

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินระดับความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายของผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนาข้าว
ในจังหวัดพะเยาประกาศิต ทอนช่วย^{(1)*}, พรรณวดี สิงห์แก้ว⁽¹⁾

วันที่ได้รับต้นฉบับ: 13 ธันวาคม 2563

วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 18 กุมภาพันธ์ 2564

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการเกษตรส่งผลกระทบต่อความสะดวกในการทำงาน แต่กลับทำให้เกิดปัญหาอาชีวอนามัยกับผู้ใช้เครื่องจักรเหล่านั้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การวิจัยเชิงกึ่งทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายของผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนาข้าวพื้นที่จังหวัดพะเยา ในแต่ละสถานะการทำงาน ได้แก่ จอดอยู่กับที่ ขับเคลื่อนบนพื้นที่นา เก็บเกี่ยวและนวดข้าว และขับเคลื่อนเมื่อบรรจุเต็ม จำนวน 6 คัน ขนาดความจุ 2.5 และ 2.7 ตัน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยใช้เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย บันทึกค่าทุก 1 วินาที วิเคราะห์ระดับความสั่นสะเทือนแยกตามแนวแกน X, Y และ Z ด้วยสถิติเชิงพรรณนา และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความสั่นสะเทือนด้วยสถิติ One-way ANOVA

ผลการศึกษา พบว่า ระดับความสั่นสะเทือนตามแกน X, Y และ Z ของทั้ง 4 สถานะการทำงานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.001$) และแกน Z มีความสั่นสะเทือนเฉลี่ยสูงสุด สำหรับการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ในภายหลัง พบว่า สถานะการทำงานจอดอยู่กับที่ ขับเคลื่อนบนพื้นที่นา และขับเคลื่อนเมื่อบรรจุเต็ม ระดับความสั่นสะเทือนเฉลี่ยของแกน X-Z และ Y-Z และสถานะการทำงานเก็บเกี่ยวและนวดข้าว แกน X-Y, X-Z และ Y-Z แตกต่างกัน ($p\text{-value} < 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบความสั่นสะเทือนกับเวลา 8 ชั่วโมง (A(8)) ของรถ 6 ชนิด มีค่าเกินกว่าระดับที่ต้องดำเนินการป้องกันเบื้องต้น ร้อยละ 83.33 และระดับขีดจำกัดสูงสุด ร้อยละ 16.67 ทั้งนี้ควรนำข้อมูลไปใช้ในการเฝ้าระวังและจัดการความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัย โดยการให้อาชีวศึกษาและการออกแบบอุปกรณ์เครื่องมือทางวิศวกรรมเพื่อลดระดับความสั่นสะเทือนที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนาข้าว

คำสำคัญ: เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย, ผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนาข้าว

* ผู้รับผิดชอบบทความ

(1) สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

Original Article

Whole Body Vibration Assessment of Rice Combine Harvesting Operators in Phayao Province

Prakasit Tonchay^{(1)*}, Pannawadee Singkaew⁽¹⁾

Received Date: December 13, 2020

Accepted Date: February 18, 2021

Abstract

The agricultural machine technologies are important tool to support the conveniences of rice farmers. On the other hand, uncomfortable and occupational health problems are more affected to rice harvesting operators. This quasi-experimental research was conducted to evaluate whole body vibration (WBV) of rice combine harvesting operators in Phayao province. The rice mechanization was recruited to be the subject totally 6 harvesting machines with maximum capacity 2.5 and 2.7 tons. Total 4 work phases which are parking position, driving on rice fields surfaces, rice harvesting and threshing, and driving with full tank were collected and analyzed. The data was measured by carrying out vibration metering at the sites during November to December 2019 by WBV meter and recorded every 1 second. The vibrations at three orthogonal axes (X, Y, Z) were tested by descriptive statistic and compared the vibration by One-way ANOVA statistics.

The result showed that there were highly significant differences for all directions (X, Y, Z) of 4 work phases (p -value<0.001) and in vertical (Z) axis was the highest in vibration level. In addition, the vibration result of ANOVA was found that parking position, driving on rice fields surfaces, and driving with full tank were differences in X-Z axes and Y-Z axes including, rice harvesting, and threshing data was essentially different respectively (p -value< 0.05). Furthermore, WBV and 8-hour duration exposure of the operation on all 6 combine harvesting machines were compared and found that the vibration levels exceeded exposure action value (EAV) 83.33% and exposure limit value (ELV) 16.67%. As the result, the health surveillance and occupational risk management should be implemented by occupational health education including engineering design to reduce vibrations that may affect to the health of rice combine harvesting operators.

Keywords: Whole Body Vibration Meter, Rice Combine Harvesting Operators

* Corresponding author

(1) Department of Occupational Health
and Safety, School of Public Health,
University of Phayao

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศ การปรับปรุงพัฒนาการผลิตข้าวจึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งในการพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ของคนในภาคเกษตรกรรมและภาวะเศรษฐกิจโดยรวม จากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของประชากรในปัจจุบันส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดแคลนแรงงานซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการผลิตข้าว (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2559) ทำให้ต้องปรับตัวในกิจกรรมการผลิต โดยการพึ่งพาเครื่องจักรกลและเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น กิจกรรมการเก็บเกี่ยวผลผลิตซึ่งเป็นการจัดการผลผลิตในขั้นตอนสุดท้าย (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2557) ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยวมีค่าใช้จ่ายประกอบเป็นสัดส่วนร้อยละ 10-20 ของค่าใช้จ่ายต่อการในการผลิตทั้งหมด หากสามารถทำให้ลดลงได้ หรือได้ผลผลิตที่คุณภาพดีขึ้น จำนวนการร่วงหล่นของผลผลิตลดลง รายได้สุทธิของเกษตรกรก็จะสูงขึ้น (สาโรช อังสุมาลิน และคณะ, 2559) จึงได้มีการปรับเปลี่ยนการเกษตรกรรมให้เป็นแบบสมัยใหม่ มีการนำเครื่องจักรมาเป็นแหล่งแรงงานหลักแทนแรงงานคนและสัตว์ (บังอร ศิริสัญลักษณ์, 2558) เพื่อลดระยะเวลา และลดต้นทุนในการเก็บเกี่ยวผลผลิต (นิติภูมิ นวรัตน์, 2556) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มคุณภาพของเมล็ดข้าวให้มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียที่น้อยลง ขายได้ราคาดีขึ้น (สาโรช อังสุมาลิน และคณะ, 2560) ส่งผลให้รถเกี่ยวนาดข้าว (Combine harvester) เข้ามามีบทบาทสำคัญในกิจกรรมนี้

การเปลี่ยนแปลงทางการเกษตรในปัจจุบันที่มีการพัฒนาเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องจักรมาใช้ทุนแรงและอำนวยความสะดวกเพิ่มขึ้น สามารถลดการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ แต่กลับทำให้เกิดปัญหาทางด้านอาชีวอนามัยกับผู้ใช้เครื่องจักร โดยในปี พ.ศ. 2560 เกิดการบาดเจ็บหรืออุบัติเหตุจากการทำงานของแรงงานนอกระบบ 3.10 ล้านคน ซึ่งมากกว่าครึ่งหนึ่งทำงานอยู่ในภาคเกษตรกรรม สาเหตุหลักมาจากการชน

กระแทกและอุบัติเหตุจากยานพาหนะ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2560) นอกจากนี้ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมการทำงานที่ส่งผลโดยตรงต่อผู้ปฏิบัติงาน ได้แก่ ความร้อนจากดวงอาทิตย์ เสียงดัง และความสั่นสะเทือนจากเครื่องจักรกลการเกษตร เช่น รถเกี่ยวนาดข้าว รถไถนา รถแทรกเตอร์ เป็นต้น (วารุณี พันธวงศ์ และคณะ, 2560; ดาวิรรณ เศรษฐีธรรม และคณะ, 2556)

การสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายเป็นปัจจัยที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากต้องปฏิบัติงานอยู่กับเครื่องจักรกล โดยมีการส่งผ่านจากที่นั่งและพนักพิงมายังร่างกายของผู้ปฏิบัติงานในลักษณะความถี่ต่ำและแอมพลิจูดสูง ความสั่นสะเทือนนี้เกิดจากอุปกรณ์ขับเคลื่อนใบมีดที่มีลักษณะกลไกเลื่อนไปมาขวางแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องเกี่ยวนาดข้าว ประกอบกับการทำงานของส่วนล้อโน้ม เกลียวลำเลียงหน้าและโซ่คอลำเลียง (สมชาย ชวนอุดม, 2552) การศึกษาที่ผ่านมาระบุว่าเครื่องเกี่ยวนาดข้าวในประเทศญี่ปุ่นทำให้เกิดความสั่นสะเทือนตามแนวแกน X, Y และ Z เท่ากับ 0.50, 0.37 และ 0.61 เมตร/วินาที² ตามลำดับ (Tsujimura et al., 2015) ส่วนเกษตรกรประเทศอิรัก รับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วทั้งร่างกายในแนวแกน Y มากที่สุด รองลงมาคือแกน X และ Z คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.97 เมตร/วินาที² ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่ก็ทำให้เกิดอาการเวียนศีรษะ (Abdul et al., 2016) มึนงง คลื่นไส้ ทรงตัวผิดปกติ และส่งผลเรื้อรังทำให้เกิดอาการปวดตามระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะหลังส่วนล่าง สะโพก/ต้นขา และตามข้อต่างๆ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดอาการเสื่อมสมรรถภาพในการมองเห็น (Essien et al., 2016; Masuod et al., 2016; ศุภัทนันท์ รักพงษ์ และคณะ, 2557; อนุชิต เกตุรวม, 2546) ซึ่งสามารถพัฒนาทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบทางเดินอาหาร นอกจากนี้ยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งบางชนิดอีกด้วย (Krajnak et al., 2018; Burström et al., 2017)

ภาคเหนือตอนบนถือว่าเป็นแหล่งผลิตข้าวหลักของประเทศ มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวรวมทั้งหมด 4,153,792 ไร่ และมีพื้นที่เก็บเกี่ยว 4,072,810 ไร่ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2560) จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า จังหวัดในภาคเหนือตอนบน มีการถือครองพื้นที่เกษตรตั้งแต่ปี 2549 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากปีก่อนหน้า และมีการเพิ่มพื้นที่ถือครองขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับช่วงการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของการทำการเกษตรกรรมโดยมีการนำเข้าของเครื่องจักรกลการเกษตรที่ทันสมัย ซึ่งเริ่มมีการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดใหญ่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 จนถึงปี พ.ศ. 2558 หลังจากนั้นการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็กก็เข้ามามีบทบาทมากขึ้น จากกรณีศึกษาจังหวัดพะเยา พบว่าเกษตรกรครอบครองรถเกี่ยวนวดข้าวขนาดใหญ่ เพื่อเพิ่มความรวดเร็วและประสิทธิภาพในการผลิตข้าวให้มากขึ้นในพื้นที่นาตนเอง นอกจากนี้ยังให้เกษตรกรรายอื่นเช่าหรือรับจ้างเพื่อสร้างรายได้แก่ครอบครัวอีกด้วย (มนตรา พงษ์นิล, 2561)

เกษตรกรผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนวดข้าวจะมีช่วงฤดูกาลทำงานตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงธันวาคม ซึ่งจะต้องเร่งรีบทำงานให้ทันกับเวลาและคุ้มค่ากับการลงทุนซื้อเครื่องจักรกล จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าระยะเวลาคืนทุนการรับจ้างเกี่ยวข้าวในส่วนของภูมิภาคต้องใช้เวลา 9 ปี 9 เดือน (ชมพูนุช นันทจิต, 2559) นั่นหมายถึงระยะเวลาที่เกษตรกรต้องปฏิบัติงานเป็นอย่างน้อยกับเครื่องจักรกลนั้น อีกทั้งการปฏิบัติงานขับรถมากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน และลักษณะของสภาพไร่นาแตกต่างจากพื้นที่ภาคอื่นๆ ซึ่งจะส่งผลต่อความสั่นสะเทือนของตัวรถ จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงทำให้ผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนวดข้าวมีโอกาสในการสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายเป็นอย่างมาก ซึ่งในปัจจุบันยังไม่พบการศึกษาลักษณะนี้ในประเทศไทย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษา เพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการส่งเสริมสุขภาพและป้องกันอันตรายจาก

ความสั่นสะเทือนที่จะส่งผลต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนวดข้าว อันจะส่งผลต่อคุณภาพชีวิตและเศรษฐกิจของกลุ่มเกษตรกรต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาระดับความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายของผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนวดข้าวในแต่ละสถานประกอบการ จังหวัดพะเยา

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-experimental study) ในฤดูเก็บเกี่ยวข้าวนาปี ช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยคัดเลือกรถเกี่ยวนวดข้าวในพื้นที่อำเภอกู่แก้ว จังหวัดพะเยา จำนวน 6 คัน ต่างยี่ห้อ/รุ่น ดังตารางที่ 1 และคนขับรถเพศชายที่มีค่าดัชนีมวลกายใกล้เคียงกัน (23.51 ± 2.27 กิโลกรัม/เมตร²) จำนวน 6 คน ซึ่งมีประสบการณ์ขับรถเกี่ยวนวดข้าวอย่างน้อย 1 ปี ไม่เคยได้รับอุบัติเหตุ หรือมีพยาธิสภาพของกลุ่มอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ และยินดีเข้าร่วมการวิจัย ทำการทดลองเดินเครื่องในสถานะการทำงานต่าง ๆ ได้แก่ การจอดอยู่กับที่ การขับเคลื่อนบนพื้นที่นา การเก็บเกี่ยวและนวดข้าว และการขับเคลื่อนเมื่อบรรจุเต็ม ดำเนินการตรวจวัดในแต่ละคันจำนวน 2 ครั้ง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole body vibration Meter) ยี่ห้อ Svantek รุ่น SV106 บันทึกค่า (Data logging) ทุก 1 วินาที และซอฟต์แวร์ Supervisor สำหรับบันทึกข้อมูล ตามมาตรฐาน ISO 8041: 2005 จากนั้นคำนวณค่าความเร่งของความสั่นสะเทือนตามสมการที่ปรับค่าถ่วงน้ำหนักตามความถี่ และนำผลมาเทียบตามค่าแนะนำของมาตรฐาน ISO2631-1 1997 และข้อกำหนดของ European Union Directive 2002/44/EC วิเคราะห์ค่าความสั่นสะเทือนที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ

ในระยะเวลา 8 ชั่วโมง $A(8)$ และค่าความสั่นสะเทือนสะสม (Vibration dose value: VDV) แยกเป็นแต่ละแนวแกน ได้แก่ แกน X, Y และ Z ตามสูตรดังนี้

$$A_x(8) = 1.4 \text{ RMS}_x \sqrt{T/T_0}$$

$$A_y(8) = 1.4 \text{ RMS}_y \sqrt{T/T_0}$$

$$A_z(8) = 1.0 \text{ RMS}_z \sqrt{T/T_0}$$

หลังจากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับสถิติเชิงอนุมาน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยสถิติ One-way ANOVA ทดสอบเป็นรายคู่ในภายหลัง (Post Hoc Test) ของแนวแกน X, Y และ Z โดยใช้วิธีของ Tukey's test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

การวิจัยนี้ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่โครงการ 2/009/62

ผลการวิจัย

จาก Box plot (ภาพที่ 1) และตารางที่ 2 พบว่าค่ามัธยฐานของระดับความสั่นสะเทือนของสถานประกอบการทำงานการจอดอยู่กับที่และการขับเคลื่อนเมื่อบรรจุเต็มมีความสั่นสะเทือนเฉลี่ยสูงสุดคือ แกน Z รองลงมาคือ แกน Y และ X ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่า ค่ามัธยฐานของระดับความสั่นสะเทือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.001$)

ค่ามัธยฐานของระดับความสั่นสะเทือนของสถานประกอบการทำงานการขับเคลื่อนบนพื้นทีนาและการเก็บเกี่ยวและนวดข้าว มีความสั่นสะเทือนเฉลี่ยสูงสุดคือ แกน Z รองลงมาคือ แกน X และ Y ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าค่ามัธยฐานของระดับความสั่นสะเทือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.001$)

เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ในภายหลัง (Post Hoc Test) โดยใช้วิธีของ Tukey's test พบว่า ในสถานประกอบการทำงานการจอดอยู่กับที่ การ

ขับเคลื่อนบนพื้นทีนา และการขับเคลื่อนเมื่อบรรจุเต็ม มีระดับความสั่นสะเทือนเฉลี่ยของแกน X-Z และ Y-Z แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$)

และสถานะการทำงานการเก็บเกี่ยวและนวดข้าว มีระดับความสั่นสะเทือนเฉลี่ยของแกน X-Y, X-Z และ Y-Z แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ดังตารางที่ 3

การกระจายตัวของความถี่ความสั่นสะเทือนระหว่าง 0.4–2,500 เฮิร์ตซ์ ในสถานประกอบการทำงานจอดอยู่กับที่ ดังนี้ **แกน X** พบว่า ค่าสูงสุดอยู่ที่ 40 เฮิร์ตซ์ (0.502 เมตร/วินาที²) ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2,000 เฮิร์ตซ์ (0.003 เมตร/วินาที²) **แกน Y** ค่าสูงสุดอยู่ที่ 40 เฮิร์ตซ์ (0.373 เมตร/วินาที²) ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2,000 เฮิร์ตซ์ (0.003 เมตร/วินาที²) และ **แกน Z** ค่าสูงสุดอยู่ที่ 20 เฮิร์ตซ์ (0.184 เมตร/วินาที²) ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2,500 เฮิร์ตซ์ (0.003 เมตร/วินาที²)

การขับเคลื่อนบนพื้นทีนา ดังนี้ **แกน X** พบว่าค่าสูงสุดอยู่ที่ 40 เฮิร์ตซ์ (0.559 เมตร/วินาที²) ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2,000 เฮิร์ตซ์ (0.003 เมตร/วินาที²) และมีค่าเกินกว่า 0.5 เมตร/วินาที² ได้แก่ 25 40 และ 50 เฮิร์ตซ์ **แกน Y** ค่าสูงสุดอยู่ที่ 25 เฮิร์ตซ์ (0.436 เมตร/วินาที²) ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2,000 เฮิร์ตซ์ (0.004 เมตร/วินาที²) และ **แกน Z** ค่าสูงสุดอยู่ที่ 10 เฮิร์ตซ์ (0.471 เมตร/วินาที²) ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2,500 เฮิร์ตซ์ (0.003 เมตร/วินาที²)

การเก็บเกี่ยวและนวดข้าว ดังนี้ **แกน X** พบว่าค่าสูงสุดอยู่ที่ 25 เฮิร์ตซ์ (0.642 เมตร/วินาที²) ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2,000 เฮิร์ตซ์ (0.003 เมตร/วินาที²) และมีค่าเกินกว่า 0.5 เมตร/วินาที² ได้แก่ 25 31.5 40 และ 50 เฮิร์ตซ์ **แกน Y** ค่าสูงสุดอยู่ที่ 25 เฮิร์ตซ์ (0.492 เมตร/วินาที²) ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2,000 เฮิร์ตซ์ (0.004 เมตร/วินาที²) และ **แกน Z** ค่าสูงสุดอยู่ที่ 10 เฮิร์ตซ์ (0.471 เมตร/วินาที²) ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2,500 เฮิร์ตซ์ (0.003 เมตร/วินาที²)

และการขับเคลื่อนเมื่อบรรจุเต็ม ดังนี้ **แกน X** พบว่า ค่าสูงสุดอยู่ที่ 40 เฮิร์ตซ์ (0.221 เมตร/วินาที²) ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2,000 เฮิร์ตซ์ (0.003 เมตร/วินาที²) **แกน Y** ค่าสูงสุดอยู่ที่ 20 เฮิร์ตซ์ (0.172 เมตร/วินาที²) ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2,000 เฮิร์ตซ์ (0.004 เมตร/วินาที²) และ **แกน Z** ค่าสูงสุดอยู่ที่ 20 เฮิร์ตซ์ (0.118 เมตร/วินาที²) ค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2,500 เฮิร์ตซ์ (0.004 เมตร/วินาที²) ดังภาพที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบค่าความสั่นสะเทือนกับเวลา 8 ชั่วโมง (Daily Vibration Exposure [A(8)]) ของรถทั้ง 6 ชนิด พบว่า มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ ค่าที่ต้องดำเนินการป้องกันเบื้องต้น (Action Level) 0.5 เมตร/วินาที² จำนวน 5 คัน (ร้อยละ 83.33) และค่าขีดจำกัดสูงสุด (Limit Value) 1.15 เมตร/วินาที² จำนวน 1 คัน (ร้อยละ 16.67)

ค่าความสั่นสะเทือนสะสม (Vibration Dose Value [VDV_{exp}]) พบว่า มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ ค่าที่ต้องดำเนินการป้องกันเบื้องต้น (Action Level) 9.1 เมตร/วินาที^{1.75} จำนวน 3 คัน (ร้อยละ 50.00) และค่าขีดจำกัดสูงสุด (Limit Value) 21.1 เมตร/วินาที^{1.75} จำนวน 2 คัน (ร้อยละ 33.33) ดังตารางที่ 4

บทสรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า สถานะการทำงานส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความสั่นสะเทือนในแต่ละแนวแกน เมื่อรถเกี่ยวขนาดข้าวอยู่ในสถานะจอดอยู่กับที่ ระดับความสั่นสะเทือนจะเกิดในทิศทางขึ้น-ลง (แกน Z) มากที่สุดและทั้งในทิศทางหน้า-หลัง (แกน X) และซ้าย-ขวา (แกน Y) ยังมีค่าไม่เกินกว่าระดับมาตรฐานที่ยอมรับได้ (Action Level) หลังจากขับเคลื่อนบนพื้นดินทำให้ระดับความสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นทั้ง 3 แกน อย่างชัดเจน ซึ่งมีสาเหตุคล้ายคลึงกับการจอดอยู่กับที่ คือ แรงสั่นสะเทือนจากเครื่องยนต์ (สมชาย ชวนอุดม, 2552) ประกอบกับสภาพของพื้นผิวนาขรุขระ มีวัชพืช และตอข้าว อีกทั้งยังต้องวิ่งข้ามคันนาทำให้เกิด

แรงสั่นสะเทือนในทิศทางโยกขึ้น-ลง (แกน Z) มากกว่าแกนอื่นๆ (Abdul et al., 2016) เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและนวดข้าว เกลียวของใบมีดเริ่มทำงานในทิศทางขวาง (Transverse) พร้อมกับการขับเคลื่อนรถไปด้านหน้าเพื่อเกี่ยวต้นข้าว (Longitudinal) และนำมานวดให้ได้แต่เมล็ดข้าวเพื่อลำเลียงใส่ถังบรรจุด้านหลัง ระดับความสั่นสะเทือนทั้ง 3 แกนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแกน X และ Y ยังคงใกล้เคียงกับสถานะก่อนหน้านี้นี้ แต่พบว่าแกน Z มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนเข้าใกล้ค่าขีดจำกัดการสัมผัส (Limit Value) ลักษณะเช่นนี้อาจเกิดจากการเก็บเกี่ยวกับพื้นที่มีดินค่อนข้างแข็ง หรือพื้นที่นาดอน ประกอบกับการข้ามคันนาที่มีระยะขอบเขตน้อย ซึ่งแตกต่างจากระยะคันนาในภาคกลางที่มีระยะไกลกว่า ปรากฏการณ์นี้จึงทำให้เกิดความสั่นสะเทือนกับผู้ปฏิบัติงานมากกว่าด้วย แต่หากเป็นพื้นที่นาหลุ่มที่ดินมีความชื้นสูงหรือมีเศษฟางข้าวปิดคลุมก็จะช่วยลดแรงสั่นสะเทือนในแนวตั้งได้ (Vertical) และภายหลังเมื่อบรรจุข้าวเต็มแล้ว ทำให้น้ำหนักของรถเพิ่มมากขึ้น ความสั่นสะเทือนก็ลดลงในทุกทิศทางเช่นกัน อย่างไรก็ตาม แนวแกน Z ก็ลดลงใกล้เคียงกับสถานะการทำงานจอดอยู่กับที่ อาจเนื่องมาจากน้ำหนักของข้าวเปลือกในถังบรรจุที่ลดลงในแนวตั้งทำให้การสั่นลดลงมาก

สำหรับลักษณะการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นมากในแนวแกน Z นี้ พบเช่นเดียวกันกับรถเกี่ยวขนาดข้าวในประเทศญี่ปุ่นที่ขับเคลื่อนบนถนนลาดยางที่มีแกนหลัก (Dominant) ในแนวตั้ง อีกทั้งเมื่อขับเคลื่อนบนพื้นดินก็มีค่าระดับการสั่นสะเทือนเมื่อเทียบกับ 8 ชั่วโมงการทำงาน [A(8)] เกินกว่าค่าที่ต้องดำเนินการป้องกันเบื้องต้น (EAV) และค่าขีดจำกัดสูงสุด (ELV) เช่นกัน (Tsujimura et al., 2015) และสอดคล้องกับการศึกษาจากประเทศอียิปต์ที่พบว่าการสั่นขึ้น-ลงตามแนวแกน Z มีค่ามากกว่ามาตรฐานทั้งสองเพียงแกนเดียวด้วย (Hamed et al., 2016) ลักษณะการสั่นสะเทือนมากใน

แนวแกน Z เช่นนี้ อาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดภาวะป่วยจากการเคลื่อนไหว (Motion Sickness) เป็นอาการคลื่นไส้ วิงเวียนศีรษะ และหน้ามืด (Vogel et al., 1982) และจากผลการศึกษามีค่า A(8) ส่วนใหญ่อยู่ในระดับไม่เกินมาตรฐาน ELV อย่างไรก็ตาม หากสัมผัสต่อเนื่องในระยะยาวอาจทำให้เกิดอาการบาดเจ็บต่อระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อสะสม ซึ่งยืนยันได้จากการศึกษาในผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องบินทางการเกษตรที่พบความชุกของอาการปวดหลัง (Zanatta et al., 2019) อีกทั้งในกลุ่มของผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรกลทางการเกษตรประเภทอื่นๆ ก็ได้รับผลกระทบบริเวณกล้ามเนื้อหลังจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนนี้เช่นกัน (Fethke et al., 2018)

นอกจากนี้สถานะการทำงานเก็บเกี่ยวและนวดข้าว มีระดับความสั่นสะเทือนสูงสุดที่ความถี่ 25 เฮิร์ตซ์ และสถานะอื่นๆ พบที่ 40 เฮิร์ตซ์ ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาระดับความสั่นสะเทือนที่หลังของเกษตรกรที่ใช้งานเครื่องเป่าลมชนิดสพายหลังที่พบความถี่อยู่ในช่วง 40-50 เฮิร์ตซ์ สำหรับโหมดความเร็วต่ำ และช่วง 100-116 เฮิร์ตซ์ ในความเร็วสูง ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วก่อนการอ้างอิง

ชมพูชน นันทจิต. (2559). ความแตกต่างในการลงทุนของธุรกิจรถเกี่ยวนวดข้าวรับจ้างภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย.

วารสารแก่นเกษตร, 44(1), 59-65.

ดาร์วรรณ เศรษฐีธรรม, กาญจนา นาถะพินธุ, วรรณภา อธิชนะ, & ทวีศักดิ์ ปัดเต. (2016). พฤติกรรมเสี่ยงและปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาวะสุขภาพของเกษตรกรทำนา. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 6(2), 4-12.

นิติภูมิ นวรัตน์. (2556). ประสิทธิภาพการผลิตของชาวนาไทย. หนังสือพิมพ์ผู้จัดการออนไลน์ ฉบับวันที่ 26 ธันวาคม 2556.

บังอร ศิริสัญลักษณ์. (2558). รูปแบบการทำการเกษตรกับการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรม. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต, 3(3), 319-330.

มนตรา พงษ์นิล. (2561). การเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรกลทางการเกษตรนาข้าวบ้านจำปาหวายกับความพร้อมเป็นเกษตรอัจฉริยะในบริบทการพัฒนาทางเศรษฐกิจ จังหวัดพะเยา. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, ฉบับพิเศษ, 39-47.

วารุณี พันธวงศ์, & กาญจนา ปินตาคำ. (2560). ปัจจัยคุณภาพสุขภาพของเกษตรกรชาวนาไทย: กรณีศึกษาชาวนาดำบลบ้านดู่ อำเภอมือง จังหวัดเชียงราย. วารสารการวิจัยการสาธารณสุข, 11(3), 125-133.

ศุภัทธนันท์ รักพงษ์, ปวีณา มีประดิษฐ์ & พรทิพย์ เย็นใจ. (2557). การประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั่วร่างกายของพนักงานแผนกเย็บผ้าของโรงงานแห่งหนึ่ง. รายงานการสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ประจำปี 2557 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์, 219-228.

รอบของตัวเครื่องเมื่อใช้งาน ทั้งนี้ยังพบว่า แกน Y มีการสั่นสูงสุดที่ความถี่ 40 เฮิร์ตซ์อีกด้วย (Calvo et al., 2019)

ข้อเสนอแนะหรือการนำไปใช้ประโยชน์

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการศึกษาไปใช้ได้แก่ การตรวจสอบเครื่องจักร วัสดุต้นกำลัง และส่วนประกอบของรถเกี่ยวนวดข้าวที่สัมพันธ์กับทิศทางการสั่นสะเทือนที่มีค่าสูงสุด เพื่อเฝ้าระวังและลดการชำรุด การออกแบบเบาะรองนั่งหรืออุปกรณ์ทางวิศวกรรมที่สามารถดูดซับแรงสั่นสะเทือนให้ลดลงได้ ตลอดจนการให้อาชีวสุศึกษากับผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับอันตรายจากสัมผัสสิ่งคุกคามด้านกายภาพ เพื่อให้เกิดความตระหนักในระหว่างการทำงาน

นอกจากนี้ควรมีการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มากขึ้นเกี่ยวกับอันตรายด้านอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานอื่นๆ เช่น เสียงดัง ความร้อน ฝุ่นข้าว เป็นต้น และการศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการลดความสั่นสะเทือนของอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ออกแบบขึ้นมา

- สมชาย ขวอนุดม, วารี ศรีสอน, & ทิวาพร เวียงวิเศษ. (2552). การเปรียบเทียบการสั่นสะเทือนของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเนื่องจากการทำงานของชุดขับเคลื่อนล้อไถ และเกียร์ล้อเลี้ยวหน้า. *วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย*, 15(1), 257-262.
- สาริธ อังสุมาลิน, & นกุล กรเย็นยงค์. (2560). ธุรกิจการผลิตและการรับจ้างรถเกี่ยวนวดข้าวในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สถาบันคลังสมองของชาติ.
- สาริธ อังสุมาลิน, ศักดา อินทวิชัย, นกุล กรเย็นยงค์, & รังสรรค์ ปิติปัญญา. (2559). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการอุตสาหกรรม การผลิตเครื่องเกี่ยวนวดข้าวและการประกอบการรับจ้างเกี่ยวนวดข้าว ในเขตภาคกลางของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2559). *ทิศทางการทำงานของแรงงานไทย*. ค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2561, จาก http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/citizen/news/news_lfsdirect.jsp
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2560). *การสำรวจแรงงานนอกระบบ พ.ศ. 2560*. กรุงเทพฯ: สำนักงานสถิติแห่งชาติ.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2560). *สถิติการปลูกข้าว จำแนกเป็นรายภาค และจังหวัด ปีเพาะปลูก 2559/60*. ค้นเมื่อ 21 ธันวาคม 2561, จาก <http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/11.aspx>
- สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. (2557). *องค์ความรู้เรื่องข้าววิทยาการการเก็บเกี่ยวผลผลิต*. ค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2561, จาก <https://www.brrd.in.th>
- อนุชิต เกตุรวม. (2546). การศึกษาผลกระทบของความสั่นสะเทือนที่ทำให้เกิดความรู้สึกไม่สบายและอาการปวดหลังแก่พนักงาน ควบคุมเครื่องจักรรถแทรกเตอร์ในเหมือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ วิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- Abdul-Aziz, A., Almosawi, Alkhafaji, A., & Alqazzaz, M. (2016). Vibration transmission by combine harvester to the driver at different operative conditions during paddy harvest. *International Journal of Science and Nature*, 7, 127-133.
- Burström, L., Aminoff, A., Björ, B., Mänttari, S., Nilsson, T., Pettersson, H., et al. (2017). Musculoskeletal symptoms and exposure to whole-body vibration among open-pit mine workers in the Arctic. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 30(4), 553-564.
- Calvo, A., Preti, C., Caria, M., & Debolli, R. (2019). Vibration and noise transmitted by agricultural backpack powered machines critically examined using the current standards. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12), 2210.
- Essien, S. K., Bath, B., Koehncke, N., Trask, C., & Saskatchewan Farm Injury Cohort Study Team (2016). Association between farm machinery operation and low back disorder in farmers: A retrospective cohort study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 58(6), e212-e217.
- Fethke, N. B., Schall, M. C., Merlino, L. A., Chen, H., Branch, C. A., & Ramaswamy, M. (2018). Whole-body vibration and trunk posture during operation of agricultural machinery. *Annals of Work Exposures and Health*, 62(9), 1123-1133.
- Hamed, A. (2016). Whole body vibration exposure during operation of rice combine harvester under egyptian field conditions. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 7(12), 961-971.
- Krajnak K. (2018). Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole body vibration. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, Critical Reviews*, 21(5), 320-334.
- Neghab, M., Kasaeinasab, A., Yousefi, Y., Hassanzadeh, J., Sarreshtedar, H., & Alighanbari, N. (2016). Health effects of long-term occupational exposure to whole body vibration: A study on drivers of heavy motor vehicles in Iran. *Journal of Health Sciences & Surveillance System*, 4(2), 76-82.

Tsujimura, H., Taoda, K., & Kitahara, T. (2015). A field study of exposure to whole-body vibration due to agricultural machines in a full-time rice farmer over one year. *Journal of Occupational Health*, 57(4), 378–387.

Vogel, H., Kohlhaas, R., & von Baumgarten, R. J. (1982). Dependence of motion sickness in automobiles on the direction of linear acceleration. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 48(3), 399–405.

Zanatta, M., Amaral, F. G., & Vidor, G. (2019). The role of whole-body vibration in back pain: A cross-sectional study with agricultural pilots. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 74, 102872.

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของรถเกี่ยวนาชนิดข้าว จำนวน 6 คัน

ยี่ห้อ	รุ่น	เครื่องยนต์ (แรงม้า)	ความจุถังเก็บ (กิโลกรัม)	ปีที่ผลิต
ศักดิ์พัฒนาการเกษตร	KM-51	260 Turbo	2,500	2551
ศักดิ์พัฒนาการเกษตร	KM-54	250 Turbo	2,700	2554
ไอ้หนุ่มไวไฟเกษตรพัฒนา	KT-08	260 Turbo	2,700	2556
ไอ้หนุ่มไวไฟเกษตรพัฒนา	KT-09	210 Turbo	2,500	2555
จ้าวข้าวไวไฟเกษตรพัฒนา	KPH-18	255 Turbo	2,500	2552
จ้าวข้าวไวไฟเกษตรพัฒนา	KPH-22	260 Turbo	2,500	2554

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยระดับความสั่นสะเทือนใน 4 สถานะการทำงาน ระหว่างแกน X (RMSX) แกน Y (RMSY) และแกน Z (RMSZ) โดยใช้สถิติ One-way ANOVA

สถานะการทำงาน	RMS acceleration (m/s ² ±SD.)			F	p-value
	RMS _x	RMS _y	RMS _z		
การจอดอยู่กับที่	0.080±0.058	0.089±0.058	0.262±0.193	37.217	<0.001
การขับเคลื่อนบนพื้นที่นา	0.375±0.238	0.362±0.180	0.878±0.761	92.904	<0.001
การเก็บเกี่ยวและนวดข้าว	0.388±0.238	0.353±0.167	1.136±0.801	2862.134	<0.001
การขับเคลื่อนเมื่อบรรทุกเต็ม	0.103±0.143	0.109±0.112	0.247±0.190	84.333	<0.001

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยระดับความสั่นสะเทือนรายคู่ ระหว่างระหว่างแกน X (RMSX) แกน Y (RMSY) และแกน Z (RMSZ) โดยวิธีการทดสอบของทูเก้ (Tukey's test)

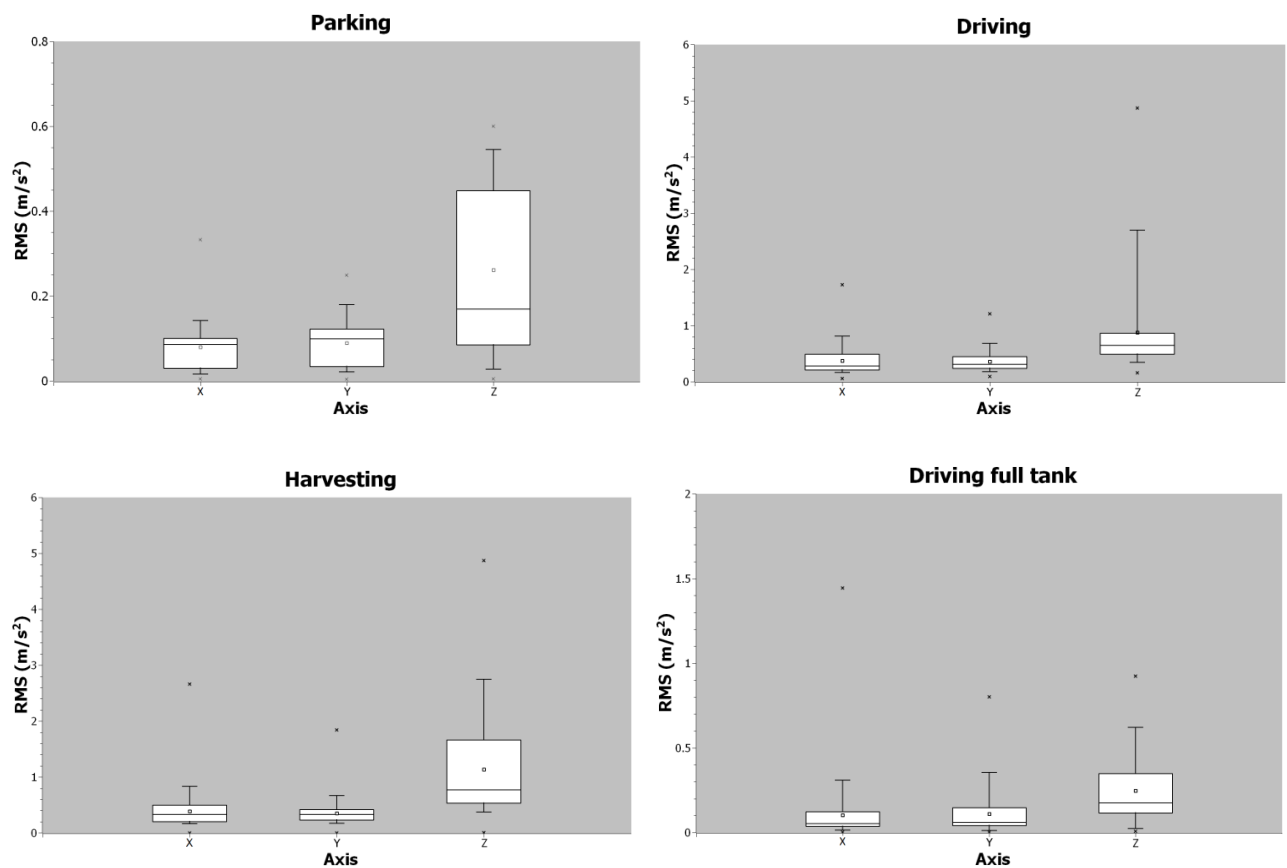
สถานะการทำงาน	ผลต่างของระดับความสั่นสะเทือน (mean difference)		
	RMS _{x-y}	RMS _{x-z}	RMS _{y-z}
การจอดอยู่กับที่	-0.009	-0.182*	-0.173*
การขับเคลื่อนบนพื้นที่นา	0.012	-0.503*	-0.516*
การเก็บเกี่ยวและนวดข้าว	0.035*	-0.748*	-0.783*
การขับเคลื่อนเมื่อบรรทุกเต็ม	-0.006	-0.144*	-0.138*

*p-value<0.05

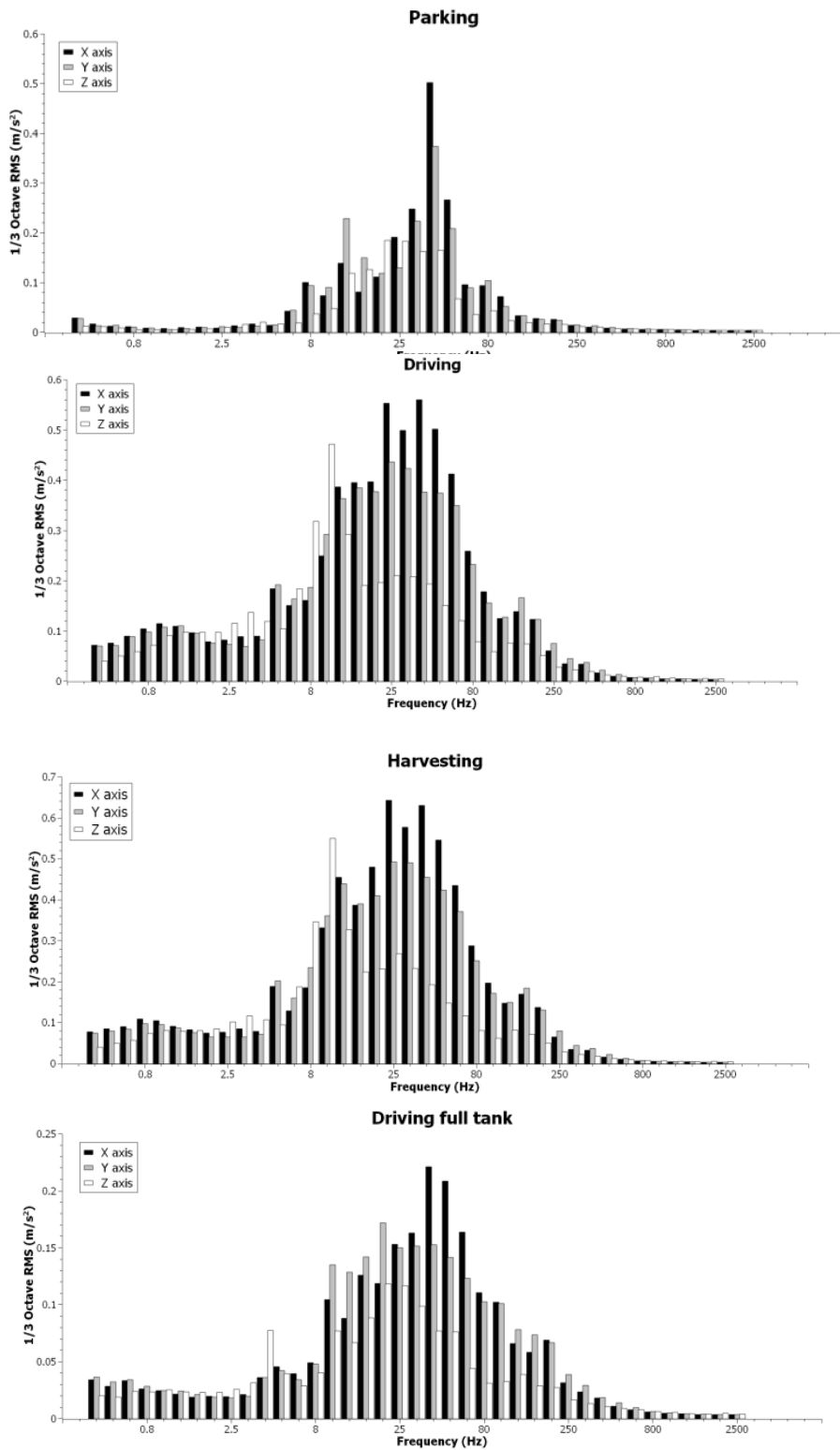
ตารางที่ 4 ค่าความสั่นสะเทือนเปรียบเทียบกับเวลา 8 ชั่วโมง [A(8)] ค่าความสั่นสะเทือนสะสม (VDV_{exp}) และระยะเวลาที่สามารถปฏิบัติงานได้โดยไม่เกินค่าที่ต้องดำเนินการป้องกันเบื้องต้น (EAV) และค่าขีดจำกัดสูงสุด (ELV) ของรถเกี่ยวนาข้าวทั้ง 6 ชนิด

ชนิดของรถ	Av A(8) (m/s ²)	VDV _{exp} (m/s ^{1.75})	Time to reach EAV (hh : mm)	Time to reach ELV (hh : mm)
A	0.476	7.482	08:49	>24:00
B	0.557	8.502	06:26	>24:00
C	0.598	8.861	05:35	>24:00
D	0.662	9.874	04:33	>24:00
E	1.098	24.717	01:39	08:46
F	2.128	35.075	00:26	02:20

หมายเหตุ; EAV : Exposure Action Value, ELV : Exposure Limit Value



ภาพที่ 1 ระดับความสั่นสะเทือนใน 4 สถานะการทำงาน ได้แก่ การจอดอยู่กับที่, การขับเคลื่อนบนพื้นที่นา, การเก็บเกี่ยวและนวดข้าว และการขับเคลื่อนเมื่อบรรจุเต็ม ระหว่างแกน X, Y และ Z



ภาพที่ 2 การกระจายตัวของความถี่ความสั่นสะเทือนใน 4 สถานะการทำงาน ได้แก่ การจอดอยู่กับที่, การขับเคลื่อนบนพื้นทีนา, การเก็บเกี่ยว และนวดข้าว และการขับเคลื่อนเมื่อบรรทุกเต็ม ระหว่างแกน X, Y และ Z