



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การประเมินสมรรถนะการทำงานและกำลังที่ใช้ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว
ในแปลงข้าวนาปรังพันธุ์พิษณุโลก 2

The Performance and Power Requirement Evaluation of Combine Harvester for Off-
Season Rice (Phitsanulok-2 Cultivar)

ณัฐพล ไส้กุดเลาะ¹⁾ สมโภชน์ สุดาจันทร์^{1,2)} ชัยยันต์ จันทร์ศิริ^{1,2)*} กิตติพงษ์ ลาโลน^{1,2)} อรรถสิทธิ์ ศรีออยหิน¹⁾

พีรณัฐ อันสุรีย์⁴⁾ สิงห์วิญ ชาติ³⁾ และ ศักดิ์ดา จำปানা³⁾

Nuttaphon Sokudlor¹⁾ Somposh Sudajan^{1,2)} Chaiyan Junsiri^{1,2)*} Kittipong Laloon^{1,2)}

Attasit Soihin¹⁾ Peeranat Ansuree⁴⁾ Singrun Charee³⁾ and Sakda Jumpana³⁾

¹⁾สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²⁾ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

³⁾สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

⁴⁾สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

¹⁾Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University.

²⁾Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science,
Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand.

³⁾Department of Agricultural machinery Technology, Faculty of Agricultural Technology and Agro-
Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi.

⁴⁾Department Agricultural machinery Engineering, Faculty of Engineering and Architecture
Rajamangala University of Technology Isan Nakhon Ratchasima.

Received: 2 February 2021

Revised: 13 June 2021

Accepted: 14 June 2022

Available online: 24 June 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงาน และกำลังของเครื่องเกี่ยว นวดข้าว (พันธุ์พิษณุโลก-2) การศึกษามุ่งเน้น 2 ปัจจัยเป็นหลัก คือ ความเร็วขับเคลื่อน 3 ระดับ ได้แก่ 3 4 และ 5 กม./ชม. และความเร็วเครื่องยนต์ 3 ระดับ ได้แก่ 1200 1400 และ 1600 รอบต่อนาที (ความเร็วลูกนวด 450 525 และ 600 รอบต่อนาที) ค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน ความสูญเสียรวม และ กำลังที่ต้องการ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ : ผลการศึกษาพบว่าความเร็วขับเคลื่อน ความเร็วเครื่องยนต์ และ ปฏิกริยาสัมพันธ์ มีความแตกต่างทางสถิติที่นัยสำคัญของความสามารถในการทำงาน และกำลังที่ต้องการ ส่วนเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียรวมมีผลเฉพาะความเร็วขับเคลื่อน เมื่อเพิ่มความเร็วขับเคลื่อน 4- 5 กม./ชม. ด้วยความเร็วเครื่องยนต์ 1400-1600 รอบ/วินาที พบว่า ความสามารถในการทำงานอยู่ในช่วง 5.94-8.79 ไร่/ชม. และกำลังที่ใช้ในเครื่องเกี่ยวนวดอยู่ในช่วง 17.62-23.15 กิโลวัตต์ ผลการทดสอบสมรรถนะและกำลังเครื่อง เกี่ยวนวดข้าวแบบต่อเนื่องในแปลง พบว่า เมื่อความเร็วขับเคลื่อนเฉลี่ย 4.77 กม./ชม. ทำให้ความสามารถ ในการทำงานเฉลี่ย 8.34 ไร่/ชม. เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียรวมเฉลี่ย 4.08 % และกำลังที่ต้องการของเครื่องเกี่ยว นวดข้าวในพื้นที่เฉลี่ย 16.42 กิโลวัตต์ ที่ความเร็วเครื่องยนต์ 1430 รอบ/วินาที

คำสำคัญ : เครื่องเกี่ยวนวดข้าว ความเร็วขับเคลื่อน กำลังที่ต้องการ

Abstract

The purpose of this research was to study and test the factors affecting working performance and the power of the combine harvester (Phitsanulok-2). The study focused mainly on 2 factors: 3 levels of driving speeds, namely 3, 4 and 5 km/h, and 3 engine speeds, namely 1200, 1400 and 1600 rpm (threshing drum speed at 450, 525, and 600 rpm). The working capacity, total grain losses and power requirement were indicated. The results could be summarized as follows; The results showed that the driving speed, engine speed and interaction had significant statistical differences in working capacity and the power requirement. The percentage of total grain losses was influenced only by the driving speed. When increasing the drive speed of 4-5 km/h with an engine speed of 1400-1600 rev/s, it was found that the working capacity in the range of 5.94-8.79 rai/h and the power used in the combine harvester was in the range of 17.62. -23.15 kW. The continuous test of performance and power requirement of the rice combine harvester revealed that at an average driving speed of 4.77 km/ h, the average working capacity of 8.34 rai /h with average total grain losses of 4.08 %. The average power requirement for the whole machine during field operation at 1430 rpm was 16.42 kW.

Keywords : Rice combine harvester: Driving speed: Power requirement

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญมากที่สุดของประเทศทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศผู้ผลิตข้าวรายใหญ่มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งหมดประมาณ 70 ล้านไร่ ผลผลิตราว 31 ล้านตันข้าวเปลือก คิดเป็นมูลค่าประมาณ 350,000 ล้านบาท ทั้งยังส่งออกมากเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก [1] ดังนั้น ข้าวจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อประเทศไทยทั้งทางด้านการบริโภค อุสาหกรรมและการส่งออก การผลิตข้าวมีหลายขั้นตอน การเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพและปริมาณของผลผลิต จากปริมาณการผลิตข้าวที่มีอยู่เป็นจำนวนมากหากเกิดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวจะส่งผลกระทบต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจของประเทศทั้งในด้านปริมาณและมูลค่าเป็นจำนวนมาก ในปัจจุบันเกษตรกรนิยมเก็บเกี่ยวข้าวอยู่ 2 ระบบ คือ การเกี่ยวโดยแรงงานคนและนวดด้วยเครื่องนวด และการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าว [2] การเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวกำลังได้รับความนิยมจากเกษตรกรอย่างแพร่หลายและมีแนวโน้มการใช้เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ เพราะการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีโอกาสช่วยลดความสูญเสียลงได้ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณครึ่งหนึ่งของความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวโดยแรงงานคนพร้อมทั้งช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวอีกประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ [3] ปัญหาการขาดแคลนแรงงานทำให้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวเข้ามามีบทบาทมากในการเก็บเกี่ยวข้าว การประกอบารรับจ้างของผู้ประกอบการจะใช้ระบบรับจ้างคิดอัตราเหมาจ่ายต่อไร่เพื่อให้ได้จำนวนไร่ต่อวันที่มากทำให้ผู้ประกอบการรับจ้างจึงปรับแต่งเครื่องเกี่ยวนวดข้าวให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้น โดยที่ผู้ขับเคลื่อนไม่ทราบหรือไม่ตระหนักถึงผล

ของความสูญเสียจากการทำงานที่เกิดขึ้น โดยที่ความสูญเสียส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานที่มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงเนื่องจากการปรับแต่งเครื่องที่ไม่เหมาะสมสภาพพืชที่มีความแตกต่างกัน จากการใช้งานของการปรับระดับการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งในการปฏิบัติงานของผู้ขับเคลื่อนเกี่ยวนวดข้าวมักปรับแต่งเครื่องและหรือใช้ความเร็วในการขับเคลื่อนสูงสุดเท่าที่เครื่องจะสามารถปฏิบัติงานได้ [4] จากการศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่มีกำลังขับเคลื่อนแตกต่างกัน 5 ขนาด [5] พบว่า ปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในแต่ละขนาดคือการเก็บเกี่ยวข้าวในแปลงที่มีสภาพเป็นดินเลน เครื่องเกี่ยวนวดข้าวส่วนใหญ่ไม่มีแรงมากพอที่จะตะกุดดินเมื่อเกิดการติดหล่ม แนวทางหนึ่งที่เจ้าของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวนิยมปฏิบัติคือการปรับแต่งปั๊มหัวฉีดของเครื่องยนต์เพื่อให้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีกำลังแรงม้าเพิ่มขึ้น [6] วิธีการนี้แม้จะสามารถเพิ่มกำลังงานได้แต่ขณะเดียวกันก็ส่งผลเกี่ยวเนื่องไปยังกลไกการทำงานอื่น ๆ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว นอกจากนี้ยังทำให้ส่วนประกอบต่าง ๆ เกิดการเสื่อมสภาพที่เร็วขึ้นอีกด้วย [7] อย่างไรก็ตามนอกจากการเพิ่มแรงม้าให้แก่เครื่องยนต์เพื่อเพิ่มกำลังงานให้แก่เครื่องนวดข้าวเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานให้มากขึ้นแล้วนั้น การปรับปรุงความแข็งแรงของโครงสร้างช่วงล่างของเครื่องนวดข้าวเพื่อลดขนาดและน้ำหนักของเครื่องนวดข้าวก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถลดภาระกำลังเครื่องยนต์ให้แก่เครื่องนวดข้าวและทำให้เครื่องนวดข้าวสามารถทำงานได้ในภูมิประเทศที่ลำบากได้ (เช่น ดินติดหล่ม หรือพื้นที่ดินอ่อนนุ่มที่ก่อให้เกิดอุปสรรคในการทำงาน) โดยที่ไม่จำเป็นต้องปรับแต่ง

เครื่องยนต์ [8] จากข้อมูลข้างต้นชี้ให้เห็นว่า สภาพการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวทั้งด้านสมรรถนะการทำงาน ประสิทธิภาพ ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการเก็บเกี่ยว และความสูญเสียจากการเกี่ยวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวเป็นอย่างมาก ดังนั้นการศึกษาสมรรถนะการทำงานและกำลังที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้ทราบเพื่อที่จะได้เป็นข้อมูลสำหรับนำไปประกอบการตัดสินใจในการปฏิบัติงานอย่างเหมาะสม อีกทั้งยังเป็นข้อมูลในการพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเก็บข้อมูลในพื้นที่

การศึกษานี้ได้ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลในช่วงเดือน พฤษภาคม ถึง มิถุนายน 2561 โดยข้าวที่ใช้ศึกษาคือข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ซึ่งเป็นข้าวที่นิยมปลูกกันทั่วพื้นที่เขตชลประทานของประเทศไทย [9] ปลูกด้วยวิธีการหว่าน จากแปลงเกษตรกรรมในเขตจังหวัดขอนแก่น การทดลองและเก็บข้อมูลปัจจัยด้านพืชประกอบด้วย ความสูงต้นข้าว ความสูงเอียง ความสูงตอซัง ความหนาแน่นต้นข้าว ผลผลิต ความชื้นของเมล็ด ความชื้นของฟาง และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง

2.2 การเตรียมเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

การดำเนินการโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนของศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยมีส่วนประกอบและอุปกรณ์การทำงานหลัก ดังแสดงในตารางที่ 1 มีรายละเอียดของเครื่องดังนี้

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ใช้ทดสอบ

หัวข้อ	ลักษณะ/ส่วนประกอบ
ขนาดมิติเครื่อง	ความกว้าง 3.60 ม. ความยาว 6.95 ม. ความสูง 2.83 ม.
ชุดต้นกำลัง	เครื่องยนต์ดีเซล 260 กำลังม้า ถ่ายทอดกำลังระบบไฮโดรสแตติก
ชุดหัวเกี่ยว	หน้ากว้างหัวเกี่ยว 3.0 ม. ล้อโน้มแบบซีโน้ม ระบบการตัดแบบใบมีดเคลื่อนที่ไปมา
ชุดนวดแบบไหลตามแกน	ความยาวลูกนวดรวมใบพัดขับฟาง 1925 มม. ลักษณะใบพัดส่งฟาง ใบเลี้ยวตรง 10 ใบ เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวดถึงปลายซี่นวด 680 มม. ความสูงซี่นวด 88 มม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางซี่นวด 11 มม. ระยะห่างระหว่างซี่นวด 70 มม. จำนวนแถบซี่นวด 10 มม. จำนวนซี่นวดในแต่ละแถบ 26 มม.
	ระยะห่างระหว่างปลายซี่นวดกับตะแกรงล่าง 10 มม. ขนาดของซี่ตะแกรง 7 มม. ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรง 18 มม.
	ครีบบวงเดือน 5 ครีบบ มุมเอียงของแผ่นครีบบวงเดือน 68 องศา
ตะแกรงทำความสะอาด	ขนาดรูตะแกรง 16 มม.
พัดลมทำความสะอาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง 360 มม. จำนวนใบพัดต่อชุด 5 ใบ ความกว้างใบพัดลม 140 มม. ความยาวใบพัดลม 700 มม. พัดลมจำนวน 2 ชุด

2.3 การเตรียมเครื่องมือวัดกำลังในแต่ละระบบ ของเครื่องเกี่ยววนดข้าว

เนื่องจากเครื่องเกี่ยววนดข้าว มีส่วนประกอบหลักประกอบด้วย 1) ชุดต้นกำลัง 2) ระบบขับเคลื่อนและบังคับเลี้ยว 3) ชุดนวดและทำความสะอาด 4) ชุดหัวเกี่ยว และ 5) ชุดคอลล่าเลียง เพื่อให้สามารถวัดกำลังงานที่ใช้จริงในส่วนต่าง ๆ จึงต้องทำการติดตั้งเครื่องมือในระบบเกี่ยว ระบบนวด และระบบขับเคลื่อน โดยในการทดสอบได้เตรียมเครื่องมือวัดโดยการติดตั้ง Torque Transducer ซึ่งประกอบด้วย slip ring และ stain gages เข้ากับเพลลาเครื่องยนต์ เพลาลอยขับระบบชุดนวด และเพลลาขับคอลล่าเลียง และชุดหัวเกี่ยว จากนั้นต่อเข้ากับ Data logger (Spider 8 strain amplifier) ซึ่งรับสัญญาณและบันทึกจาก Torque Transducer [10, 11] การทำงานของเครื่องมือวัดถูกควบคุมด้วยโปรแกรมผ่านระบบคอมพิวเตอร์ บันทึกค่าสัญญาณทางไฟฟ้าในหน่วย mV/V (มิลลิโวลต์ต่อโวลต์) ด้วยโปรแกรม Catman Easy ผ่านทาง Monitor จากนั้นบันทึกผล และสอบเทียบค่าของเครื่องมือวัดกับค่ามาตรฐานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ การทดสอบสุ่มตัวอย่างแรงบิดการทำงานจากช่องทางออกสัญญาณ เพลลาเครื่องยนต์ เพลาลอยขับระบบชุดนวด และเพลลาขับคอลล่าเลียงและชุดหัวเกี่ยวเมื่อใช้เครื่องเกี่ยววนดข้าว นำตัวอย่างที่สุ่มได้มา หาค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุดเพื่อคำนวณในสมการหาค่ากำลัง โดยค่ากำลังงานที่เพลลาคำนวณจากสมการที่ 1 ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวัดกำลัง และการสุ่มตัวอย่างขณะทดสอบ [12]

$$P = 2\pi NT/60000$$

(1)

เมื่อ P = กำลังงานที่ใช้ (kW)

N = ความเร็วการหมุนของเพลลา (rpm.)

T = แรงบิดที่เกิดขึ้นในเพลลา (N-m.)

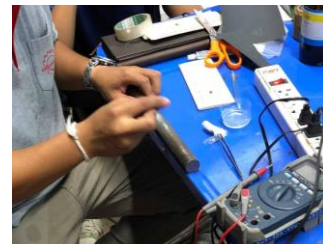
ผลการสอบเทียบค่าของเครื่องมือวัดกับค่ามาตรฐานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ได้สมการสอบเทียบโดยที่ y คือค่าแรงบิด และ x คือกระแสไฟฟ้า ดังนี้

เพลลาเครื่องยนต์ : $y = 2108.4x - 0.7386$,
 $R^2 = 0.9999$

เพลาลอยขับชุดนวด : $y = 1331.2x - 1.4473$, $R^2 = 0.9999$

เพลาล่าเลียง : $y = 504.36x - 0.7854$,
 $R^2 = 0.9999$

เพลลาหัวเกี่ยว : $y = 485.55x + 2.6639$,
 $R^2 = 0.9952$



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือวัดกำลัง(ก-จ) และการสุ่มตัวอย่างที่ออกทางท้ายเครื่องเกี่ยววนดข้าว(ฉ)

2.4 แผนการทดสอบ

การทดสอบนี้มีจุดประสงค์เพื่อต้องการศึกษาปัจจัยหลักที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานและกำลังที่ใช้ของเครื่องเกี่ยววนดข้าว การวัดกำลังกระทำที่ความเร็วเพลารองยนต์ 1200 1400 และ 1600 รอบ/นาที ซึ่งเป็นเพลาลอยขับระบบชุดขนาดด้วยความเร็ว 960 1120 1280 รอบ/นาที (ความเร็วลูกนวด 450 525 600 รอบ/นาที หรือความเร็วลูกนวด

ที่ปลายขึ้นนวด 18.06 20.68 และ 23.30 ม./วินาที) การวางแผนการทดสอบโดยใช้ RCBD 3x3 factorial experiment [13, 16] เป็นการศึกษาปัจจัยการทำงาน 2 ปัจจัย คือ ความเร็วขับเคลื่อน(ความเร็วในการเคลื่อนที่) 3 ระดับ ได้แก่ 3 4 5 กม./ชม. และ ความเร็วเครื่องยนต์ 3 ระดับ ได้แก่ 1200 1400 และ 1600 รอบ/นาที โดยกำหนดให้เพลาลอยขับคอล้อเลียง 220 รอบ/นาที และเพลาลอยหัวเกี่ยว 130 รอบ/นาที ตามลำดับ

2.5 วิธีการดำเนินการ

มีการดำเนินการดังนี้

(1) การดำเนินงานก่อนการทดสอบ การหาความสูงต้นข้าว ความสูงเอียง มุมเอียงต้นข้าว โดยการสุ่มวัด จำนวน 100 ซ้ำ สุ่มตัวอย่างเพื่อหาความชื้นของเมล็ดข้าว ความชื้นฟาง และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง ในแปลงทดสอบ จำนวน 5 ซ้ำ หาความหนาแน่นต้นข้าว โดยการนับจำนวนต้นข้าวในกรอบเก็บข้อมูล ขนาดหนึ่งตารางเมตร จำนวน 20 ซ้ำ การเก็บข้อมูลปัจจัยด้านพืชทำการเก็บกระจายให้ครอบคลุมพื้นที่การทดสอบ

(2) การดำเนินงานขณะทำการทดสอบ การเตรียมการทดสอบโดยการปรับตั้งค่าความเร็วในการเคลื่อนที่และค่าความเร็วเพลารองยนต์ตามแผนการทดสอบ ทำการทดสอบโดยจับเวลาแต่ละรอบการทดสอบ ขณะทดสอบทำการเก็บสัญญาณข้อมูลเพื่อหาแรงบิดและกำลังตามแผนการทดสอบ สุ่มตัวอย่างแรงบิดการทำงานจากช่องทางออกสัญญาณของเพลารองยนต์ เพลาลอยขับระบบชุดขนาด เพลาลอยคอล้อเลียงและเพลาลอยหัวเกี่ยวเมื่อใช้เครื่องเกี่ยววนดข้าว นำตัวอย่างที่สุ่มได้มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อคำนวณในสมการหาค่ากำลัง และเก็บข้อมูลสมรรถนะของรถเกี่ยววนดข้าว ทำการเก็บตัวอย่าง

จากช่องทางออกฟาง โดยการใช้ถุงตาข่ายรองวัสดุจากช่องที่ถูกขับทิ้งเป็นระยะทางไม่ต่ำกว่า 10 เมตร จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อหาความสูญเสียจากการนวด การคัดแยกและทำความสะอาด

(3) การดำเนินงานหลังทำการทดสอบ การหาความสูงตอซังข้าวโดยการสุ่มวัดความสูงตอซังข้าวในพื้นที่แปลงข้าวที่ทำการเก็บเกี่ยวหลังทดสอบ จำนวน 100 ซ้ำ นำไปหาความสูงตอซังข้าวเฉลี่ย การหาการสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวโดยวางกรอบเก็บข้อมูลขนาด 0.5×2.0 ม. วางไว้บริเวณระยะห่างระหว่างล้อแทรก เก็บเมล็ดข้าวที่ร่วงบริเวณกรอบเก็บข้อมูลนำไปชั่งน้ำหนักบนตีกข้อมูล เพื่อเก็บข้อมูลเมล็ดข้าวเปลือกที่ร่วงจากการเกี่ยวกระทำ 3 ซ้ำ

(4) ทดสอบสมรรถนะการทำงานและกำลังของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในพื้นที่ต่อเนื่อง [14] โดยใช้ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2

2.6 ค่าชี้ผลการศึกษา

ค่าชี้ผลการศึกษาที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน (ไร่/ชม.) เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียรวมจากการทำงาน และกำลังที่ต้องการเครื่องเกี่ยวนวดข้าว (กิโลวัตต์) [15, 17]

3. ผลการศึกษาและอภิปราย

การเก็บข้อมูลในพื้นที่ ความสูงต้นข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 (ข้าวนาปรัง) ที่ทำการศึกษในช่วง 35.0 ถึง 64.0 ซม. (เฉลี่ย 54.23 ซม.) และมีมุมเอียงต้นข้าวระหว่าง 10.73 ถึง 55.62 องศาจากแนวดิ่ง (เฉลี่ย 19.51 องศาจากแนวดิ่ง) ความหนาแน่นต้นข้าวมีค่าระหว่าง 308,800 ถึง 521,600 ต้น/ไร่ (เฉลี่ย 399,440 ต้น/ไร่) ผลผลิตสุกในช่วง 572.88 ถึง 734.49 กก./ไร่ (เฉลี่ย 649.72 กก./ไร่)

โดยมีความสูงตอซังในช่วง 23.0 ถึง 40.0 ซม. (เฉลี่ย 34.98 ซม.) ความชื้นของเมล็ด (ฟาง) เฉลี่ย 28.84(54.86) เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเฉลี่ย เท่ากับ 0.56

3.1 ผลการศึกษา ความเร็วขับเคลื่อน และความเร็วเครื่องยนต์ที่มีผลต่อการสมรรถนะการทำงานและกำลังของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียรวม และกำลังที่ต้องการเครื่องเกี่ยวนวดข้าว ดังแสดงในตารางที่ 2 3 4 ตามลำดับ ซึ่งพบว่า (ตารางที่ 2) ความเร็วขับเคลื่อน และความเร็วเครื่องยนต์ ต่างก็มีผลต่อความสามารถในการทำงานทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1% และมี Interaction ระหว่างความเร็วขับเคลื่อน และความเร็วเครื่องยนต์ที่ระดับนัยสำคัญ 5% โดยมีความเร็วขับเคลื่อนเป็นอิทธิพลหลัก รองลงมาเป็นความเร็วเครื่องยนต์ ส่วนตารางที่ 3 พบว่า มีเฉพาะความเร็วขับเคลื่อนที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียรวมจากการทำงานในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1% ส่วนความเร็วเครื่องยนต์ และ Interaction ระหว่างความเร็วขับเคลื่อน และความเร็วเครื่องยนต์ไม่มีผลในทางสถิติ และตารางที่ 4 พบว่า ความเร็วขับเคลื่อน ความเร็วเครื่องยนต์ และ Interaction ระหว่างความเร็วขับเคลื่อน และความเร็วเครื่องยนต์ ต่างก็มีผลต่อกำลังที่ใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าว ในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 1%

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความสามารถในการทำงาน (ไร่/ชม.)

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	2	0.057	0.028	0.254	0.779
ความเร็ว ขับเคลื่อน (A)	2	57.257	28.628	255.961**	0.000
ความเร็ว เครื่องยนต์ (B)	2	1.800	0.900	8.045**	0.004
A * B	4	1.374	0.343	3.070*	0.047
Error	16	1.790	0.112		
Corrected Total	26	62.276			

** แตกต่างทางสถิติที่นัยสำคัญ 1%, * แตกต่างทางสถิติที่
นัยสำคัญ 5%

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน เปอร์เซ็นต์เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียรวม

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	2	1.754	0.877	0.688	0.517
ความเร็ว ขับเคลื่อน(A)	2	17.555	8.778	6.887 **	0.007
ความเร็ว เครื่องยนต์ (B)	2	2.096	1.048	0.822 ns	0.457
A * B	4	4.619	1.155	0.906 ns	0.484
Error	16	20.394	1.275		
Corrected Total	26	46.417			

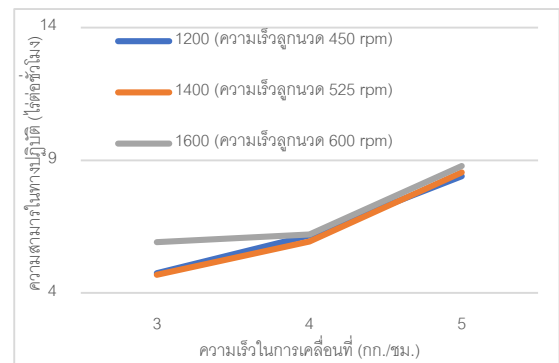
** แตกต่างทางสถิติที่นัยสำคัญ 1%, ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนกำลังที่ ต้องการเครื่องเกี่ยวนวดข้าว (กิโลวัตต์)

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	2	1.472	0.736	1.323	0.294
ความเร็ว ขับเคลื่อน(A)	2	201.550	100.775	181.075**	0.000
ความเร็ว เครื่องยนต์(B)	2	448.237	224.119	402.702**	0.000
A * B	4	53.357	13.339	23.968**	0.000
Error	16	8.905	0.557		
Corrected Total	26	713.521			

** แตกต่างทางสถิติที่นัยสำคัญ 1%

จากข้อมูลผลการทดสอบสมรรถนะและกำลังเครื่อง
เกี่ยวนวดข้าว ดังภาพที่ 2 3 และ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า
เมื่อความเร็วขับเคลื่อน (ความเร็วการเคลื่อนที่) เพิ่มขึ้น
จาก 3 ถึง 5 กม./ชม. ที่ระดับความเร็วเครื่องยนต์ 1200
1400 1600 รอบ/นาที ทำให้ความสามารถในการทำงาน
ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวทางปฏิบัติเฉลี่ยเพิ่มขึ้น อยู่
ในช่วง 4.65 - 8.40 ไร่/ชม. 4.69 - 8.55 ไร่/ชม. และ 5.91
- 8.79 ไร่/ชม. ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียรวม
เฉลี่ยเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 1.96 - 3.18% 1.49 - 3.45% และ
1.26 - 3.95 % ตามลำดับ [18] และกำลังที่ต้องการของ
เครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 6.39 - 16.14
11.47-18.89 และ 20.89-23.15 กิโลวัตต์ ตามลำดับ
เมื่อพิจารณาที่ความเร็วเครื่องยนต์เป็น 1400-1600
รอบ/นาที (ความเร็วลูกนวด 20.68-23.30 ม./วินาที)
และความเร็วขับเคลื่อนเพิ่มขึ้น 4 ถึง 5 กม./ชม. ได้
ความสามารถเครื่องเกี่ยวนวดข้าวทางปฏิบัติเฉลี่ย
ในช่วง 5.94 ถึง 8.79 ไร่/ชม. เปอร์เซ็นต์ความสูญเสีย
รวมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.22 - 3.95% และใช้กำลังเครื่อง
เกี่ยวนวดข้าวอยู่ระหว่าง 17.62 ถึง 23.15 กิโลวัตต์
หรือพลังงานจำเพาะอยู่ในช่วง 2.63 - 2.97 กิโลวัตต์-
ชั่วโมง/ไร่ หรือกิโลจูล/ไร่

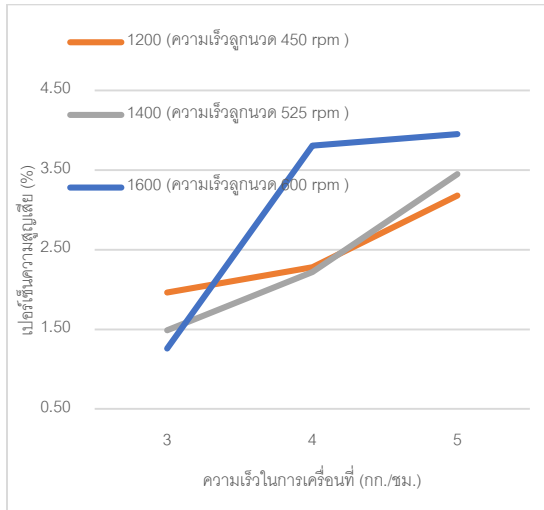


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว

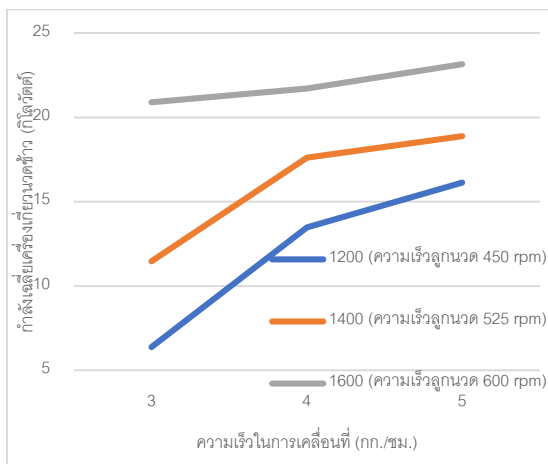
ในการเคลื่อนที่(ความเร็วขับเคลื่อน)

กับความสามารถในการทำงานเฉลี่ย

ที่ความเร็วเครื่องยนต์ 1200 1400 1600 รอบ/นาที



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่(ความเร็วขับเคลื่อน)กับเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียรวมเฉลี่ยที่ความเร็วเครื่องยนต์ 1200 1400 1600 รอบ/นาที



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่(ความเร็วขับเคลื่อน)กับกำลังที่ต้องการที่ความเร็วเครื่องยนต์ 1200 1400 1600 รอบ/นาที

3.2 ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานและกำลังของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวในพื้นที่ต่อเนื่อง

การทดลองและเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง มิถุนายน 2562 แปลงปลูกโดยวิธีการหว่าน พันธุ์พิษณุโลก 2 ความสูงต้นข้าวที่ทำการศึกษในช่วง 58 ถึง 92.0 ซม. (เฉลี่ย 76.20 ซม.) และมีมุมเอียงต้นข้าวระหว่าง 16.05 ถึง 42.72 องศาจากแนวดิ่ง (เฉลี่ย 28.53 องศาจากแนวดิ่ง) ความหนาแน่นต้นข้าว มีค่าระหว่าง 270,400 ถึง 281,600 ต้น/ไร่ (เฉลี่ย 273,920 ต้น/ไร่) ผลผลิตสุทธิในช่วง 731.20 ถึง 749.23 กก./ไร่(เฉลี่ย 740.87 กก./ไร่) โดยมีตอสูงในช่วง 41.00 ถึง 48.00 ซม. (เฉลี่ย 44.68 ซม.) ความชื้นของเมล็ด (ฟาง) เฉลี่ย 31.73(66.03) เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเฉลี่ย เท่ากับ 0.51 เมื่อนำเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวทดสอบในสภาพแปลงต่อเนื่อง (ประมาณ 8 ไร่) ขับเคลื่อนด้วยความเร็วเฉลี่ย 4.77 กม./ชม. ทำให้ความสามารถในการทำงานในทางปฏิบัติเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.06 -8.61 ไร่/ชม. เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.05-4.10 % กำลังเฉลี่ยเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวอยู่ในช่วง 16.04-16.80 กิโลวัตต์ หรือพลังงานจำเพาะอยู่ในช่วง 1.95-2.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ไร่ หรือกิโลจูล/ไร่ เนื่องจากสภาพแปลงข้าวต้นตั้ง ไม่ล้ม ความสูงและความหนาแน่นของต้นข้าวสม่ำเสมอ ทำให้การเกี่ยวขนาดข้าวโดยใช้เครื่องเกี่ยวขนาดง่าย ทำงานสะดวก และใช้กำลังน้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของพืชต่าง ๆ [11] กำหนดให้ความเร็วเพลาลูกเบี้ยวเครื่องยนต์ 1300-1400 รอบ/นาที ความเร็วเพลาลอยขับเคลื่อน 1040-1120 รอบ/นาที (ความเร็วรอบลูกเบี้ยว 450-500 รอบ/นาที) ความเร็วคอล์ยเฉลี่ย 220 (รอบ/นาที) และความเร็วหัวเกี่ยว 130 รอบ/นาที ตามลำดับ

4. สรุปผล

ผลการศึกษาและทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าว สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) ความเร็วขับเคลื่อน ความเร็วเครื่องยนต์ และ Interaction มีความแตกต่างทางสถิติที่นัยสำคัญของความสามารถในการทำงาน และกำลังที่ต้องการ ส่วนเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียรวมมีผลเฉพาะความเร็วขับเคลื่อน

2) สมรรถนะการทำงานและกำลังที่ต้องการของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว พบว่า เมื่อความเร็วขับเคลื่อน 4-5 กม./ชม. และความเร็วเครื่องยนต์ 1400-1600 รอบ/นาที ได้ความสามารถในการทำงานอยู่ในช่วง 5.94 -8.79 ไร่/ชม. และกำลังที่ต้องการอยู่ในช่วง 17.6 2-23.15 กิโลวัตต์

3) ผลการทดสอบในสภาพต่อเนื่องเมื่อขับเคลื่อนด้วยความเร็วเฉลี่ย 4.77 กม./ชม. และความเร็วเครื่องยนต์เฉลี่ย 1430 รอบ/นาที พบว่า ความสามารถในการทำงานเฉลี่ยในช่วง 8.06-8.61 ไร่/ชม. เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียรวมเฉลี่ย 4.05-4.10 % กำลังเฉลี่ยเครื่องเกี่ยวนวดข้าว 16.04-16.80 กิโลวัตต์ หรือพลังงานจำเพาะอยู่ในช่วง 1.95-2.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ไร่ หรือกิโลจูล/ไร่

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตร และวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400 ให้การสนับสนุนทุนวิจัย สถานที่ และอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (สื่อออนไลน์). [เข้าถึงเมื่อวันที่ 4 สิงหาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/bappdata/files/Outlook%20Q1_2563.pdf
- [2] วินิต ชินสุวรรณ, สมชาย ขวนอุดม, วราจิต พยอม. การประเมินความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าว. วารสารวิจัย มข. 2544; 6(1): 59-67.
- [3] วินิต ชินสุวรรณ, นิพนธ์ ป้องจันทร์, สมชาย ขวนอุดม, วราจิต พยอม. ผลของอัตราการใช้และความเร็วรถเกี่ยวที่มีต่อสมรรถนะการนวดของเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกน. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 2546; 10(1): 9-14.
- [4] วินิต ชินสุวรรณ, นิพนธ์ ป้องจันทร์, สมชาย ขวนอุดม, วราจิต พยอม. ผลของดัชนีล้อโน้มที่มีต่อความสูญเสียในการเกี่ยวของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 2547; 11(1): 7-9.
- [5] จุฬาลักษณ์ อยู่ประสพโชค. การประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2558.
- [6] สาทิศ เวณจันทร์, จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ, มานพ คันทามารัตน์ และ ทรงยศ จันทรมานิตย์. 2548; วิจัยและพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็ก. กลุ่มทดสอบและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตร สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร. 27 p.

- [7] อติศักดิ์ ไสวอมร. การวิเคราะห์ความเสี่ยงของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวข้าวโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ. [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2559.
- [8] คงเดช พะสีนาม, พยุงศักดิ์ จุลยุเสน, ครุฑ วาทกิจ, จุฑญศักดิ์ สมพงษ์ และยงยุทธ เสี่ยงดัง. วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ 2559; 2(2): 97-106.
- [9] กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พื้นที่เป้าหมายส่งเสริมการปลูกข้าว ภายใต้การผลิตและการตลาดข้าวครบวงจรปี 2562/63 รอบที่ 1. เอกสารรายงาน กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ; 2562.
- [10] Sudajan S, Salokhe VM, Triratanasirichai K. Effect of Type of Drum, Drum Speed and Feed Rate on Sunflower Threshing. Biosystems Engineering. 2002; 83(4): 413–21.
- [11] Kalsirisilp R. Modification and performance evaluation of Thai-made rice combine harvester. [MEn Thesis]. Asian Institute of Technology: Bangkok Thailand; 2000.
- [12] Hunt D. Farm Power and Machinery. 9th Edition, Iowa State University Press, Ames, IOWA; 1995.
- [13] Box GE, Hunter WG and Hunter JS. Statistics for Experimenters. John Wiley and Sons: New York; 1978.
- [14] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องเกี่ยวนวดข้าว: กรุงเทพฯ; 2540.
- [15] RNAM. Test codes & Procedures for Farm Machinery Technical Series No. 12 Second Edition, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific; 1995.
- [16] Gomez KA and Gomez AA. Statistical Procedures for Agricultural Research. 2nd Edition, John Wiley & Sons: New York; 1984.
- [17] FAO Production yearbooks. 1993; 4.
- [18] Junsiri C and Chinsuwan W. Prediction Equation for Header Losses of Combine Harvesters When Harvesting Thai Hom Mali Rice. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 2009; 31(6): 613-20.