TAM-38

ผลของรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีต่อสมรรถนะในการนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกน

*นิธิ ด้วงผึ้ง[1,2,3]และ สมชาย ชวนอุดม[1,2,3]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น123 ถนนมิตรภาพ
ตำบลในเมือง อำเภอเมือง ขอนแก่น 40002
[2]ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น 123 ถนนมิตรภาพ
ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002
[3]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา 328ถนนศรีอยุธยา
แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 104000

ผู้เขียนติดต่อ: นิธิ ด้วงผึ้ง E-mail: khunnithi.d@gmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเครื่องเกี่ยวนวดข้าวกำลังมีบทบาทสำคัญและใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เพราะการใช้งานเครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีโอกาสช่วยลดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายรวมไปถึงแรงงานที่ใช้ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ความสูญเสียที่เกิดการเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่นั้นเป็นความสูญเสียจากชุดนวด ส่วนหนึ่งเกิดจากการปรับมุมครีบวงเดือน ที่ผ่านมาได้มีรูปแบบการปรับมุมครีบวงเดือนที่ค่อนข้างหลากหลาย แต่การศึกษาหารูปแบบมุมครีบวงเดือนที่เหมาะสมยังค่อนข้างน้อยการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีต่อสมรรถนะในการนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกน โดยการทดสอบกับชุดทดสอบการนวดของศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่นโดยมีความชื้นเมล็ดและฟางเฉลี่ยเท่ากับ 28.3 และ 51.8 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ตามลำดับ อัตราส่วนเมเมล็ดต่อฟางโดยน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 0.61 ความยาวฟางเฉลี่ยเท่ากับ 52 เซนติเมตร การศึกษาผลของรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีผลต่อสมรรถนะในการนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกน ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบมุมครีบวงเดือนที่ทำการศึกษามีผลต่อปริมาณเมล็ดแตกหักไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดและกำลังงานที่ใช้ในการนวดอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ รูปแบบมุมครีบวงเดือนของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว ควรใช้รูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีมุมครีบวงเดือนเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอคือมุม 69, 71, 73, 75และ 77 องศาจากแนวเพลาลูกนวด ตามลำดับ เพราะทำให้มีความสูญเสียจากชุดนวดอยู่ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์และกำลังงานที่ใช้ในการนวดอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูงมากนัก เมื่อใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาทีและอัตราการป้อนเท่ากับ 16 ตันต่อชั่วโมงและทดสอบกับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

คำสำคัญ: เครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย; มุมครีบวงเดือน; ความสูญเสียจากชุดนวด; กำลังงานในการนวด

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย โดยมีผลผลิตรวมประมาณปีละ 30 ล้านตันข้าวเปลือก คิดเป็นมูลค่าประมาณปีละ 300,000 ล้านบาท และ ในปี 2554 สามารถส่งออกได้ 10.21 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 184,000 ล้านบาท [11] ในการผลิตข้าว ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ส่งผลต่อทั้งปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ถ้ามีความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวมากก็จะส่งผลเสียหายต่อเศรษฐกิจของประเทศ โดยข้าวเปลือกที่สูญเสียไปกับการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้ประเทศไทยสูญเสียรายได้ประมาณ 3,000 ล้านบาทต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวที่สูญเสียไป การลดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น และปัจจุบันเครื่องเกี่ยวนวดข้าวกำลังมีบทบาทสำคัญและใช้งานกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ซึ่งคาดว่ามีเครื่องเกี่ยวนวดข้าวใช้

งานในปัจจุบันประมาณ 10,000 เครื่อง [1] และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีโอกาสช่วยลดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวลงได้ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ [2] และยังประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายรวมไปถึงแรงงานที่ใช้ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว

ในการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการศึกษาความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวสำหรับเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์หอมดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวนาปีพันธุ์พื้นเมือง พบว่ามีความสูญเสียโดยเฉลี่ย 3.16 เปอร์เซ็นต์ โดย 58.94 และ 34.17 เปอร์เซ็นต์ของความสูญเสียรวมเกิดจากการเกี่ยวและคัดแยกเมล็ดออกจากฟางตามลำดับ ผลของความสูญเสียแตกต่างจากการประเมินความสูญเสียสำหรับข้าวนาปรัง พบว่า ความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวโดยเฉลี่ย 6.81 เปอร์เซ็นต์ โดย 87.59 เปอร์เซ็นต์ของความสูญเสียรวมเกิดจากการคัดแยกเมล็ดออกจากฟาง เนื่องจากพันธุ์ข้าวนาปรังที่เกือบทั้งหมดเป็นพันธุ์ลูกผสม เมล็ดจะหลุดร่วงยากกว่าข้าวพันธุ์พื้นเมือง [3] และในปัจจุบันนี้ผู้ประกอบการรับจ้างหรือเจ้าของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวได้มีการดัดแปลงเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพื่อใช้ในการรับจ้าง โดยเฉพาะการปรับมุมครีบวงเดือน เพราะมุมครีบวงเดือนเป็นตัวกำหนดอัตราการไหลของวัสดุในห้องนวด [4] ซึ่งจะส่งผลต่อความสูญเสียจากการนวดและการคัดแยกเมล็ดออกจากฟาง [13] และในการปรับมุมครีบวงเดือน ผู้ประกอบการแต่ละรายมีรูปแบบการปรับมุมครีบที่แตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของเจ้าของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวโดยที่ไม่ได้คำนึงถึงความสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งความสูญเสียจากชุดนวด

จากการศึกษาการทำนายความความสูญเสียจากระบบการนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนสำหรับการนวดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์ลูกผสมของสมชาย ชวนอุดม [8] พบว่า ความชื้นของเมล็ดมีผลต่อความสูญเสียมากที่สุด รองลงมาคือมุมครีบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด ส่วนความเร็วลูกนวดและอัตราการป้อนมีผลต่อความสูญเสียน้อย ส่วนการนวดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง พบว่า มุมครีบวงเดือนมีผลต่อความสูญเสียมากที่สุด รองลงมาคือ ความเร็วลูกนวด จากข้อมูลข้างต้นชี้ให้เห็นว่ามุมครีบวงเดือนมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างสูงสำหรับข้าวพันธุ์ลูกผสมและพันธุ์พื้นเมือง นอกจากนี้จากการศึกษากำลังงานในการนวดและความสูญเสียจากชุดนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนในการนวดข้าวบาร์เลย์ซึ่งมีคุณลักษณะแตกต่างจากข้าวในประเทศไทยของ Harrison [10] พบว่า มุมครีบวงเดือนมีผลที่สำคัญต่อทั้งกำลังงานในการนวดและความสูญเสียจากชุดนวด และ Chuan-udom and Chinsuwan [5] ยังได้ทำการศึกษาการทำนายความสูญเสียจากชุดนวดสำหรับของเครื่องเกี่ยวนวดไทยแบบไหลตามแกน พบว่า จากสมการทำนายเมื่อเครื่องเกี่ยวนวดข้าวทำการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มุมครีบวงเดือนควรมีการปรับให้มีมุมไม่น้อยกว่า 66 องศาจากแนวเพลาลูกนวด จะส่งผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ทราบว่า มุมครีบวงเดือนเป็นปัจจัยการทำงานที่สำคัญที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดและกำลังงานในการนวด และหากมีการศึกษาเพื่อหารูปแบบมุมครีบวงเดือนที่เหมาะสมก็จะสามารถไปเป็นข้อมูลในการเผยแพร่กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการอบรมให้ความรู้แก่ผู้ประกอบการรับจ้างเกี่ยวนวดในการปรับใช้มุมครีบวงเดือนสำหรับเก็บเกี่ยวข้าว ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีผลต่อสมรรถนะในการนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกน

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบจะใช้ชุดทดสอบการนวดของ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งสามารถปรับและควบคุมความเร็วลูกนวดและอัตราการป้อนโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ ในการทดสอบชุดนวดมีอุปกรณ์ทำการเก็บเมล็ดข้าวเปลือกที่ถูกขับทิ้งออกมาจากชุดนวดและมีถาดที่แบ่งเป็นช่องตามความยาวของชุดนวดสำหรับเมล็ดที่ร่วงผ่านตระแกรงนวดนอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์วัดแรงบิดของเพลาสำหรับใช้ศึกษากำลังงานในการนวด

ชุดทดสอบการนวดที่ใช้ในการศึกษา มีความยาว 1.70 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางถึงปลายซี่นวด 0.70 เมตร ความสูงซี่นวด 80 มิลลิเมตร แถบซี่นวดเป็นแบบแถบตรง

จำนวน 8 แถบ ซี่นวดเป็นซี่เหล็กกลมขนาด 11 มิลลิเมตร และมีระยะห่างของซี่นวด 77 มิลลิเมตร ส่วนตะแกรงล่างมีรัศมีความโค้ง 0.39 เมตร ซี่ตะแกรงเป็นเหล็กกลมขนาด 8 มิลลิเมตร มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด 17 มิลลิเมตร โดยมีสันตะแกรงนวดล่างจำนวน 5 เส้น ห่างกันเป็นระยะเท่าๆกัน และมีความสูงของสันตะแกรง และมีความสูงของสันตะแกรงจากผิวของซี่ตะแกรง 5 มิลลิเมตร ใบพัดขับฟางที่ใช้เป็นแบบเต็มใบตั้งตรง มีครีบวงเดือนจำนวน 5 ครีบ ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ชุดทดสอบการนวด

2.2) ปัจจัยที่ทำการศึกษา

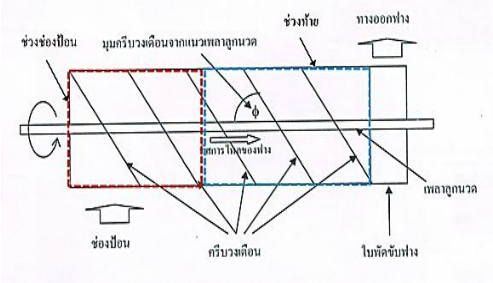
การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีผลต่อสมรรถนะในการนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกน จึงได้มีการกำหนดให้มีสภาพการทำงานของชุดนวดที่ค่อนข้างยากลำบาก ตามแนวคิดที่ว่าหากชุดนวดสามารถทำงานในสภาพและสภาวะที่ลำบากได้แล้ว ชุดนวดก็จะสามารถทำงานในสภาพและสภาวะที่ง่ายได้เช่นกัน ดังนั้นจึงดำเนินการทดสอบโดยใช้ข้าว ที่มีฟางยาวกว่าปกติ ใช้อัตราการป้อนคงที่ตลอดการทดสอบเท่ากับ 16 ตันต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นอัตราการป้อนที่สูงสุดที่ชุดนวดยังสามารถทำงานได้ปกติ ความเร็วเชิงเส้นปลายซี่ลูกนวด 18 เมตรต่อวินาที (ความเร็วรอบ 491 rpm) ใช้ข้าวในการทดสอบครั้งละ 30 กิโลกรัม ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ ในการทดสอบจะทำการวัดความชื้นของเมล็ดและฟาง ความยาวฟ่อนข้าว อัตราส่วนเมล็ดต่อฟางโดยน้ำหนักสด

ส่วนรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 6 รูปแบบมุมครีบวงเดือน (ตารางที่ 1) ประกอบด้วย โดยรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่ 1,2 และ 3 เป็นรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่ได้จากการศึกษาของ คุณนิธิ ด้วงผึ้ง และสมชาย ชวนอุดม [14] ซึ่งได้ทำการสำรวจการปรับมุมครีบวงเดือนของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว จำนวน 18 เครื่อง และรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่ 4 ได้จากผลการศึกษาของ สมชาย ชวนอุดม [7] ซึ่งได้ศึกษารูปแบบการปรับมุมครีบวงเดือนของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดและกำลังงานในการนวดเมื่อนวดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 พบว่า ควรใช้มุมครีบวงเดือนในช่วงช่องป้อนและช่วงท้ายเท่ากับ 60 และ 70 องศาจากแนวเพลาลูกนวด เพราะทำให้มีความสูญเสียและกำลังงานในการนวดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ

รูปแบบมุมครีบวงเดือนที่ 5 และ 6 เป็นรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่คิดขึ้นมาใหม่ซึ่งคาดว่าจะสามารถลดความสูญเสียจากชุดนวดและกำลังงานที่ใช้ในการนวดได้ โดยแนวคิดของรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่ 5 คือ ต้องการให้วัสดุเคลื่อนที่เข้ามาในช่วงช่องป้อนของชุดนวด (มุมครีบวงเดือนที่ 1 และ 2)อย่างรวดเร็ว และใช้เวลาในการนวดและแยกเมล็ดออกจากฟางให้นานขึ้นในช่วงท้ายของชุดนวด (มุมครีบวงเดือนที่ 3 4 และ 5) จึงเลือกมุมครีบวงเดือนในช่วงช่องป้อนเท่ากับ 60 เพราะเป็นช่วงที่มีความหนาแน่นของวัสดุค่อนข้างสูง มุมครีบวงเดือนในช่วงดังกล่าวไม่ควรมากกว่า 63 องศาจากแนวเพลาลูกนวด ซึ่งจะสามารถลดกำลังงานในการนวดลงได้ และไม่ควรน้อยกว่า 60 องศาจากแนวเพลาลูกนวด เพราะมุมเอียงไม่เพียงพอต่อการส่งวัสดุให้ไหลตามแนวแกน และมุมครีบวงเดือนในช่วงท้ายเท่ากับ 63 66 และ 70 องศาจากแนวเพลาลูกนวดตามลำดับ เพราะเป็นช่วงที่วัสดุส่วนใหญ่เป็นฟาง กำลังจะถูกขับทิ้งออกจากเครื่องเกี่ยวนวดข้าว กำลังงานที่ใช้ในการนวดส่วนใหญ่เกิดจากการฟาดตีฟางข้าวของลูกนวดกับตะแกรงนวด ซึ่งเป็นแรงเสียดทานต้านการทำงานของของลูกนวด จึงไม่จำเป็นต้องปรับมุมครีบวงเดือนในช่วงท้ายให้มีมุมมากกว่า 70 องศาจากแนวเพลาลูกนวด เพราะจะทำให้มีกำลังงานในการนวดสูงและความสูญเสียจากชุดนวดลดลงไม่มาก [10]

แนวคิดของรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่ 6 คือ ต้องการให้วัสดุเคลื่อนที่เข้ามาในช่วงช่องป้อนของชุดนวดอย่างรวดเร็ว และให้วัสดุเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในช่วงท้ายของชุดนวด โดยจากการศึกษาของสมชาย ชวนอุดม [7] พบว่าควรใช้รูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีมุมครีบวงเดือนในช่วงช่องป้อนและช่วงท้ายเท่ากับ 60 และ 70 องศาจากแนวเพลาลูกนวด เมื่อนวดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เพราะจะทำให้มีความสูญเสียจากชุดนวดและกำลังงานที่ใช้ในการนวดอยู่ในเกณฑ์

ที่ต่ำ ซึ่ง หากมีการปรับมุมครีบวงเดือนในช่วงท้ายให้ลดลงต่ำกว่า 70 องศา อาจจะทำให้มีความสูญเสียจากชุดนวดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ก็อาจจะทำให้กำลังงานที่ใช้ในการนวดลดลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Gummert [9] ที่พบว่า มุมครีบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวดที่ลดลงจะส่งผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและกำลังงานที่ใช้ในการนวดลดลง ดังนั้น จึงเลือกรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีมุมในช่วงช่องป้อนและช่วงท้ายเท่ากับ 60 และ 68 องศาจากแนวเพลาลูกนวดเพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป ซึ่งภาพมุมสูงของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนได้แสดงไว้ในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพมุมสูงของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกน (Chuan-Udom และ Chinsuwan, 2009)

2.3) สภาพข้าวและสภาวะที่ทำการทดสอบ

ในการศึกษานี้ใช้ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 จากแปลงในเขตชลประทาน จังหวัดขอนแก่น ในเดือนกรกฎาคม 2555 โดยมีความชื้นเมล็ดและฟางเฉลี่ยเท่ากับ 28.3 และ 51.8 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ตามลำดับ มีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางโดยน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 0.61 และมีความยาวฟ่อนข้าวที่ใช้ในการทดสอบเฉลี่ยเท่ากับ 52 เซนติเมตร

2.4) วิธีการทดสอบ

การทดสอบในแต่ละรูปแบบการปรับมุมครีบวงเดือนทำการทดสอบ 3 ซ้ำ โดยใช้ฟ่อนข้าวทดสอบซ้ำละ 30 กิโลกรัม การเก็บตัวอย่างความสูญเสียจากชุดนวดจะใช้ถุงตาข่ายขนาดใหญ่รองรับบริเวณส่วนท้ายของชุดนวดเพื่อรองรับวัสดุที่ถูกขับออกมาจากช่องขับฟาง แล้วนำมาคัดแยกหาเมล็ดติดรวงและไม่ติดรวง ส่วนเมล็ดที่ลอดผ่านตะแกรงนวดล่างลงมาจะมีถาดรองรับที่แบ่งเป็นช่องตามความยาวของชุดนวดรองรับเมล็ดที่ร่วงลงมาแล้วนำไปทำความสะอาดและสุ่ม 2 กิโลกรัมเพื่อคัดหาเมล็ดแตกหักต่อไป

2.5) ค่าชี้ผลการศึกษา

ค่าชี้ผลการศึกษามีดังนี้

1. ความสูญเสียจากชุดนวด (TL) ได้แก่ อัตราส่วนน้ำหนักของเมล็ดติดรวงและไม่ติดรวงที่ถูกขับทิ้งออกมาจากช่องขับฟางต่อน้ำหนักของเมล็ดที่ได้จากถาดรองรับใต้ตะแกรงนวดหลังทำความสะอาด ดังแสดงในสมการที่ 1

$$TL = [B / (A+B)] \times 100 \quad \ldots (1)$$

เมื่อ TL = ความสูญเสียจากชุดนวด (เปอร์เซ็นต์)

A = น้ำหนักของเมล็ดที่ได้จากถาดรองรับใต้ตะแกรงนวดหลังทำความสะอาด (กรัม)

B = น้ำหนักของเมล็ดติดรวงและไม่ติดรวงที่ถูกขับทิ้งออกมาจากช่องขับฟาง (กรัม)

2. กำลังงานที่ใช้ในการนวด ได้จากเครื่องวัดแรงบิดแล้วนำมาคำนวณหาค่ากำลังงานในการนวด ดังแสดงในสมการที่ 2

$$P = (T \times n \times 2\pi) / 60 \quad \ldots (2)$$

เมื่อ P = กำลังงานที่ใช้ในการนวด (กิโลวัตต์)

T = แรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้า (กิโลนิวตัน-เมตร)

n = ความเร็วรอบของลูกนวด (รอบต่อนาที)

3. ปริมาณเมล็ดแตกหัก ได้แก่ อัตราส่วนน้ำหนักของเมล็ดแตกหักภายหลังการนวด ต่อน้ำหนักของเมล็ดที่ได้จากการสุ่มจากน้ำหนักของเมล็ดที่ได้จากถาดรองรับใต้ตะแกรงนวด ดังแสดงในสมการที่ 3

$$DG = (E/C) \times 100 \quad \ldots (3)$$

เมื่อ DG = ปริมาณเมล็ดแตกหัก (เปอร์เซ็นต์)

E = น้ำหนักของเมล็ดแตกหักภายหลังการนวด (กรัม)

C = น้ำหนักของเมล็ดที่ได้จากการสุ่มจากน้ำหนักของเมล็ดที่ได้จากถาดรองรับใต้ตะแกรงนวด (กรัม)

3. ผลและวิจารณ์

รูปแบบมุมครีบวงเดือนที่ทำการศึกษามีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดระหว่าง 2.34 ถึง 6.95 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีปริมาณเมล็ดแตกหักระหว่าง 0.027 ถึง 0.058 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้กำลังงานในการนวดระหว่าง 18.17 ถึง 20.06 กิโลวัตต์ ดังแสดงในตารางที่ 3

เมื่อพิจารณาความสูญเสียจากชุดนวด พบว่า รูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีมุมครีบวงเดือนเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ 69,

71, 73, 75และ 77 องศาจากแนวเพลาลูกนวด (รูปแบบที่ 1) มีความสูญเสียจากชุดนวดน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 2.34 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ รูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มุมครีบวงเดือนในช่วงช่องป้อน 68 และ 74 องศาจากแนวเพลาลูกนวด และมุมครีบวงเดือนในช่วงท้าย 74, 68 และ 68 องศาจากแนวเพลาลูกนวด (รูปแบบที่ 3) และรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีมุมครีบวงเดือนสม่ำเสมอเท่ากับ 69 องศาจากแนวเพลาลูกนวด (รูปแบบที่ 2) โดยมีค่าความสูญเสียเฉลี่ย 2.59 และ 4.30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนรูปแบบที่ 4, 5 และ 6 มีค่าความสูญเสียจากชุดนวดเท่ากับ 5.39, 4.92 และ 6.95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chuan-udom and Chinsuwan [5] และ Harrison [10] ที่พบว่ามุมครีบวงเดือนมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด

แต่เมื่อพิจาณาในส่วนของกำลังงานในการนวด พบว่า รูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีมุมครีบในช่วงช่องป้อน 60 องศาจากแนวเพลาลูกนวด และมุมครีบวงเดือนในช่วงท้าย 63, 66 และ 70 องศาจากแนวเพลาลูกนวด (รูปแบบที่ 5) ใช้กำลังงานในการนวดน้อยที่สุด (เฉลี่ยเท่ากับ 18.17 กิโลวัตต์) รองลงมาได้แก่ รูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีมุมครีบในช่วงช่องป้อน 60 องศาจากแนวเพลาลูกนวด และมุมครีบวงเดือนในช่วงท้าย 68 องศาจากแนวเพลาลูกนวด (รูปแบบที่ 6) และรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีมุมครีบในช่วงช่องป้อน 60 องศาจากแนวเพลาลูกนวด และมุมครีบวงเดือนในช่วงท้าย 70 องศาจากแนวเพลาลูกนวด (รูปแบบที่ 4) โดยใช้กำลังงานในการนวดเฉลี่ยเท่ากับ 18.99 และ 19.11 กิโลวัตต์ ตามลำดับ ส่วนรูปแบบที่ 1, 2 และ 3 ใช้กำลังงานในการนวดเฉลี่ยเท่ากับ 19.90, 19.71 และ 20.06 กิโลวัตต์ และเมื่อได้พิจารณาปริมาณเมล็ดแตกหัก พบว่า ทุกรูปแบบการปรับมุมครีบวงเดือนมีผลต่อเมล็ดแตกหักน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chuan-udom and Chinsuwan [6] ที่พบว่ามุมครีบวงเดือนมีผลต่อปริมาณเมล็ดแตกหักไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

จากรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่ทำการศึกษาทั้งหมด 6 รูปแบบ เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า รูปแบบการปรับมุมครีบวงเดือนในระดับที่ทำการศึกษาไม่มีผลต่อปริมาณเมล็ดแตกหัก แต่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดและกำลังงานที่ใช้ในการนวดในทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chuan-udom and Chinsuwan [6]

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 2 เมื่อนำเฉพาะรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดและกำลังงานที่ใช้ในการนวดมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาที่ความสูญเสียจากชุดนวด พบว่า รูปแบบที่ 6 มีค่าความสูญเสียจากชุดนวดสูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับรูปแบบที่ 4 โดยที่รูปแบบที่ 1, 2 ,3 และ 5 มีค่าความสูญเสียจากชุดนวดไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาภาพรวมของทั้ง 6 รูปแบบ สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบที่ 1, 2 ,3 และ 5 มีค่าความสูญเสียจากชุดนวดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ แต่รูปแบบที่ 4 และ 6 มีค่าความสูญเสียจากชุดนวดอยู่ในเกณฑ์ที่สูง

หลังจากนั้นเมื่อพิจารณาที่กำลังงานที่ใช้ในการนวด พบว่า รูปแบบที่ 3 ใช้กำลังงานในการนวดสูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับรูปแบบที่ 1 ส่วนรูปแบบที่ 2, 4 และ 6 ใช้กำลังงานการนวดไม่แตกต่างกันทางสถิติ และรูปแบบที่ 5 ใช้กำลังงานในการนวดต่ำที่สุด

เมื่อนำผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างค่าความสูญเสียจากชุดนวดและกำลังงานที่ใช้ในการนวดมาพิจารณาโดยไม่พิจารณาปริมาณเมล็ดแตก พบว่า รูปแบบที่ 2 4 5 และ 6 ไม่เหมาะที่จะนำไปปรับใช้กับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพื่อทำการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เพราะเนื่องจากรูปแบบมุมครีบวงเดือนดังกล่าวจะมีค่าความสูญเสียจากชุดนวดมากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดโดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 768-2544 (ไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์สำหรับความสูญเสียจากชุดนวด) [12] ซึ่งอาจจะส่งผลเสียต่อทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของข้าวไทย แต่เมื่อพิจารณาในด้านกำลังงานที่ใช้ในการนวดแล้ว พบว่า รูปแบบมุมครีบวงเดือนทั้งหมดมีค่ากำลังงานที่ใช้ในการนวดใกล้เคียงกัน โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่ามีค่าความแตกต่างทางสถิติ โดยที่รูปแบบที่ 3 มีค่ากำลังงานที่ใช้ในการนวดค่อนข้างสูงไม่เหมาะที่จะนำไปปรับใช้งานกับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพราะจะทำให้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวทำงานหนักตลอดระยะเวลาที่ทำงานเก็บเกี่ยว ส่งผลทำให้เครื่องยนต์ต้นกำลังต้องใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวนมาก เกิดการสึกหร่อเนื่องจากเครื่องยนต์ทำงานหนัก รวมไปถึงค่าใช้จ่ายเนื่องจากค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและบำรุงรักษาที่จะเกิดขึ้น และรูปแบบที่ 1 และ 2 มีค่ากำลังงานในการนวดใกล้เคียงกัน แต่รูปแบบที่ 1 มีค่าความสูญเสียจากชุดนวดต่ำกว่า

จากข้อมูลข้างต้นเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความสูญเสียจากชุดนวดและกำลังงานที่ใช้ในการนวดแล้ว จึงสามารถสรุปได้ว่า ในการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ควรใช้รูปแบบการปรับมุมครีบวงเดือนที่มีมุมครีบวงเดือนเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ 69, 71, 73, 75และ 77 องศาจากแนวเพลาลูกนวด (รูปแบบที่ 1) เพราะทำให้มีความสูญเสียจากชุดนวดอยู่ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์และกำลังงานที่ใช้ในการนวดอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูงมากนัก เมื่อใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาทีและอัตราการป้อนเท่ากับ 16 ตันต่อชั่วโมง

4. สรุปผลการศึกษา

1. รูปแบบมุมครีบวงเดือนที่ทำการศึกษามีผลต่อปริมาณเมล็ดแตกหักไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดและกำลังงานที่ใช้ในการนวดอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ

2. รูปแบบการปรับมุมครีบวงเดือนของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวสำหรับการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ควรใช้รูปแบบการปรับมุมครีบวงเดือนที่มีมุมครีบวงเดือนเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ 69, 71, 73, 75และ 77 องศาจากแนวเพลาลูกนวด (รูปแบบที่ 1) เพราะทำให้มีความสูญเสียจากชุดนวดไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์และกำลังงานที่ใช้ในการนวดอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูงมากนัก เมื่อใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาทีและอัตราการป้อนเท่ากับ 16 ตันต่อชั่วโมง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่นและศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัย-ขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วินิต ชินสุวรรณ (2553). *การศึกษาและประเมินประสิทธิภาพเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพื่อลดความสูญเสียและเพิ่มศักยภาพในการส่งออก,* รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

[2] วินิต ชินสุวรรณ, สมชาย ชวนอุดม, วสุ อุดมเพทายกุล, วราจิต พะยอม และ ณรงค์ ปัญญา (2542). ความสูญเสียในการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิโดยใช้แรงงานคนและใช้เครื่องเกี่ยวนวด, *วารสารวิจัย มข.,* 4(2), หน้า 4 - 12.

[3] สมชาย ชวนอุดม และ วินิต ชินสุวรรณ (2553). ความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวด. *วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย,* 16(1), หน้า 3 - 8.

[4] ทิวาพร เวียงวิเศษ สมชาย ชวนอุดมและวินิต ชินสุวรรณ (2554). ผลของรูปแบบซี่นวดและมุมเอียงครีบวงเดือนของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด, *KKU Res. J.,* 16(8), หน้า 965 - 972.

[5] Chuan-Udom, S. and Chinsuwan, W. (2009). Threshing unit losses prediction for Thai axial flow rice combine harvester. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America (AMA),* vol. 40(1), pp. 50 – 54.

[6] Chuan-Udom, S. and Chinsuwan, W. (2011). Effects of operating factors of an axial flow rice combine harvester on grain breakage, *Songklanakarin Journal of Science and Technology (SJST),* Mar. – Apr. 2011, vol.33 (2), pp.221-225.

[7] สมชาย ชวนอุดม (2554). รูปแบบการปรับมุมครีบวงเดือนของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวดและกำลังงานในการนวดเมื่อนวดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1, *KKU Res J.,* 16(8), หน้า 973 - 980.

[8] สมชาย ชวนอุดม (2550). การทำนายความสูญเสียจากระบบการนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกน. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[9] Gummert, M., et al. (1992). Performance Evaluation of An IRRI Axial-flow Paddy Thresher, *AMA,* vol. 23(3), pp.47 – 58.

[10] Harrison H.P. (1991). Rotor power and losses of an axial-flow combine, *ASAE*, Jan. – Feb. 1991, vol. 34(1), pp.60 – 64.

[11] สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร. (2554). การนำเข้า-ส่งออก [ออนไลน์]จาก http://www.oae.go.th-/main-.php?filename=index, อ้างเมื่อ 20 ตุลาคม 2554

[12] Thai Industrial Standards Institute. (2002). TISI Standards of Axial Flow Thresher. Ministry of Industry, Bangkok, Thailand. [in Thai]

[13] ทิวาพร เวียงวิเศษ สมชาย ชวนอุดม และ วินิต ชินสุวรรณ (2554). ผลของรูปแบบซี่นวดและมุมเอียงครีบวงเดือนของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด. *KKU Res. J.*, 16(8), หน้า 965 - 972.

[14] คุณนิธิ ด้วงผึ้ง และ สมชาย ชวนอุดม (2555). การศึกษารูปแบบการปรับมุมครีบวงเดือนของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกน, *การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13*, จังหวัดเชียงใหม่

[15] สมชาย ชวนอุดม และ วินิต ชินสุวรรณ (2552) ผลของมุมครีบวงเดือนที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกน, *วารสารวิจัย มข.* 14(3), หน้า 322-330.

ตารางที่ 1 รูปแบบมุมครีบวงเดือนที่ใช้ในการศึกษา

รูปแบบที่	**มุมครีบวงเดือนนับจากช่องป้อน**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	69	71	73	75	77
2	69	69	69	69	69
3	68	74	74	68	68
4	60	60	70	70	70
5	60	60	63	66	70
6	60	60	68	68	68

ตารางที่ 2 ผลสรุปการวิเคราะห์ผลการศึกษารูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีผลต่อสมรรถนะในการนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกน

แหล่งความแปรปรวน	**ความสูญเสียจากชุดนวด**	**ปริมาณเมล็ดแตกหัก**	**กำลังงานในการนวด**
Blocks	0.551ns	1.594 ns	2.275 ns
รูปแบบการปรับมุมครีบวงเดือน	3.987*	0.749 ns	9.816 **

ตารางที่ 3 ผลของรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีผลต่อสมรรถนะในการนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนและการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

รูปแบบที่	ความสูญเสียจากชุดนวดเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณเมล็ดแตกหักเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	กำลังงานในการนวดเฉลี่ย (กิโลวัตต์)
1	2.3420 a	0.0517 a	19.8970 c
2	4.2973 abc	0.0300 a	19.7147 bc
3	2.5940 ab	0.0517 a	20.0607 c
4	5.3890 bc	0.0267 a	19.1087 b
5	4.9243 abc	0.0583 a	18.1673 a
6	6.9457 c	0.0400 a	18.9887 b