



การปรับปรุงความแข็งแรงเสื้อเพลาชับหน้าเครื่องเกี่ยวนาดข้าว รุ่น ENG-MJU-003

Strength Improvement of Front axle housing of Model EMG-MJU-003 Rice Combine Harvester

พนธกร เหลี่ยมเคลือบ¹, ฤทธิชัย อัสวราชันย์², เสมอขวัญ ตันติกุล^{2*}Phontakorn Liam-kloub¹, Rittichai Assavarachan², Samerkhwan Tantikul^{2*}¹นักศึกษาระดับวิศวกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 50290¹Master student candidate in Agricultural Engineering Department; Faculty of Engineering and Agro Industry; Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290, Thailand²คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 50290² Faculty of Engineering and Agro-Industry Maejo University, 50290*Corresponding author: Tel: +66-8-195-9232, Fax: +66-53-875-011, E-mail: Samerkhwan.ttk@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรไทยเริ่มนำเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการเก็บเกี่ยวเข้ามาทดแทนแรงงานคนซึ่งมีจำนวนลดลงมาก แต่การใช้งานยังมีข้อจำกัดค่อนข้างมาก และมีราคาแพง ทำให้เกษตรกรไม่สามารถรวมกลุ่มซื้อหามาใช้งานได้ ทีมงานวิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องเกี่ยวนาดข้าวต้นแบบขึ้น (รุ่น ENG-MJU-003) ซึ่งเป็นเครื่องเกี่ยวนาดข้าวขนาดเล็ก เครื่องยนต์ขนาด 30 แรงม้า ขับเคลื่อนด้วยล้อแบบไฮโดรสถิตติกส์ จากการประเมินเมื่อนำไปทดสอบใช้งานจริงในพื้นที่ พบปัญหาความแข็งแรงของเสื้อเพลาชับหน้าเกิดการโก่งงอ เนื่องจากเสื้อเพลาชับหน้าทำหน้าที่เป็นคานรองรับน้ำหนักของรถเกี่ยวนาด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของเสื้อเพลาชับหน้าเครื่องเกี่ยวนาดรุ่น ENG-MJU-003 โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างเสื้อเพลาชับหน้ารองรับน้ำหนักก่อนและหลังการพัฒนาปรับปรุง ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงแสดงให้เห็นว่าความเค้นสูงสุดของเสื้อเพลาชับหน้ารองรับน้ำหนักก่อนและหลังการพัฒนาปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 200.4 MPa และ 65.4 MPa ตามลำดับ การโก่งตัวมีค่า 0.33 mm และ 0.13 mm ตามลำดับ ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1.2 และ 3.8 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ทำให้ทราบว่า การพัฒนาปรับปรุงเสื้อเพลาชับหน้ารองรับน้ำหนักมีทิศทางที่เหมาะสมมากขึ้น และภายหลังการปรับปรุงดังกล่าวค่าความแข็งแรงเสื้อเพลาชับหน้าสูงขึ้นและใช้งานได้จริงโดยไม่เกิดการโก่งงอ

คำสำคัญ: เครื่องเกี่ยวนาดข้าว, เสื้อเพลาชับ, วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

Nowadays, Thai farmers have started to use agricultural machinery for harvest as a substitute for human labor, which has greatly reduced. However, the use of these machines is quite limited and expensive. For these reasons, many groups of farmers could not afford them. So, our research team has designed and built a prototype combine harvester prototype (model ENG-MJU-003), which is the small combine harvester. It has a 30 hp engine and is driven by the four wheel drive rubber tires hydrostatic transmission driven. The research team found a problem with the strength of the front axle housing, where it was deflected after the test, as the front axle housing acts as a support housing for the combine harvester. Therefore, this research aimed to determine the strength of the front axle housing of the ENG-MJU-003 harvester by using the finite element method by comparing the front axle housing supporting the weight before and after improvement. The results of the strength analysis showed that the maximum stress of the beams before and after the improvement was 200.4 MPa and 65.4 MPa, the deflection was 0.33 mm and 0.13 mm, the safety factor is 1.2 and 3.8 respectively. The results of the strength analysis by finite element method allowed the research team to develop a more appropriate directional support beam. After such improvements, the strength of the front axle housing is higher and is more practical without deflection.

Received: March 15, 2021

Revised: May 13, 2021

Accepted: May 13, 2021

Available online: June 21, 2021

1 บทนำ

ปัจจุบันเกษตรกรทำการเพาะปลูกข้าวเพื่อการขายเข้าสู่ตลาดมากขึ้น แต่ในขณะที่ประสบปัญหาแรงงานคนลดลง ซึ่งแตกต่างจากในอดีต จำเป็นต้องมีการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพื่ออำนวยความสะดวก รวดเร็ว ในการเก็บเกี่ยว ที่มีขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ โดยทั่วไปเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ใช้ในประเทศไทย มีช่วงล่างขับเคลื่อนด้วยตีนตะขา จากการสำรวจพบว่า มีผู้ประกอบการผลิตเกี่ยวนวดข้าวเป็นสมาชิกชมรมรถเกี่ยวข้าวไทยมากกว่า 7,000 ราย เครื่องเกี่ยวนวดข้าวใช้งานในประเทศประมาณ 45,000 เครื่อง ทั่วประเทศ (ชมพูนุช, 2559) ซึ่งเป็นเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตจากโรงงานผู้ผลิตในประเทศไทย

จากการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยพบว่า โครงสร้างมีขนาดค่อนข้างใหญ่ และน้ำหนักมากส่งผลให้เกิดการสึกหรอสูงเมื่อใช้ในพื้นที่แห้งและแข็ง โดยทั่วไปเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยมีน้ำหนักประมาณ 7-10 ตัน จะส่งผลให้ดินเกิดการอัดตัวแน่น (Soil compaction) ระบบช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีน้ำหนักมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเครื่อง (คงเดช และคณะ, 2559) ระบบช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยประกอบด้วย โครงช่วงล่าง โช้ซับ เฟืองโซ่ โรลเลอร์ และใบ ซึ่งมีขนาดใหญ่ส่งผลให้ต้องใช้กำลังในการขับเคลื่อนสูงถึงประมาณ 35-40 เปอร์เซ็นต์ของระบบเครื่องยนต์ต้นกำลัง (Kalsirisilp and Singh, 2001) โดยทั่วไปราคาของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตในประเทศไทยจะอยู่ที่ 1.5-2.8 ล้านบาท ซึ่งถือว่ามีราคาค่อนข้างแพง



Figure 1 Rice combine harvester model EMG-MJU-003.

จากการออกแบบสร้างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็กเคลื่อนที่ด้วยล้อยางมาเพื่อรองรับกลุ่มเกษตรกรนาแปลงใหญ่โดย ใช้ร่วมกันภายในกลุ่มที่ไม่ได้มีการรับจ้างในเชิงพาณิชย์ ซึ่งตัวเครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีการออกแบบมาเพื่อให้มีการบำรุงรักษาได้ง่าย โดยมีเครื่องยนต์ต้นกำลังที่ใช้เป็นเครื่องยนต์สูบเดียว 30 แรงม้า และด้วยระบบขับเคลื่อนแบบตีนตะขาต้องใช้กำลังของเครื่องยนต์มาก จึงปรับเปลี่ยนการขับเคลื่อนของเครื่องเกี่ยวนวดขนาดเล็กเป็นช่วงล่างรองรับน้ำหนักแบบคานแข็ง โดยออกแบบให้เป็นระบบขับเคลื่อน 4 ล้อ แต่พบข้อจำกัดของเสื้อเพลลาเกิดการโก่งงอเมื่อผ่านการใช้งาน ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงความแข็งแรงของโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

โดยการออกแบบคำนวณการเสียรูปโดยวิธีการไฟไนท์เอลิเมนต์ เพื่อให้มีความแข็งแรงมากขึ้น อีกทั้งหาส่วนที่เป็นชิ้นส่วนวิกฤตของเครื่องต้นแบบดังกล่าว

2 อุปกรณ์และวิธีการ

การวัดแรงที่กระทำบนโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็กตัวอย่าง รุ่น ENG-MJU-003 โดยการนำเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไปชั่งน้ำหนักทั้ง 4 ล้อ ดังแสดงใน Figure 2 โครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวรูปแบบนี้ ออกแบบไม่เหมือนกับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยทั่วไป จึงทำการวิจัยหาข้อมูลของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพื่อปรับปรุง ที่จุดรองรับน้ำหนักที่เพลาล้อหน้าเนื่องจากเพลาล้อหน้ามีการรับน้ำหนักมากกว่าเพลาล้อหลัง ดังแสดงใน Figure 5 ส่งผลให้เกิดการพังเสียหายได้เร็วกว่าเพลาล้อหลัง จึงทำการวัดหาค่าความเค้น และการการโก่งตัวในสภาพะสถิต



Figure 2 Weigh Rice combine harvester.



Figure 3 Front axle housing before develop.



Figure 4 Front axle housing after develop.



Figure 5 The difference forces acted on the wheels at the front and rear axle.

การวิเคราะห์ความแข็งแรง โดยการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element model) ด้วยโปรแกรม SolidWorks ตามสัดส่วนจริง โดยกำหนดชนิดของเอลิเมนต์ที่เกิดขึ้นเป็นแบบสามมิติแบบสามเหลี่ยมสี่หน้าสิบจุดต่อ (10-node tetrahedral) ซึ่งเป็นเอลิเมนต์ที่เหมาะสมกับโครงสร้างซับซ้อน ในหนึ่งเอลิเมนต์ที่เหมาะสมประกอบไปด้วยจุดต่อ (node) ทั้งหมด 10 จุดต่อ คือ I, J, K, L, M, N, O, P, Q และ R (มี 4 มุมและมีจุดต่อกึ่งกลาง 6 จุด) มีระดับขั้นความเสรี (degree of freedom) ของแต่ละจุดต่อเอลิเมนต์เท่ากับ 3 คือในแนวแกน x, y และ z ดังแสดงใน Figure 6 (คงเดช และคณะ, 2555)

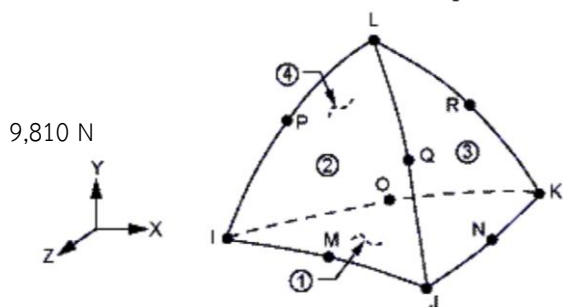


Figure 6 Element model

การวิเคราะห์โครงสร้างแบบสถิต (Static structural analysis) ถูกนำมากำหนดเป็นเงื่อนไข ในการแบบจำลองด้วยทฤษฎีความเสียหายของวอนมิส (Von Mises failure theory) โดยมีสมบัติทางวัสดุที่สร้างเพลลาขับหน้า (เหล็กเหนียว) ดัง Table 1

Table 1 Material property for FEM analysis.

Property	Mild steel
Young's modulus (GPa)	200
Shear modulus (GPa)	79.3
Yield stress (MPa)	250
Tensile strength (MPa)	400
Poisson ratio	0.26
Density (Mgm ⁻³)	7.85

3 ผลและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์ในการรับน้ำหนักที่คานเพลลาหน้าเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวพบว่า น้ำหนักทั้งสองด้านไม่เท่ากันโดยมีน้ำหนัก 9,810 N และ 7,357.5 N จะเห็นได้ว่าน้ำหนักทั้งสองข้างของปลายคานแตกต่างกัน 2,452.5 N ดังแสดงใน Figure 7 เนื่องจากมีน้ำหนักเครื่องยนต์ที่อยู่ด้านข้างของตัวเครื่องเกี่ยวขนาดข้าว ส่งผลทำให้คานด้านหนึ่งเกิดการโก่งงอ และเกิดความเสียหายได้สูงแบบจำลองทั้ง 2 รูปแบบมีจำนวนเอลิเมนต์ 10,423 elements จำนวนโหนด 19,857 node และมีจำนวนเอลิเมนต์ 11,007 elements จำนวนโหนด 20,491 node ตามลำดับ โดยขนาด Mesh ในช่วง 50-7.2 mm

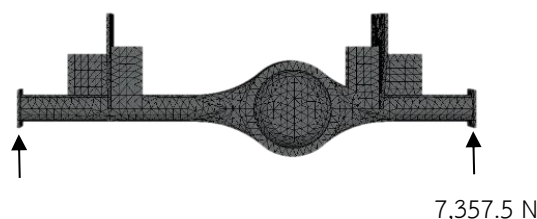


Figure 7 Front axle housing before develop.

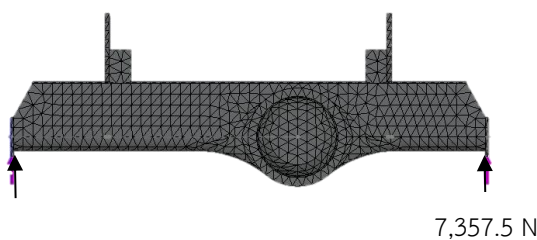
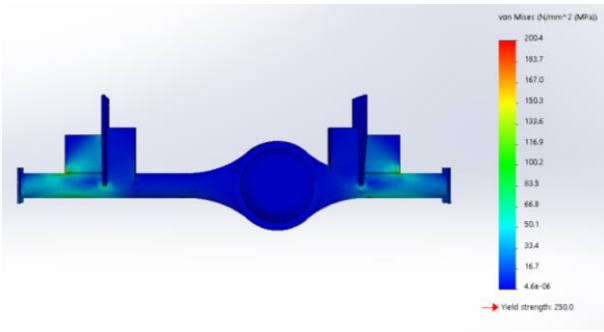


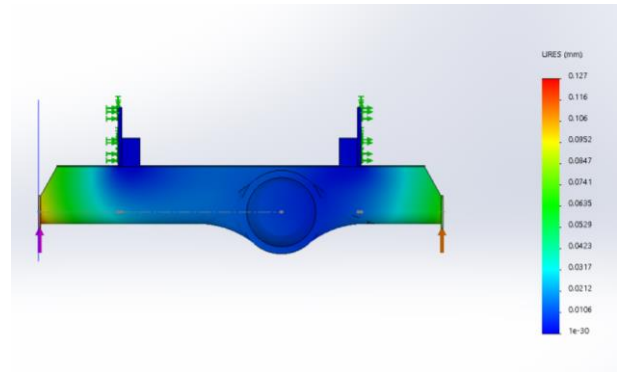
Figure 8 Front axle housing after develop.

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ความเค้นสูงสุดจากวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่เกิดขึ้นระหว่างคานเพลลาขับหน้าก่อนและหลังการพัฒนา มีค่าเท่ากับ 200.4 MPa และ 65.4 MPa ตามลำดับ ส่งผลให้มีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1.2 และ 3.8 ตามลำดับ และความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นที่แผ่นเหล็กเสริมความแข็งแรง ซึ่งเชื่อมต่อกับเสื้อเพลลาขับหน้าที่ตำแหน่ง X= 990, Y= -2, Z= -32.4 และแผ่นเหล็กตั้งฉากยึดเพลลาขับหน้า ที่ตำแหน่ง X= 220, Y= 29.3, Z= -128 ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 9 และ 10

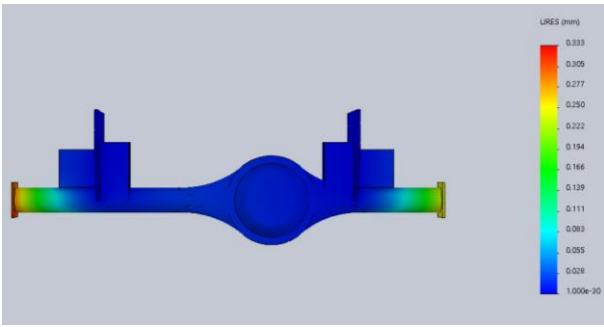
จากการวัดการโก่งตัวจากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จากคานรองรับน้ำหนักก่อน และหลังการพัฒนามีค่า 0.33 mm และ 0.13 mm ตามลำดับ



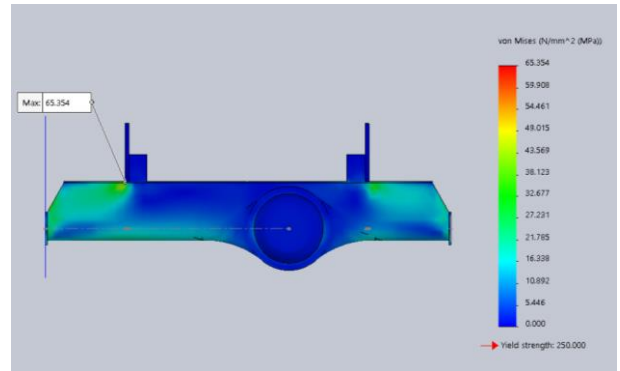
(a) Stress distribution an axle housing



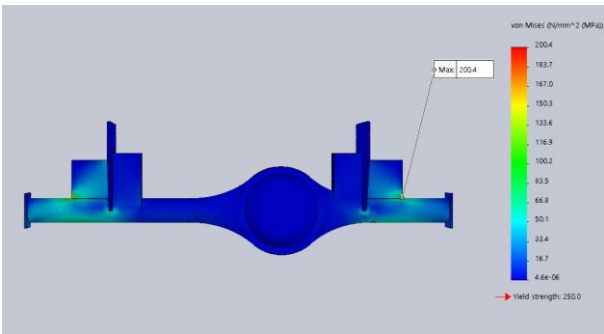
(b) Deflection distribution an axle housing.



(b) Deflection distribution an axle housing



(c) Point maximum stress distribution.

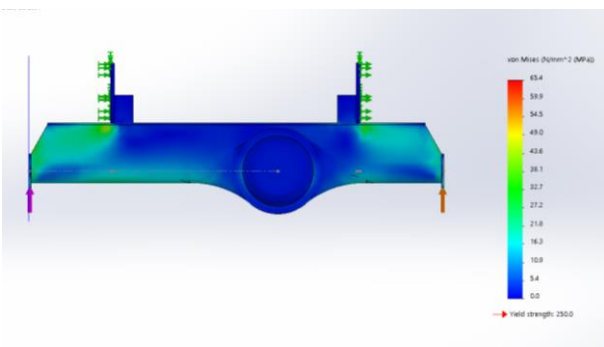


(c) Point maximum stress distribution.

Figure 9 Front axle housing before developing.

Figure 10 Front axle housing after developing.

ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เกิดเนื่องมาจากค่าที่นำมาคิดในการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นค่าแรงที่กระทำขณะหยุดนิ่ง (static load) ทำให้การโก่งตัวของคานรองรับน้ำหนัก มีค่าน้อยกว่าจากการใช้งานจริงที่รับแรงกระแทกขณะเคลื่อนที่ทุกสภาวะการทำงาน รวมไปถึงการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ เป็นการรวมคุณสมบัติของวัสดุเป็นชิ้นเดียวกันในทุกๆ ตำแหน่งที่เป็นรอยเชื่อมต่อของโครงสร้างซึ่งผิดกับความเป็นจริงที่ชิ้นส่วนมีรอยเชื่อมเพื่อขึ้นรูป



(a) Stress distribution an axle housing.

4 สรุป

จากการทดสอบการใช้งานภายหลังการปรับปรุงพบว่า คานเพลหน้าสามารถรองรับน้ำหนักได้โดยไม่เกิดการโก่งเสียรูป และมีความแข็งแรงในระดับดีมาก เนื่องจากความเค้นสูงสุดของคานเพลข้างหน้าหลังการพัฒนาเกิดความเค้นสูงสุดน้อยกว่าคานเพลข้างหน้าก่อนการพัฒนาเท่ากับ 200.4 MPa และ 65.4 MPa และเกิดการโก่งตัวที่ได้มาจากการจำลองโครงสร้างด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่า 0.33 mm และ 0.13 mm ค่าความปลอดภัยของโครงช่วงล่างหลังการพัฒนาและก่อนการพัฒนาเท่ากับ 1.2 และ 3.8

5 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาขั้นต่อไปถึงเพลขาข้างในเสือเพลขาข้างว่าจะมีความคงทนในการใช้งานมากพอหรือไม่

6 กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยได้รับทุนออกแบบการสร้างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และสำนักงานควบคุมน้ำหนักรยานพาหนะ กรมทางหลวง (สถานีตรวจสอบน้ำหนักบรรทุก ยานพาหนะ อำนวยความสะดวก จังหวัดเชียงใหม่) ที่ได้อนุเคราะห์การใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก อีกทั้งขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่อนุเคราะห์พื้นที่ในการทดสอบ และปรับปรุงแก้ไข

7 เอกสารอ้างอิง

คงเดช พะสีนาม และคณะ. 2559. การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และวิธีการทดสอบแรง. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 22(2), 24-29

คงเดช พะสีนาม และคณะ. 2559. การปรับปรุงความแข็งแรงของโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย. วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ 2(2), 97-106

ชมพูนุช นันทจิต. 2559. ความแตกต่างในการลงทุนของธุรกิจรถเกี่ยวนวดข้าวรับจ้างภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย. วารสารแก่นเกษตร 44(1)

วินิต ชินสุวรรณ. 2553. การศึกษาประเมินประสิทธิภาพเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพื่อลดความสูญเสียและเพิ่มศักยภาพในการส่งออก. รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

สาทิส เวณูจันทร์, จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ, มานพ คันธามารัตน์, ทรงยศ จันทรมานิตย์. 2548. วิจัยและพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็ก. เอกสารวิชาการ, กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

สันธาร นาควัฒนานุกูล, ทรงยศ จันทรมานิตย์, มานพ คันธามารัตน์, วชิรพันธ์ ตันติภูมิอมร. 2544. ศึกษาและพัฒนาระบบการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวในประเทศไทย. รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2 ประจำปี 2544. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น 25-26 มกราคม 2544, ขอนแก่น.

Roongruang, K., Singh, G. Power requirement of a Thai-made rice combine harvester. Proceedings of the 2001 Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering, 311-319. Khon Kaen: 25-26 January 2001, Khon Kaen, Thailand.