ (ดังแสดงในรูปที่ 13) ส่วนการหาค่าพื้นที่หน้าตัดรอยการตัดทรายตามแนวความลึกของการพรุนทรายที่ระยะตัดทรายต่างๆ (ดังแสดงในตารางที่ 1) ได้โดยวิธีการเขียนแบบและคำนวณ



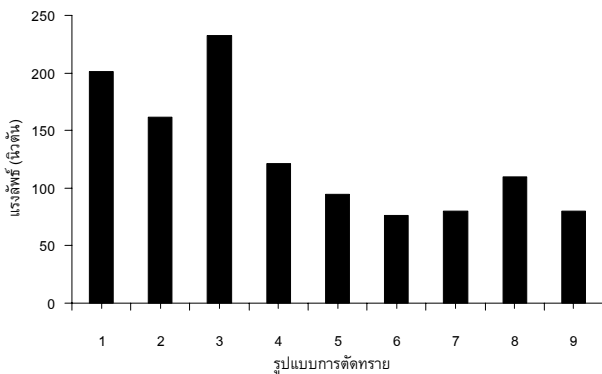
รูปที่ 13 แสดงแรงต้านทานลัพท์มากที่สุดกรณีใบมีดใบเดียว

ตารางที่ 1 แสดงรูปพื้นที่หน้าตัดของรอยตัดทรายตามแนวความลึกกรณีใบมีดใบเดียว

ระยะตัดทราย (เซนติเมตร)	รูปแสดงรอยตัด	พื้นที่แรง (ตารางเซนติเมตร)
3		35.96
6		72.02
9		107.94

5.2 ผลการทดลองพรุนทรายโดยมีใบมีดข้างเดียว

จากการทดลองพรุนทรายโดยมีใบมีดข้างเดียว สามารถแสดงรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงต้านทานลัพท์ที่มากที่สุดที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน กับรูปแบบการตัดทรายจากการจัดเรียงใบมีดแบบต่างๆ (ดังแสดงในรูปที่ 14) ส่วนการหารูปแบบและค่าพื้นที่หน้าตัดรอยการตัดทรายตามแนวราบจากการจัดเรียงใบมีดแบบต่างๆ (ดังแสดงในตารางที่ 2) ได้โดยวิธีการเขียนแบบและคำนวณ



รูปที่ 14 แสดงแรงต้านทานลัพท์มากที่สุดกรณีรูปแบบการตัดทรายแบบต่างๆ ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร ที่ 75 รอบต่อนาที

ตารางที่ 2 แสดงรูปพื้นที่หน้าตัดของรอยตัดทรายตามแนวราบที่ได้จากการจัดเรียงไถมัดข้างเคียงในรูปแบบต่างๆ

รูปแบบการตัดทราย	รูปแสดงรอยตัดทราย	พื้นที่แรงงา (ตารางเซนติเมตร)
แบบที่ 1		45.00
แบบที่ 2		50.63
แบบที่ 3		57.38
แบบที่ 4		47.26
แบบที่ 5		40.50
แบบที่ 6		33.75
แบบที่ 7		34.88
แบบที่ 8		40.50
แบบที่ 9		37.97

6. อภิปรายผลการทดลอง

จากการศึกษา แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไถมัดจอบหมุนชนิดตัวซีจากการจัดเรียงไถมัดแบบต่างๆ เมื่อพรวนในกระบะทรายที่ความลึกของการพรวนมีค่าคงที่ สามารถอภิปรายการทดลองได้ดังนี้

6.1 การพรวนด้วยไถมัดไถเดี่ยว

เมื่อระยะตัดทรายมีค่าเพิ่มขึ้น แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไถมัดจอบหมุนจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของรอยตัดทราย ตามแนวความลึกของการพรวนทรายมีขนาดใหญ่ขึ้น (ปริมาตรทรายที่ถูกตัดมีขนาดใหญ่ขึ้น) จึงทำให้แรงต้านทานการเคลื่อนที่ของไถมัด มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ส่วนการเพิ่มค่าความเร็วรอบเพลาจอบหมุน ที่ระยะการตัดทรายค่าต่างๆ จะส่งผลให้แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไถมัด

จอบหมุนมีค่าลดลง เนื่องจากการแตกตัวของทรายที่มากขึ้นเมื่อเพลาจอบหมุนมีความเร็วในการตัดทรายมากขึ้น จึงทำให้แรงต้านทานการเคลื่อนที่ของไถมัด มีค่าลดลง

6.2 การพรวนทรายโดยมีไถมัดข้างเคียง

แรงลัพท์ที่กระทำกับไถมัด จะขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของรอยตัดทรายตามแนวราบของแต่ละรูปแบบการจัดเรียงไถมัด โดยการจัดเรียงไถมัดในรูปแบบที่ทำให้ พื้นที่รอยการตัดทรายมีค่าเพิ่มขึ้น (ปริมาตรของทรายที่ถูกตัดมีขนาดใหญ่ขึ้น) แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไถมัดจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากไถมัดจอบหมุนต้องออกแรงในการเคลื่อนที่มากขึ้น

7. สรุปผลการทดลอง

ผลจากการทดลองพรวนทรายด้วยไถมัดไถเดี่ยวพบว่า ที่ความเร็ว 25 รอบต่อนาที เมื่อระยะตัดทรายเพิ่มขึ้นจาก 3 เป็น 6 เซนติเมตร แรงลัพท์ที่กระทำกับไถมัดจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 64 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร เมื่อเพลาจอบหมุนด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 25 เป็น 50 รอบต่อนาที แรงลัพท์ที่กระทำกับไถมัดจะมีค่าลดลงประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์

ผลจากการทดลองพรวนทรายกรณีไถมัดข้างเคียง พบว่า รูปแบบการจัดเรียงไถมัดที่มีพื้นที่หน้าตัดของรอยตัดทรายตามแนวราบน้อยสุด (รูปแบบที่ 6) เมื่อเปรียบเทียบกับมากที่สุด (รูปแบบที่ 3) แรงลัพท์ที่กระทำกับไถมัดจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 206 เปอร์เซ็นต์

แสดงให้เห็นว่าแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไถมัดจอบหมุน มีค่าขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของรอยตัดทราย ดังนั้นถ้าหากต้องการลดแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไถมัดจอบหมุน จึงควรให้ค่าระยะการตัดทรายมีค่าน้อย และเลือกรูปแบบการจัดเรียงไถมัดแบบที่ 6

เอกสารอ้างอิง

- [1] ไพศาล มานิตย์โชติพิสิฐ, "การศึกษาแรงที่กระทำกับไถมัดพรวนจอบหมุนที่พรวนในกระบะทราย", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545
- [2] สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์ และคณะ, "การศึกษาแรงต้านทานที่กระทำกับไถมัดพรวนจอบหมุนในกระบะทราย", การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 16, ปี 2545
- [3] สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์ ไพศาล มานิตย์โชติพิสิฐ และ สราวุธ เหล่าพงศ์สวัสดิ์, "การหาขนาดและทิศทางของแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไถมัดจอบหมุน", วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2545
- [4] Sakai, J. and Shibata, Y. "Studies on the Design Engineering of Rotary Blades for the Rotary Tillage of Tractors (Part 3)", The Bullentin of the Faculty of Agriculture, Mie University. March, 1976, pp.145-155
- [5] Thakur, T. C. "Design of Extended Octagonal Ring Dynamometer for Rotary Tillage Studies", AMA No.3 Vol.19 1988, pp.23-28