

พารามิเตอร์การทำงานของเครื่องเกี่ยวชนิดที่มีผลต่อความสูญเสีย จากชุดหัวเกี่ยว สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

Operating Parameters Affecting Header Losses of Combine Harvesters for Chainat 1 Rice Variety

ชัยยันต์ จันทร์ศิริ (Chaiyan Junsiri)^{1*}

วินิต ชินสุวรรณ (Winit Chinsuwan)²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาพารามิเตอร์การทำงานของเครื่องเกี่ยวชนิดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ผลการศึกษา พบว่า พารามิเตอร์การทำงานของเครื่องเกี่ยวชนิดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยว ประกอบด้วย ความชื้นของเมล็ด (M) ดัชนีลือโน้ม (RI) ความเร็วใบมีดตัด (V) อายุการทำงานของใบมีดตัด (Y) ระยะห่างระหว่างซี่หนวดกึ่ง (R) ความยาวต้นข้าวที่ตัด (H) ผลคูณระหว่างความชื้นของเมล็ดและอายุการทำงานของใบมีดตัด (M*Y) ผลคูณระหว่างความชื้นของเมล็ดและความเร็วใบมีดตัด (M*V) ผลคูณระหว่างอายุการทำงานของใบมีดตัดและดัชนีลือโน้ม (Y*RI) ผลคูณระหว่างอายุการทำงานของใบมีดตัดและความยาวต้นข้าวที่ตัด (Y*H) ผลคูณระหว่างความเร็วใบมีดตัดและดัชนีลือโน้ม (V*RI) ผลกำลังสองของความเร็วใบมีดตัด (V²) และผลกำลังสองของดัชนีลือโน้ม (RI²)

Abstract

The objective of this study was to determine the operating parameters affecting header losses of a rice combine harvester for Chainat 1 rice variety. The results of the study indicate that grain moisture content (M), reel index (RI), cutter bar speed (V), service life of cutterbar (Y), finger spacing (R), stem length (H), product of M and Y (M*Y), product of M and V (M*V), product of Y and RI (Y*RI), product of Y and H (Y*H), product of V and RI (V*RI), V² and RI² were the major parameters affecting the losses.

คำสำคัญ: เครื่องเกี่ยวชนิดข้าว, ความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยว, พารามิเตอร์การทำงาน

Keywords: rice combine harvester, header loss, operating parameter

¹ นักศึกษามัธยมศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

* corresponding author, e-mail: chaiyan_tom@hotmail.com

คำนำ

ข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญมากที่สุดของประเทศ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง (วินิต และคณะ, 2545) การเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพและปริมาณของผลผลิต การใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวในการเก็บเกี่ยวกำลังได้รับความนิยมจากเกษตรกรอย่างแพร่หลายและมีแนวโน้มการใช้เพิ่มมากขึ้น และคาดว่าในปัจจุบันประเทศไทยมีเครื่องเกี่ยวนวดข้าวใช้งานประมาณ 4,000 เครื่อง เกือบทั้งหมดผลิตในประเทศไทยและใช้งานในลักษณะของการรับจ้างเกี่ยวนวด (วินิต และคณะ, 2547)

ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เป็นข้าวพันธุ์ลูกผสมที่นิยมปลูกกันทุกภาคของประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 4.5 ล้านไร่ ผลผลิตราว 3.6 ล้านตันข้าวเปลือก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) จากการศึกษาความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดในการเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวประมาณ 0.64 เปอร์เซ็นต์ ความสูญเสียจากการนวด 0.26 เปอร์เซ็นต์ ความสูญเสียจากการคัดแยกและทำความสะอาด 5.36 เปอร์เซ็นต์ ความสูญเสียรวม 6.25 เปอร์เซ็นต์ (วินิต และคณะ, 2545) ทั้งนี้ความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวมีค่าต่ำเนื่องมาจากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เป็นพันธุ์ลูกผสมเมล็ดร่วงหล่นได้ยากกว่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองหรือข้าวพันธุ์นวดยากจึงทำให้มีความสูญเสียจากการคัดแยกและทำความสะอาดสูงกว่าการเกี่ยว (วินิต และคณะ, 2546) แต่มูลค่าความสูญเสียจากการทำงานของชุดหัวเกี่ยวก็มีค่าหลายร้อยล้านบาทต่อปี โดยที่ความสูญเสียส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานที่มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงเนื่องจากการปรับแต่งเครื่องที่ไม่เหมาะสมต่อสภาพพืชที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งในการปฏิบัติงานของผู้ขับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวมักปรับแต่งเครื่องและหรือใช้ความเร็วในการขับเคลื่อนสูงสุดเท่าที่เครื่องจะสามารถปฏิบัติงานได้ (วินิต และคณะ, 2547) โดยไม่ทราบหรือไม่ตระหนักถึงผลของความสูญเสียจากการทำงานที่เกิดขึ้น ดังนั้น ความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวเป็นความสูญเสียหลักประการหนึ่งของการเกี่ยวเกี่ยวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวด (วินิต และคณะ, 2547) หาก

สามารถลดความสูญเสียจากปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานและปรับแต่งของระบบชุดหัวเกี่ยวของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว ก็จะทำให้ลดความสูญเสียโดยรวมได้เป็นมูลค่าจำนวนมาก

จากข้อมูลงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศพบว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวของเครื่องเกี่ยวนวดในการเกี่ยวเกี่ยวพืชชนิดต่างๆ มีหลายปัจจัย แบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ ปัจจัยเนื่องจากสภาพการทำงานของเครื่องและปัจจัยเนื่องจากสภาพของพืชปัจจัยเนื่องจากสภาพการทำงานของเครื่องประกอบด้วย ความเร็วใบมีดตัด (Hummel and Nave, 1979) คำนวณล้อโน้ม (วินิต และคณะ, 2547) ระยะห่างระหว่างใบมีดตัดกับปลายหัวนวดกึ่ง (Quick, 1999) ระยะห่างระหว่างซี่หัวนวดกึ่ง (Mohammed and Abdoun, 1978) อายุการทำงานของใบมีดตัด (Klenin et al., 1986) และความยาวของต้นข้าวที่ตัด (Siebenmorgen et al., 1994) ในส่วนของปัจจัยเนื่องจากสภาพของพืชประกอบด้วย พันธุ์ข้าว (วินิต และคณะ, 2545) ความชื้นเมล็ด (วินิต และคณะ, 2540) มุมเอียงต้นข้าว (วินิต และคณะ, 2547) และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ เช่น ความหนาแน่นต้นข้าว (Yore et al., 2002) เป็นต้น โดยที่ความสูญเสียเกิดจากการทำงานที่มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงเนื่องจากการปรับแต่งเครื่องที่ไม่เหมาะสมต่อสภาพพืชที่มีความแตกต่างกันตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

Andrews et al. (1993) ศึกษาพารามิเตอร์การทำงานของชุดนวดที่มีต่อความสูญเสียจากการนวดโดยใช้วิธีการสร้างสมการประมาณการความสูญเสียจากระบบการนวด โดยใช้รูปสมการ Second-Order Respond Surface พบว่า อัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง อัตราการป้อน ความชื้นเมล็ด ความเร็วรอบลูกนวด และระยะห่างระหว่างซี่นวดกับตะแกรงนวด มีผลต่อความสูญเสียจากการนวด

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น การลดความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวจำเป็นต้องศึกษาพารามิเตอร์การทำงานที่มีผลต่อความสูญเสีย ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาพารามิเตอร์การทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยว

เพื่อนำไปสู่การสร้างสมการและทำนายความสูญเสียต่อไป

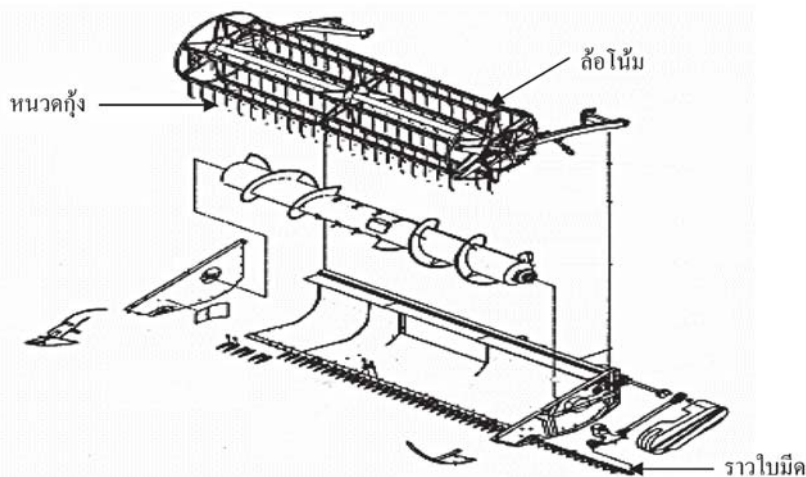
อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการโดยใช้เครื่องเกี่ยวหวดข้าว (รูปที่ 1) ที่มีหน้ากว้าง 3.20 เมตร ระยะจากจุดศูนย์กลางล้อไถมถึงปลายหวดกึ่งเมื่อยึดสุด 0.78 เมตร ล้อไถมและใบมีดตัดสามารถปรับความเร็วการทำงานได้ ชุกล้อไถมสามารถเปลี่ยนราวหวดกึ่งและชุกใบมีดตัดสามารถเปลี่ยนราวใบมีดได้ มีอุปกรณ์ไฮดรอลิกในการช่วยยกหัวเกี่ยวและปรับระยะห่างระหว่างใบมีดตัดกับปลายหวดกึ่ง ต้นกำลังของเครื่องเกี่ยวหวดเป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 157 กิโลวัตต์ (210 กิโลวัตต์)

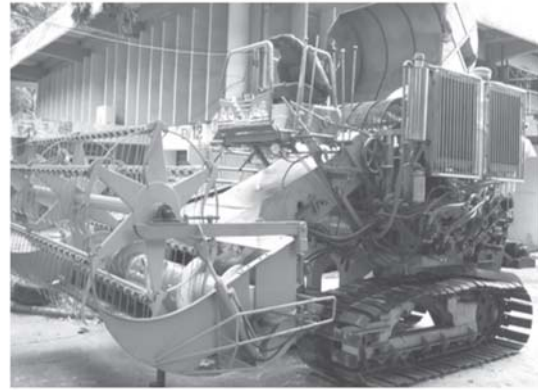
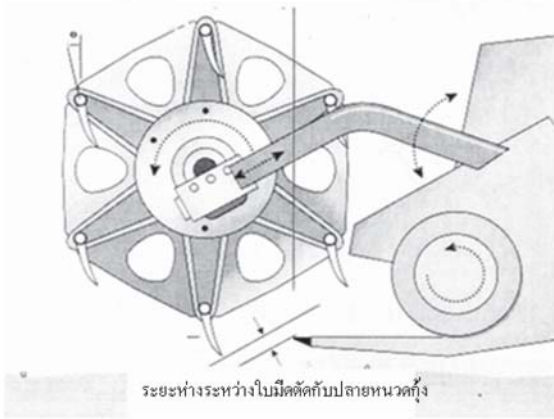
ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาพารามิเตอร์มี 7 ปัจจัย โดยเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญและสามารถปรับค่าได้ในการทดสอบ ประกอบด้วย ปัจจัยเนื่องจากสภาพของพืช คือ ความชื้นเมล็ด ปัจจัยเนื่องจากสภาพการทำงานของเครื่อง คือ ความเร็วใบมีดตัด ดัชนีล้อไถม ระยะห่างระหว่างใบมีดตัดกับปลายหวดกึ่ง ระยะห่างระหว่างซี่หวดกึ่ง อายุการทำงานของใบมีดตัด และความยาวของต้นข้าวที่ตัด ส่วนปัจจัยมุมเอียงต้นข้าว

ในการทดสอบแปรค่าได้ยากในทางปฏิบัติ เนื่องจากต้นข้าวล้มเอียงทำมุมแตกต่างกัน ดังนั้น จึงกำหนดให้มุมเอียงต้นข้าวที่ใช้ศึกษามีค่ามากกว่า 60 องศา ซึ่งเป็นต้นข้าวที่มีสภาพเป็นข้าวต้นตั้งเท่านั้น (Manalili et al., 1981)

ปัจจัยที่ศึกษาได้รับการแปรค่าให้ครอบคลุมค่าที่เหมาะสมและค่าการใช้งานในปัจจุบัน ดังนี้ อายุการทำงานของใบมีดตัดศึกษา 3 ระดับ คือ ผ่านการใช้งานมาแล้ว 50 500 และ 1,000 ไร่ ระยะห่างระหว่างซี่หวดกึ่งศึกษา 3 ระดับ คือ 8 12 และ 16 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างใบมีดตัดกับปลายหวดกึ่งศึกษา 8 ระดับ คือ 10 15 20 25 30 35 40 และ 45 มิลลิเมตร สำหรับความยาวของต้นข้าวที่ตัด ความเร็วใบมีดตัด และดัชนีล้อไถม ได้จากค่าการทำงานจริงที่ทดสอบ โดยให้มีค่าการทดสอบที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ในแต่ละวัน โดยความยาวของต้นข้าวที่ตัดกระจายให้ครอบคลุมในช่วง 30 ถึง 80 เซนติเมตร สำหรับความเร็วใบมีดตัดกระจายให้ครอบคลุมในช่วง 0.15 ถึง 0.70 เมตรต่อวินาที และดัชนีล้อไถมกระจายให้ครอบคลุมในช่วง 1.5 ถึง 8.5 และความชื้นของเมล็ดได้จากสภาพข้าวที่ทำการทดสอบในแต่ละวัน ซึ่งมีความชื้นในช่วง 15.23 ถึง 28.34 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก



รูปที่ 1. เครื่องเกี่ยวหวดข้าวที่ใช้ศึกษาและลักษณะชุกหัวเกี่ยวของเครื่องเกี่ยวหวดข้าว



รูปที่ 1. เครื่องเกี่ยววอดข้าวที่ใช้ศึกษาและลักษณะชุดหัวเกี่ยวของเครื่องเกี่ยววอดข้าว (ต่อ)

จากปัจจัยที่มี 7 ปัจจัย การวางแผนการทดลอง จึงกำหนดให้แต่ละระดับของปัจจัยมีโอกาสได้รับระดับของปัจจัยอื่นกระจายตัวได้มากที่สุดเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ผิวของสมการ โดยให้อายุการทำงานของใบมีดตัดและระยะห่างระหว่างซี่หนวดกึ่งคงที่ในแต่ละวันที่ทดสอบ และความชื้นของเมล็ดใช้สภาพข้าวที่ทดสอบในแต่ละวัน ส่วนความเร็วใบมีดตัด คัดนี้คือ โนม ระยะห่างระหว่างใบมีดตัดกับปลายหนวดกึ่ง และความยาวของต้นข้าวที่ตัด แปรค่าสลับกันในแต่ละการทดสอบ แต่ละการทดลองทำการทดสอบละ 3 ซ้ำ ความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวที่ศึกษาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตรวม โดยผลผลิตรวมมาจากผลรวมของผลผลิตสุทธิ ความสูญเสียจากระบบการนวด และความสูญเสียจากระบบการเกี่ยว โดยทำการเก็บผลผลิตสุทธิในแต่ละการทดสอบที่รองรับเมล็ดเป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 50 เมตร พร้อมทั้งสูบลูกข้าวเปลือกเพื่อใช้หาเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของข้าว เก็บวัสดุที่ถูกขับออกท้ายเครื่องโดยใช้ถุงตาข่ายรองรับวัสดุเพื่อหาเมล็ดที่ถูกขับออกจากระบบการนวดหรือความสูญเสียจากระบบการนวด และเก็บความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวโดยทำการเก็บเมล็ดที่ร่วงตามหน้ากว้างการทำงานจริงของเครื่องเกี่ยววอดข้าว

จากข้อมูลที่ได้นำมาหาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยว โดยใช้โมเดลแบบ Second-Order model หรือความสัมพันธ์ของสมการถดถอย

เชิงเส้นโค้งกำลังสอง ดังแสดงในสมการที่ 1 ซึ่งเป็นโมเดลที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยร่วมหลายปัจจัย และแสดงความสัมพันธ์ทั้งแบบเส้นตรง แบบเส้นโค้งกำลังสอง และแบบปฏิกริยาสัมพันธ์ (Berger and Maurer, 2002) จากโมเดลที่ได้นำมาสร้างสมการถดถอยแล้วพิจารณาตัดพจน์ดีกรีสองในสมการถดถอยที่มีผลต่อตัวแปรตามน้อยที่สุดออกและสร้างสมการถดถอยใหม่อีกครั้งจนกว่าพจน์ดีกรีสองในสมการมีค่าความเชื่อมั่นที่มีผลต่อความสูญเสียไม่น้อยกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นจึงพิจารณาพจน์ดีกรีหนึ่ง ถ้าพจน์ดีกรีหนึ่งมีความสัมพันธ์ร่วมกับพจน์ดีกรีสองที่มีค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ให้พิจารณาตัดพจน์ดีกรีหนึ่งที่มีผลต่อตัวแปรตามน้อยที่สุดออกแล้วทำการสร้างสมการถดถอยใหม่ แล้วพิจารณาตัดพจน์ดีกรีหนึ่งที่มีผลต่อตัวแปรตามน้อยที่สุดออกอีกจนกว่าพจน์ดีกรีหนึ่งที่ไม่มีความสัมพันธ์ร่วมกับพจน์ดีกรีสองมีค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์

$$Y = B_0 + \sum_{(i=1,k)} B_i x_i + \sum_{(i=1,k)} B_{ii} x_i^2 + \sum_{(i<j)} B_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม
 xi , xj = ตัวแปรอิสระใดๆ
 β0 , βi , βii , βij = ค่าคงที่ใดๆ

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 แสดงผลของปัจจัยการทำงานที่มีต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ได้จาก คำนวณน้ำหนัก (RI) ที่ทำการศึกษาในช่วง 1.33 ถึง 8.45 ความเร็วใบมีดตัด (V) มีค่าในช่วง 0.17 ถึง 0.63 เมตรต่อวินาที อายุการทำงานของใบมีดตัด (Y) ผ่านการใช้งานในช่วง 50 ถึง 1,000 ไร่ ระหว่างช่วงระหว่างซี่หนวดกึ่ง (R) ในช่วง 8 ถึง 16 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างใบมีดตัดกับปลายหนวดกึ่ง (C) ในช่วง 10 ถึง 45 มิลลิเมตร ความยาวต้นข้าวที่ตัด (H) ในช่วง 23.22 ถึง 67.56 เซนติเมตร และความชื้นของเมล็ด (M) ในช่วง 15.23 ถึง 28.34 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก

จากตารางที่ 2 พบว่า พารามิเตอร์การทำงานของเครื่องเกี่ยวชนิดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยว (HL) สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มี 13 พจน์ ประกอบด้วย ความชื้นของเมล็ด (M) คำนวณน้ำหนัก (RI) ความเร็วใบมีดตัด (V) อายุการทำงานของใบมีดตัด (Y) ระยะห่างระหว่างซี่หนวดกึ่ง (R) ความยาวต้นข้าวที่ตัด (H) ผลคูณระหว่างความชื้นของเมล็ดและอายุการทำงานของใบมีดตัด (M*Y) ผลคูณระหว่างความชื้นของเมล็ดและความเร็วใบมีดตัด (M*V) ผลคูณระหว่างอายุการทำงานของใบมีดตัดและคำนวณน้ำหนัก (Y*RI) ผลคูณระหว่างอายุการทำงานของใบมีดตัดและความยาวต้นข้าวที่ตัด (Y*H) ผลคูณระหว่างความเร็วใบมีดตัดและคำนวณน้ำหนัก (V*RI) ผลกำลังสองของความเร็วใบมีดตัด (V²) และผลกำลังสองของคำนวณน้ำหนัก (RI²) ดังแสดงในสมการที่ 2 ทุกพารามิเตอร์มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวที่ค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ โดยที่อายุการทำงานของใบมีดตัด (Y) ระยะห่างระหว่างซี่หนวดกึ่ง (R) ความยาวต้นข้าวที่ตัด (H) และความชื้นของเมล็ด (M) มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวอย่างเป็นเส้นตรง ส่วนคำนวณน้ำหนัก (RI) และความเร็วใบมีดตัด (V) มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวอย่างเป็นเส้นโค้งกำลังสองสำหรับระยะห่างระหว่างใบมีดตัดกับปลายหนวดกึ่ง (C) ไม่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

$$HL = (M, Y, R, V, RI, H, M*Y, M*V, Y*RI, Y*H, V*RI, V^2, RI^2) \quad (2)$$

จากพารามิเตอร์การทำงานของเครื่องเกี่ยวชนิดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 สามารถนำไปใช้สร้างสมการประมาณการเพื่อใช้ทำนายความสูญเสียเพื่อที่ผู้ปฏิบัติงานจะใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเกี่ยวชนิดที่เหมาะสมและเกิดความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวน้อยที่สุด

สรุปผลการศึกษา

พารามิเตอร์การทำงานของเครื่องเกี่ยวชนิดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ประกอบไปด้วย คำนวณน้ำหนัก ความเร็วใบมีดตัด อายุการทำงานของใบมีดตัด ระยะห่างระหว่างซี่หนวดกึ่ง ความยาวต้นข้าวที่ตัด ความชื้นของเมล็ด ผลคูณระหว่างความชื้นของเมล็ดและอายุการทำงานของใบมีดตัด ผลคูณระหว่างความชื้นของเมล็ดและความเร็วใบมีดตัด ผลคูณระหว่างอายุการทำงานของใบมีดตัดและคำนวณน้ำหนัก ผลคูณระหว่างอายุการทำงานของใบมีดตัดและความยาวต้นข้าวที่ตัด ผลคูณระหว่างความเร็วใบมีดตัดและคำนวณน้ำหนัก ผลกำลังสองของความเร็วใบมีดตัด และผลกำลังสองของคำนวณน้ำหนัก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยี หลังการเก็บเกี่ยว และศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตร และวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547. รายงานเบื้องต้นการใช้เทคโนโลยีรีโมทเซนซิงและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินผลผลิตข้าวนาปรัง ปี 2547 [ออนไลน์] 2549 [อ้างเมื่อ 30 สิงหาคม

- 2550]. จาก http://www.ldd.go.th/menu_assess/remote/remote_rice47.pdf
- วินิต ชินสุวรรณ สุเนตร โม่งปราณีต และณรงค์ ปัญญา. 2540. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิโดยใช้เครื่องเกี่ยวนา. **วารสารวิจัย มข.** 2(1): 54-63.
- วินิต ชินสุวรรณ สมชายชวนอุดม และวราจิต พยอม. 2545. การประเมินความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าว. **วารสาร สวทท.** 9(1): 14-19.
- วินิต ชินสุวรรณ และคณะ. 2546. ผลของอัตราการป้อนและความเร็วลูกนวดที่มีต่อสมรรถนะการนวดของเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกน. **วารสาร สวทท.** 10(1): 9-14.
- วินิต ชินสุวรรณ นิพนธ์ ป้องจันทร์ สมชายชวนอุดม และวราจิต พยอม. 2547. ผลของดัชนีล้อโน้มที่มีต่อความสูญเสียในการเกี่ยวของเครื่องเกี่ยวนาข้าว. **วารสาร สวทท.** 11(1): 7-9.
- Andrews, S.B., Siebenmorgen, T.J., Vories, E.D., Loewer, D.H. and Mauromoustakos, A. 1993. Effects of Combine Operating Parameters on Harvest Loss and Quality in Rice. **Transactions of the ASAE** 36(6): 1599 - 1607.
- Berger, P.D. and Maurer, R.E. 2002. Experimental Design. CA (USA): Wadsworth Group Belmont.
- Hummel, J.W. and Nave, W.R. 1979. Impact Cutting of Soybean Plants. **Transactions of the ASAE** 22(1): 35-39.
- Klenin, N.I., Popov, I.F. and Sakun, V.A. 1986. **Agricultural Machines: Theory of Operation, Computation of Controlling of Operation.** Russian translations series 31. New Delhi (India): Gidson Printing Works.
- Manalili, I., Ma, J. and Duff, B. 1981. Technical and Economic Factors in Adopting Mechanical Reapers to Small Rice Farms. **Proceeding of the Regional Seminar on : Appropriate Mechanization for Rural Development with Special Reference to Small Farming in the Asean Countries.** Jakarta, Indonesia. January 26-31.
- Mohammed, I.A. and Abdoun, A.H. 1978. Testing MF-400 Combine Harvest under Condition of the Sudan. **Agricultural Mechanization in Asia , Africa and Latin America** 9(2): 39-42.
- Quick, G. 1999. **The Rice Harvester Reference.** RIRDC Rice Research and Development Program. RIRDC Publication No. 99/38.
- Siebenmorgen, T.J., Andrews, S.B. and Counce, P.A. 1994. Relationship of the Height Rice is Cut to Harvesting Test Parameters. **Transactions of the ASAE** 37(1): 67-69.
- Yore, M.W., Jenkins, B.M. and Summers, M.D. 2002. Cutting Properties of Rice Straw. **Presented at the 2002 ASAE Annual International Meeting, Paper number 026154.** ASAE, Chicago, Illinois, USA July 28-July 31.

ตารางที่ 1. ผลของปัจจัยการทำงานที่มีต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ความชื้น เมล็ด (% w.b.)	อายุการ ทำงานของ ใบมีดตัด (rai)	ระยะห่างระหว่างซี่ หนวดกึ่ง (cm)	ระยะห่างระหว่าง ใบมีดตัดกับปลาย หนวดกึ่ง (mm)	ความเร็ว ใบมีดตัด (m/s)	ดัชนีล้อ โน้ม	ความยาว ต้นข้าวที่ ตัด (cm)	ความสูญเสีย จากชุดหัว เกี่ยว (%)
26.21	1,000	12	25	0.42	2.84	37.59	1.14
			15	0.58	3.23	25.89	0.82
			35	0.17	7.07	60.48	2.68
			45	0.33	4.22	63.66	1.07
24.70	1,000	8	10	0.63	4.65	30.40	0.84
			20	0.27	4.84	23.22	1.61
			30	0.53	3.24	45.78	0.44
			40	0.46	2.98	56.70	0.55
15.23	500	16	10	0.20	6.27	41.83	0.76
			20	0.37	3.84	33.34	0.70
			30	0.50	2.43	51.73	0.51
			40	0.58	3.04	61.71	0.95
23.65	500	12	15	0.42	3.37	41.71	0.68
			35	0.22	4.48	63.50	2.02
			25	0.58	4.91	27.66	3.35
			45	0.33	8.45	50.33	1.02
22.78	1,000	8	15	0.33	7.35	43.91	4.64
			25	0.20	3.82	26.22	5.58
			35	0.45	3.15	52.95	4.38
			45	0.58	7.01	45.66	8.78
25.74	50	16	40	0.36	4.63	57.69	1.67
			10	0.25	5.01	40.65	3.44
			20	0.42	3.22	56.48	2.01
			30	0.50	4.44	54.62	3.60
28.34	50	12	15	0.42	3.49	35.63	1.74
			25	0.20	5.35	63.02	2.37
			35	0.58	4.27	29.12	5.22
			45	0.50	3.60	47.94	0.79
22.78	50	8	10	0.33	3.59	33.23	1.48
			20	0.42	2.50	52.59	1.37
			30	0.25	5.01	60.14	1.46
			40	0.58	1.33	29.78	1.79
15.23	1,000	16	30	0.43	3.97	40.60	0.67
			20	0.62	5.39	30.17	1.16
			40	0.47	4.07	56.22	0.97
			10	0.27	5.68	67.12	1.58
20.89	500	12	35	0.50	3.93	44.77	1.12
			25	0.25	5.89	67.56	2.62
			15	0.60	2.96	35.65	1.34
			45	0.43	4.30	53.25	0.84
18.48	1,000	16	10	0.43	5.23	39.86	1.34
			30	0.33	4.67	30.73	3.50
			20	0.60	3.33	58.77	0.99
			40	0.30	5.98	66.67	1.57
24.70	500	8	35	0.63	3.92	44.85	1.32
			15	0.25	6.30	32.62	3.40
			45	0.50	5.35	60.90	0.57
			25	0.35	4.96	65.89	0.80

ตารางที่ 2. พารามิเตอร์การทำงานที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

พจน์	ค่าความเชื่อมั่น (%)
M	99.9
RI	99.9
V	99.5
Y	99.0
R	97.4
H	98.8
M*Y	99.5
M*V	99.9
Y*RI	99.9
Y*H	99.9
V*RI	99.9
V ²	99.9
RI ²	97.7