

การสั่นสะเทือนและการส่งผ่านการสั่นสะเทือนของเครื่องพรวนจอบหมุนติรถไถเดินตาม Vibration and Transmission of Rotary Power Tiller

จิรายุทธ กิจกล้า¹ และ ศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล¹

Jirayut Kijkla¹ and Sirisak Chertkiattipol¹

บทคัดย่อ

การศึกษาการสั่นสะเทือนและการส่งผ่านการสั่นสะเทือนของเครื่องพรวนจอบหมุนติรถไถเดินตาม ทดสอบที่สภาวะไม่เคลื่อนที่ สภาวะเคลื่อนที่บนถนนลาดยาง และบนพื้นผิวแปลงเกษตรกรรม ด้วยความเร็วรอบ เครื่องยนต์ต้นกำลัง 1,200 1,600 และ 2,000 rpm และสภาวะการไถพรวน ด้วยความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้นกำลัง 2,200 และ 2,400 rpm วัดการสั่นสะเทือนสามทิศทางได้แก่ ทิศตามการเคลื่อนที่ ทิศตามขวางการเคลื่อนที่ และ ทิศแนวตั้ง สัญญาณการสั่นสะเทือนทั้งสามทิศทางถูกวัดในเวลาเดียวกัน โดยใช้อุปกรณ์วัดความเร่ง (Accelerometer) ติดไว้ที่ตำแหน่งต่างๆ ของรถไถเดินตาม ผลการทดสอบพบว่า การสั่นสะเทือน และความถี่การ สั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้นกำลังเพิ่มขึ้น ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์เดียวกัน การ สั่นสะเทือนสูงสุดปรากฏที่ตำแหน่งเครื่องยนต์ต้นกำลัง และสั่นสะเทือนน้อยที่สุดที่ตำแหน่งโครงเหล็กของรถไถ เดินตาม และพบว่าสภาวะการเคลื่อนที่บนแปลงเกษตรกรรมมีการสั่นสะเทือนสูงสุด ส่วนสภาวะไม่เคลื่อนที่บน ถนนลาดยางพบว่าการสั่นสะเทือนต่ำสุด

ABSTRACT

The vibration characteristics of a rotary power tiller were studied. Tests were conducted at 1,200, 1,600 and 2,000 rpm engine speed for the stationary condition and the on-road and the off-road transportation. For the tillage condition, the experiments were tested at the engine speed of 2,200 and 2,400 rpm. The vibration signals in three mutually perpendicular directions were simultaneously measured by accelerometers. These accelerometers were placed at the different locations on the rotary power tiller. The results showed that the vibration and the frequency of vibration increased when the engine speed increased. At the same operating speed and test condition, the intensity of the vibration was highest at the top engine and lowest at the chassis. The maximum vibration intensities were observed during transportation off-road and the lowest vibration intensities were when stationary on an asphalt surface.

Key word: rotary power tiller, vibration

e-mail address: Jibtanding_91@hotmail.com

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaensaen, Kasetsart University Kamphaensaen Campus, Nakhonpathom 73140

คำนำ

รถไถเดินตาม (walking tractor) เป็นเครื่องทุ่นแรงและเป็นต้นกำลังที่เกษตรกรในประเทศไทยและประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำเกษตรกรรม เกษตรกรสามารถซื้อได้เนื่องจากมีราคาถูก ส่งผลให้การไถเดินตามมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (Salokhe et al., 1995) ในปี พ.ศ. 2551 ประเทศไทยมีรถไถเดินตาม 2,221,113 คัน (สำนักงานสถิติการเกษตร, 2552) ปัจจุบันการติดตั้งเครื่องพรวนจอบหมุนด้านหลังรถไถเดินตามเพื่อใช้สำหรับการเตรียมดินในแปลงเพาะปลูกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องด้วยเครื่องพรวนจอบหมุนมีข้อดีที่โดดเด่นกว่าไถหัวหมูและไถจวน 2 ประการ ได้แก่ (1) เป็นอุปกรณ์ที่ไถและพรวนดินใน 1 เทียวการเดินทาง และ (2) เป็นอุปกรณ์ไถเตรียมดินที่ก่อให้เกิดแรงชูดลากล้นน้อย ส่งผลให้ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง (Beeny et al., 1970) อย่างไรก็ตามรถไถเดินตามติดตั้งเครื่องพรวนจอบหมุน (rotary power tiller) มีข้อด้อยหลักคือการสั่นสะเทือนที่สูงขณะเครื่องพรวนจอบหมุนไถพรวนดิน การสั่นสะเทือนดังกล่าวส่งผลต่อการเมื่อยล้า (fatigue) และความสามารถในการทำงานของเกษตรกร ในระยะยาวการสั่นสะเทือนจะส่งผลต่อสุขภาพของเกษตรกร การสั่นสะเทือนเนื่องจากการไถพรวนดินของเครื่องพรวนจอบหมุนจะส่งผ่านทางมือจับ (hand grip) ไปยังร่างกายของผู้ควบคุม ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนที่รุนแรงบริเวณข้อมือของผู้ควบคุมซึ่งเป็นสาเหตุของการบาดเจ็บ (Ying et al., 1998) และหากเกษตรกรผู้ควบคุมรถไถเดินตามปฏิบัติงานภายใต้สภาวะที่มีการสั่นสะเทือนเป็นเวลานานอย่างต่อเนื่อง สิ่งนี้จะส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพของเกษตรกร (ISO 5349-1, 2001) ในการคิดค้นวิธีการลดการสั่นสะเทือนในระหว่างกระบวนการเตรียมดินของเครื่องพรวนจอบหมุนต่อพ่วงรถไถเดินตาม ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามที่ติดตั้งเครื่องพรวนจอบหมุนที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ กัน จึงมีความจำเป็น

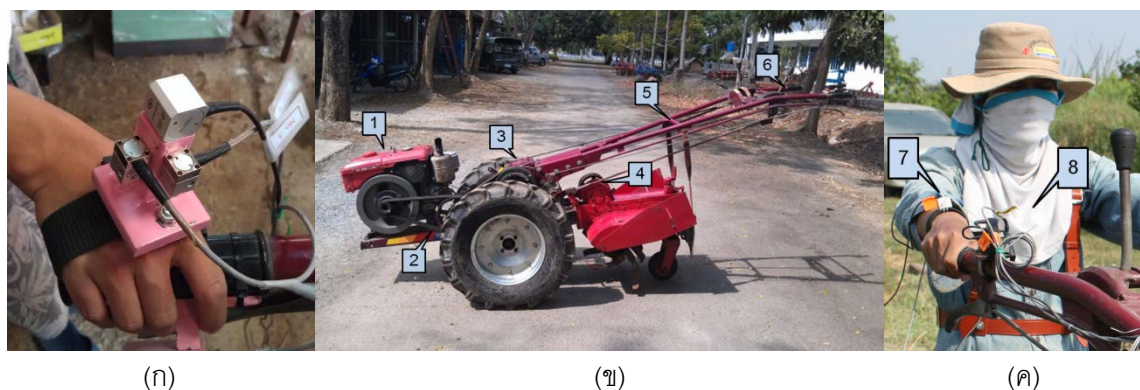
อุปกรณ์และวิธีการ

1. การติดตั้งอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน

เครื่องมือไถพรวนจอบหมุนติดรถไถเดินตามของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประกอบด้วยใบมีดรูปตัว C จำนวน 14 ใบ ความกว้างโรเตอร์ 0.55 เมตร เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 7.72 kW ที่ 2,400 rpm ล้อยางมีความดันลมยาง 47 psi ผู้ควบคุมรถไถเดินตามอายุ 26 ปี สูง 170 เซนติเมตรน้ำหนัก 70 กิโลกรัม

อุปกรณ์วัดความเร่ง (Accelerometer) เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นสะเทือนในแต่ละส่วนของรถไถเดินตาม รวมทั้งการสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านจากรถไถเดินตามไปยังส่วนต่างๆ ของผู้ควบคุมรถไถเดินตาม ได้แก่ ข้อมือและหน้าอกเป็นต้น โดยติด Accelerometer บนกล่องเหล็กทรงลูกบาศก์กว้าง 2.5 ซม. ยาว 2.5 ซม. และสูง 3.5 ซม. และติดกล่องเหล็กทรงลูกบาศก์บนแต่ละตำแหน่งของรถไถเดินตามด้วยสลักเกลียวแสดงในรูปที่ 1 (ก) กำหนดให้การสั่นสะเทือนในแนวแกน X หมายถึง การสั่นสะเทือนในทิศทางการเคลื่อนที่ของรถไถเดินตาม การสั่นสะเทือนในแนวแกน Y หมายถึง การสั่นสะเทือนในแนวขวางการเคลื่อนที่ และการสั่นสะเทือนในแนวแกน Z หมายถึง การสั่นสะเทือนในแนวตั้งสัญญาณการสั่นสะเทือนทั้งสามทิศทางถูกวัดในเวลาเดียวกัน (Salokhe et al., 1995) ตำแหน่งการติดตั้ง Accelerometer แสดงในรูปที่ 1 (ข) และ (ค) คือ หมายเลข 1 : ผิวนบนเครื่องยนต์ต้นกำลัง (Top Engine), หมายเลข 2 : โครงเหล็กโครงสร้างรถไถเดินตาม (Chassis), หมายเลข 3 : กล่อง

ฟันเฟืองระบบส่งผ่านกำลังรถไถเดินตาม (Gear Box), หมายเลข 4 : กล่องฟันเฟืองจอบหมุน (Rotary Case), หมายเลข 5 : โครงเหล็กส่วนตรงกลางของมือจับรถไถเดินตาม (Mid Handle), หมายเลข 6 : มือจับรถไถเดินตาม (Handle Grip), หมายเลข 7 : ข้อมือ (Wrist), หมายเลข 8 : หน้าอก (Chest)



รูปที่ 1 ตำแหน่งการติดตั้ง Accelerometer

2. การบันทึกและการคำนวณข้อมูล

สัญญาณจากอุปกรณ์วัดความเร่ง (Accelerometer) จะถูกส่งผ่านไปที่เครื่องบันทึกเอนกประสงค์ (Universal Recorder) (EDX-100A, Kyowa Electronic Instruments Co, Ltd., Tokyo, Japan) เครื่องบันทึกดังกล่าวทำหน้าที่ขยายสัญญาณ และเปลี่ยนสัญญาณ Analog เป็นข้อมูลตัวเลขความสัมพันธ์ระหว่างเวลา และความเร่งการสั่นสะเทือน และส่งผ่านข้อมูลไปบันทึกที่คอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Dynamic data recording software รุ่น DCS-100A จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลตัวเลขเหล่านี้ด้วยโปรแกรม Data analysis software รุ่น DAS-100A โดยเลือกการแปลงรูปข้อมูลแบบ Fast Fourier Transform (FFT) เพื่อแสดงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และความเร่ง หรือเรียกว่า เพาเวอร์สเปกตรัมของความเร่ง (Power spectrum of acceleration) ค่าความเร่งสูงสุดที่ปรากฏขึ้นที่ความถี่ค่าหนึ่งจะถูกนำมาใช้ประเมิน

การประเมินค่าความสั่นสะเทือนตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานสากล (ISO 5349-1, 2001) คือ เมื่อได้ค่าระดับความสั่นสะเทือนทั้งสามแกนแล้วให้นำมาคำนวณรวมดังสมการที่ (1)

$$a_v = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad \dots (1)$$

โดยที่

a_v คือ ค่าความสั่นสะเทือนรวม (ความเร่ง), (m/s^2)

a_x, a_y, a_z คือ ค่าความสั่นสะเทือนตามแนวแกน x, y และ z, (m/s^2)

การส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากด้ามจับรถไถเดินตามมายังผู้ควบคุมรถไถเดินตามคำนวณโดย (Stikeleather, 1991) ใช้สมการที่ (2)

$$T_r = (Z_{out} / Z_{in}) * 100 \quad \dots\dots(2)$$

โดยที่

T_r คือ การส่งผ่านการสั่นสะเทือน, (%)

Z_{out} คือ ค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดที่ปลายทาง, (m/s²)

Z_{in} คือ ค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดที่ต้นทาง, (m/s²)

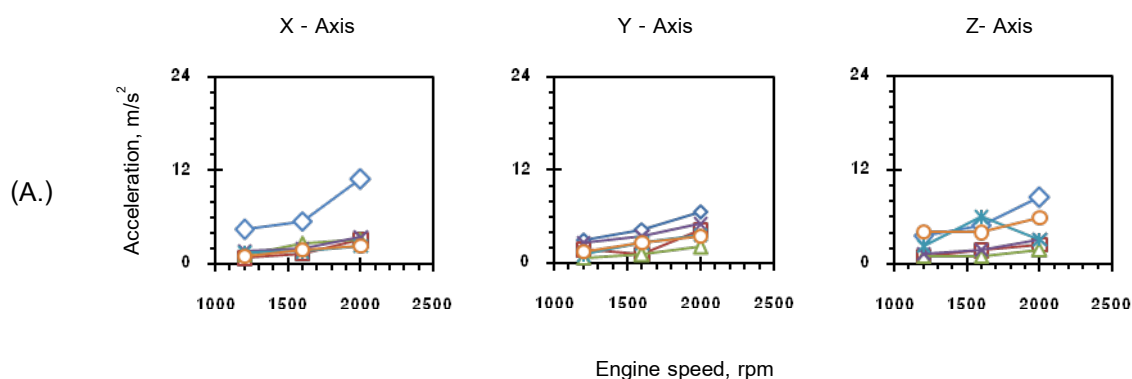
แผนการทดลอง

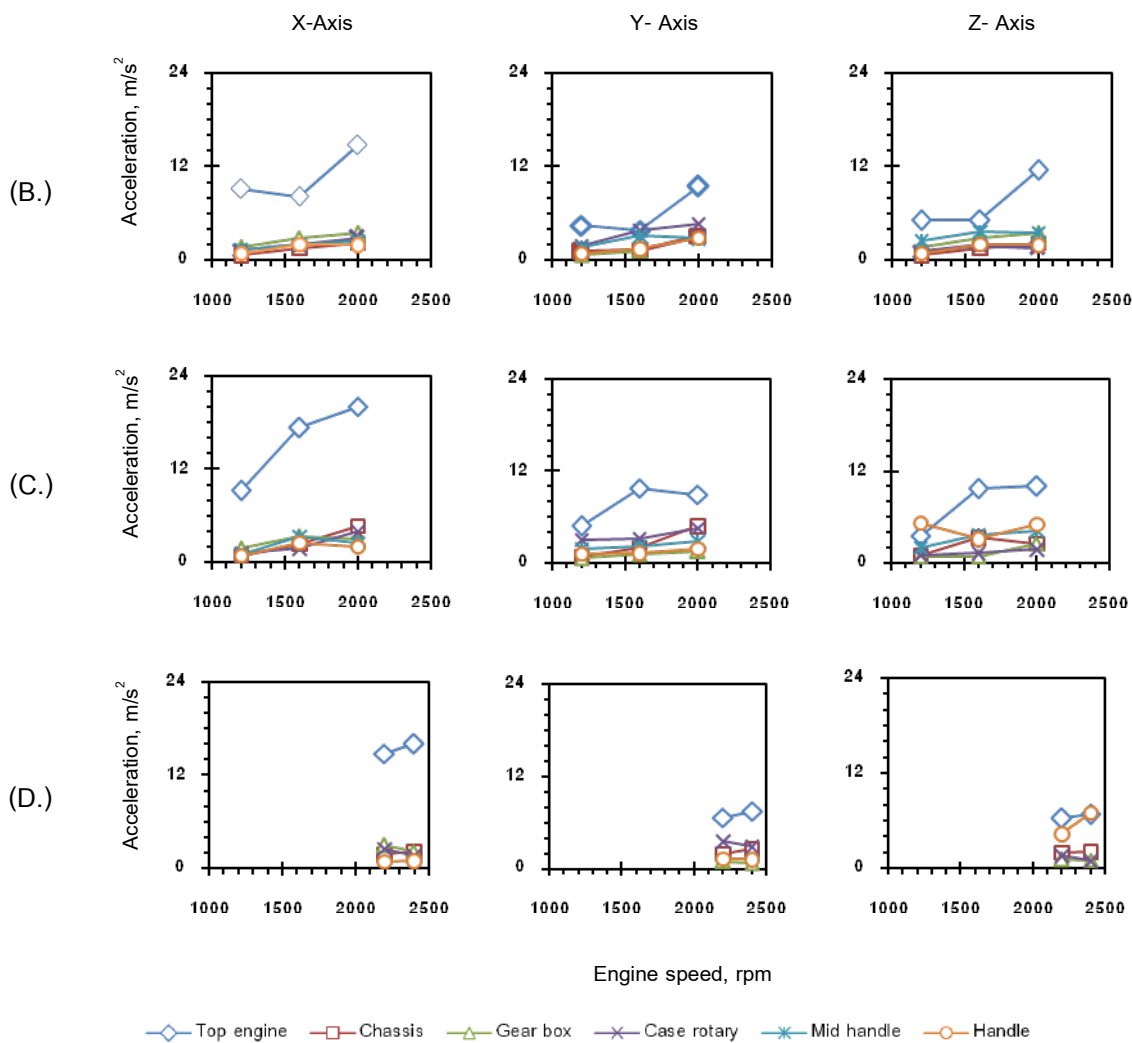
การศึกษาลักษณะการสั่นสะเทือนของเครื่องพรวนจอบหมุนติตรถไถเดินตาม โดยทดสอบที่สภาวะไม่เคลื่อนที่บนถนนลาดยาง สภาวะเคลื่อนที่บนถนนลาดยาง และสภาวะเคลื่อนที่บนพื้นผิวแปลงเกษตรกรรมซึ่งเป็นพื้นที่ขรุขระและไม่มีการเพาะปลูกเป็นเวลานาน ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้นกำลัง 1,200 1,600 และ 2,000 rpm และสภาวะการไถพรวน ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้นกำลัง 2,200 และ 2,400 rpm ความเร็วรอบจอบหมุน 350 และ 400 rpm ซึ่งมีความลึกในการไถพรวนดิน 10 เซนติเมตร ทำการทดสอบเงื่อนไขละ 3 ซ้ำ การศึกษาลักษณะการสั่นสะเทือนของเครื่องพรวนจอบหมุนติตรถไถเดินตาม ในสภาวะเคลื่อนที่และสภาวะการไถพรวน ทดสอบเป็นระยะทาง 20 เมตรทำการทดสอบบนถนนลาดยาง และแปลงทดลองภาคทฤษฎีวิศวกรรมเกษตรคณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะการสั่นสะเทือนในแต่ละตำแหน่งของรถไถเดินตาม

จากการศึกษาลักษณะการสั่นสะเทือนของเครื่องพรวนจอบหมุนติตรถไถเดินตามในเทอมความเร่งของการสั่นสะเทือนพบว่าค่าการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้นทุกสภาวะการทดสอบ จากรูปที่ 2 ที่สภาวะรถไถเดินตามไม่เคลื่อนที่ตำแหน่งที่มีการสั่นสะเทือนมากที่สุดคือ บนพื้นผิวเครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm แนวแกน (X) มีการสั่นสะเทือนสูงที่สุดคือ (10.96 m/s²) ตามด้วยแนวแกน (Z) คือ (8.55 m/s²) และแนวแกน (Y) คือ (6.75 m/s²) ตามลำดับ ส่วนที่ตำแหน่งด้ามจับของรถไถเดินตามซึ่งเป็นส่วนที่จะส่งต่อการสั่นสะเทือนมายังมือ พบว่าที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 rpm แนวแกน (Z) มีการสั่นสะเทือนสูงที่สุดคือ (5.97 m/s²) ตามด้วยแนวแกน (Y) คือ (3.63 m/s²) และแนวแกน (X) คือ (2.43 m/s²) ตามลำดับ

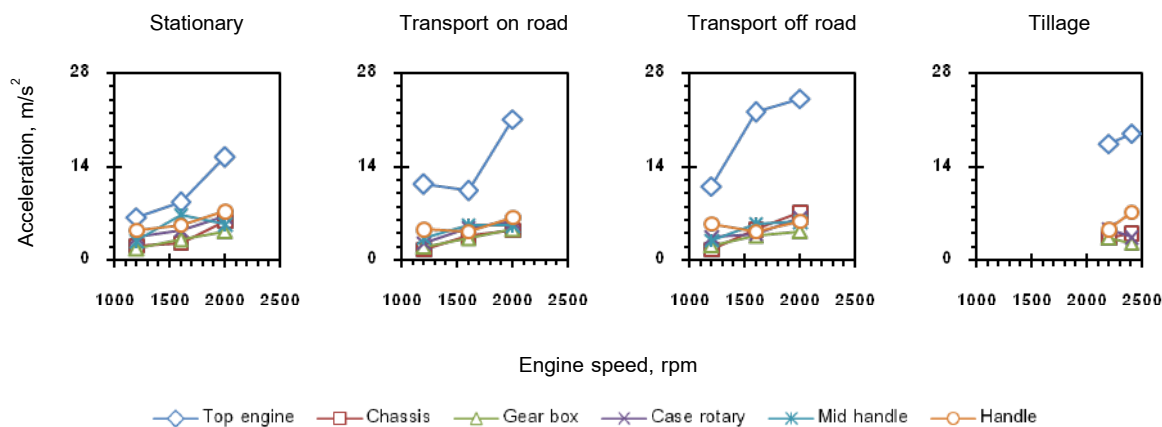




รูปที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์และความเร่งการสั่นสะเทือนในแต่ละตำแหน่งของรถไถเดินตามทีสภาวะการทดลอง (A) Stationary, (B) Transport on road, (C) Transport off road, และ (D) Tillage

ลักษณะการสั่นสะเทือนรวมทั้งสามทิศทางในแต่ละตำแหน่งของเดินตามทีสภาวะการทดสอบต่างๆ

จากการศึกษาลักษณะการสั่นสะเทือนรวมทั้งสามทิศทางของเครื่องพรวนจอบหมุนติตรถไถเดินตามพบว่าค่าการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้นทุกสภาวะการทดสอบ จากรูปที่ 3 ตำแหน่งที่มีการสั่นสะเทือนรวมมากที่สุดคือ บนพื้นผิวเครื่องยนต์ ซึ่งที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,000 rpm สภาวะการเคลื่อนที่บนแปลงเกษตรกรรมมีค่าสูงสุดคือ (24.25 m/s²) และต่ำสุดในสภาวะรถไถเดินตามไม่เคลื่อนที่คือ (15.45 m/s²) ส่วนที่ตำแหน่งด้ามจับของรถไถเดินตามซึ่งเป็นส่วนที่จะส่งต่อการสั่นสะเทือนมายังมือ พบว่าที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,000 rpm สภาวะรถไถเดินตามไม่เคลื่อนที่ที่มีการสั่นสะเทือนรวมสูงที่สุดคือ (7.39 m/s²) และต่ำสุดในสภาวะการเคลื่อนที่บนแปลงเกษตร คือ (5.88 m/s²) ส่วนในสภาวะการไถพรวนดินพบว่าที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,400 rpm ค่าการสั่นสะเทือนรวมสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งบนพื้นผิวเครื่องยนต์ คือ (19.04 m/s²) ส่วนที่ตำแหน่งด้ามจับของรถไถเดินตามมีค่าการสั่นสะเทือนรวม คือ (7.28 m/s²)



รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์และความเร่งรวมสามทิศทางของการสั่นสะเทือนในแต่ละตำแหน่งของรถไถเดินตามีสภาวะต่างๆ

ค่ามาตรฐานของการสั่นสะเทือนที่มือ-แขน สมาคมนักสุขศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (The American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH) ได้กำหนดมาตรฐานไว้ โดยมีความสัมพันธ์ของค่าการสั่นสะเทือนกับระยะเวลาทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 1 ในการเปรียบเทียบให้นำค่าสูงสุดที่วัดได้ของทั้งสามแกน คือ แกน x, y หรือ z มาเปรียบเทียบกับค่าในตารางที่ 1 ซึ่งค่าการสั่นสะเทือนตำแหน่งด้ามจับของรถไถเดินตามที่ได้จากการทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่สูงที่สุดในสภาวะต่างๆ พบว่า สภาวะรถไถเดินตามไม่เคลื่อนที่มีการสั่นสะเทือนรวม (7.39 m/s^2) ไม่ควรสัมผัสการสั่นสะเทือนเกิน 2 ชม. สภาวะรถไถเดินตามเคลื่อนที่บนถนนลาดยางมีการสั่นสะเทือนรวม (6.46 m/s^2) ไม่ควรสัมผัสการสั่นสะเทือนเกิน 4 ชม. สภาวะรถไถเดินตามเคลื่อนที่บนพื้นผิวแปลงเกษตรมีการสั่นสะเทือนรวม (5.88 m/s^2) ไม่ควรสัมผัสการสั่นสะเทือนเกิน 4 ชม. สภาวะรถไถเดินตามไถพรวนดินมีการสั่นสะเทือนรวม (7.28 m/s^2) ไม่ควรสัมผัสการสั่นสะเทือนเกิน 2 ชม.

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานความสั่นสะเทือนที่มือ-แขน ที่กำหนดโดย ACGIH

ระยะเวลาที่สัมผัสกับการสั่นสะเทือน	การสั่นสะเทือน (m/s^2)
4 ชม. และน้อยกว่า 8 ชม.	4
2 ชม. และน้อยกว่า 4 ชม.	6
1 ชม. และน้อยกว่า 2 ชม.	8
น้อยกว่า 1 ชม.	12

การส่งผ่านกำลังการสั่นสะเทือน (Vibration Transmission, T_r)

การสั่นสะเทือนสามารถที่จะส่งผ่านกำลังมาส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ ต้นกำเนิดของการสั่นสะเทือนคือเครื่องยนต์ต้นกำลัง ความเร่งจะถูกส่งผ่านมายังชิ้นส่วนต่างๆ ของรถไถเดินตาม จากผลการทดสอบพบว่า การสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมายังข้อมือนี้อาจมีค่าสูงสุดคือ (129.28 %) ซึ่งอยู่ในสภาวะรถไถเดินตามไม่เคลื่อนที่ที่ความเร็ว

รอบเครื่องยนต์ 1600 rpm และต่ำสุดคือ (66.16 %) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1200 rpm ซึ่งอยู่ในสภาวะรถไถเดินตามเคลื่อนที่บนแปลงเกษตรกรรม ส่วนการสันตะเทือนที่ส่งผ่านมายังหน้าอกมีค่าสูงสุดคือ (14.41%) ซึ่งอยู่ในสภาวะไถพรวนดินที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2200 rpm และต่ำสุดคือ (2.19 m/s²) ซึ่งอยู่ในสภาวะรถไถเดินตามไม่เคลื่อนที่ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1600 rpm

ตารางที่ 2 แสดงการส่งผ่านการสันตะเทือน (T_v , %) จากด้ามจับรถไถเดินตามมายังข้อมือและหน้าอกของผู้ควบคุมรถไถเดินตามทีสภาวะไม่เคลื่อนที่บนถนนลาดยาง และเคลื่อนที่บนแปลงเกษตรในทิศแนวตั้ง (Z-Direction)

สภาวะการทดสอบ	ตำแหน่ง	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rpm)		
		1200	1600	2000
Stationary	ข้อมือ	108.18	129.28	126.97
	หน้าอก	2.36	2.19	2.95
Transport on road	ข้อมือ	84.47	110.25	88.36
	หน้าอก	3.37	12.83	9.37
Transport off road	ข้อมือ	66.16	75.86	66.54
	หน้าอก	6.21	10.02	6.54

ตารางที่ 3 แสดงการส่งผ่านการสันตะเทือน (T_v , %) จากด้ามจับรถไถเดินตามมายังข้อมือและหน้าอกของผู้ควบคุมรถไถเดินตามทีสภาวะไถพรวนดินในทิศแนวตั้ง (Z-Direction)

สภาวะการทดสอบ	ตำแหน่ง	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rpm)	
		2200	2400
Tillage	ข้อมือ	79.58	87.35
	หน้าอก	14.41	10.17

การเคลื่อนที่ในแปลงเกษตรพื้นผิวแปลงเป็นดินและมีหญ้าปกคลุมซึ่งเป็นส่วนช่วยซับการสันตะเทือนจากตัวรถไถเดินตามไปถึงด้ามจับ ส่วนทีสภาวะการไถพรวนทำให้การควบคุมรถไถเดินตามต้องมีการเดินและทำงานได้ยากลำบากขึ้น ทำให้เกิดการสันตะเทือนมายังหน้าอกเพิ่มมากขึ้น

สรุป

การเปลี่ยนแปลงความเร่งของการสั่นสะเทือนขึ้นอยู่กับความเร็วรอบเครื่องยนต์และเงื่อนไขในการทดลอง เมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ทำให้การสั่นสะเทือนมีค่าเพิ่มขึ้น ระดับการสั่นสะเทือนที่สูงที่สุดอยู่ที่ตำแหน่งบนเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแรงสั่นสะเทือน และต่ำสุดอยู่ที่หน้าอกของผู้ควบคุมรถไถเดินตาม

ที่ตำแหน่งบนเครื่องยนต์พบว่าทิศทางการเคลื่อนที่มีการสั่นสะเทือนสูงสุด และต่ำสุดในทิศตามขวาง การเคลื่อนที่ เนื่องจากกระบอกสูบของเครื่องยนต์ทำงานในทิศเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ ส่วนที่ตำแหน่งด้ามจับรถไถเดินตาม เนื่องจากมีลักษณะเป็นคานยาวติดกับห้องเกียร์ซึ่งเป็นการสั่นสะเทือนแบบบังคับ ทำให้ทิศแนวตั้งมีการสั่นสะเทือนสูงสุด และต่ำสุดในทิศตามการเคลื่อนที่

ที่สภาวะรถไถเดินตามไม่เคลื่อนที่ พบว่าการส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากด้ามจับรถไถเดินตามมายังข้อมือนี้อีกค่าสูงสุด และต่ำสุดที่สภาวะการเคลื่อนที่บนแปลงเกษตรกรรม ส่วนการส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากด้ามจับรถไถเดินตามมายังหน้าอกพบว่าที่สภาวะการไถพรวนมีการส่งผ่านการสั่นสะเทือนสูงสุด และต่ำสุดที่สภาวะรถไถเดินตามไม่เคลื่อนที่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สถาบันและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. **ตัวชี้วัดเศรษฐกิจการเกษตรของประเทศไทย**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 55.

Beeny, J. N., and D. C. P. Khoo. 1970. Preliminary investigations into the performance of different shaped blades for the rotary tillage of wet rice soil. **Journal of Agricultural Engineering Research**, 15(1): 27–33.

International Organization for Standardization (ISO), Mechanical vibration-Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. **ISO 5349-1** (2001)

Salokhe, V.M., Majumder, B., Islam, M.S., 1995. Vibration characteristics of a power tiller. **Journal of Terramechanics** 32, 181–197.

Stikeleather, L. F. Seat vibration and ride comfort. In **Human Factors: A Series of Quality Instructional Material**. **ASAE** (1991).

The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). **Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices**, (2004)

Ying, Y., L. Zhang, F. Xu and Dong M. 1998. Vibratory characteristics and handtransmitted vibration reduction of walking tractor. **Transaction of the ASAE**, 41(4): 917-922