ปัจจัยการทำงานที่มีผลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าว โดยใช้เครื่องเกี่ยวนวด

Operating Factors Affecting Harvest Losses of Rice Due to Use of Combine Harvester

สมชาย ชวนอุดม[1)]

Somchai Chuan-Udom[1)]

Abstract

This article presented the important of rice combine harvester and the operating of the 3 main components of rice combine harvester causing harvesting losses were the header unit, threshing unit and cleaning unit. The operating factors of the header unit were reel index, cutting speed, age of cutter and grain moisture content. The operating factors of the threshing unit were rotor speed, louver inclination, feed rate, grain moisture content and grain to material other than grain ratio. The operating factors of the cleaning unit were sieve inclination, sieve speed, sieve diameter, air speed, grain moisture content, feed rate and sieve bulk head.

Keyword : harvest losses, combine harvester, operating factor

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอถึงความสำคัญของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวและลักษณะการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวด ที่มีผลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าว ซึ่งมี 3 อุปกรณ์หลัก คือ ชุดหัวเกี่ยว ชุดนวด และชุดทำความสะอาด โดยปัจจัยการทำงานที่สำคัญของชุดหัวเกี่ยวประกอบไปด้วย ดัชนีค้ำโยง ความเร็วใบมีดตัด อายุการทำงานของใบมีดตัด และความชื้นของเมล็ด สำหรับชุดนวดปัจจัยการทำงานที่สำคัญประกอบด้วย ความเร็วลูกนวด มุมครีบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด อัตราการป้อน ความชื้นของเมล็ด และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง ส่วนอุปกรณ์การทำความสะอาด ปัจจัยการทำงานที่สำคัญประกอบด้วย ความลาดเอียงของตะแกรง ความเร็วตะแกรง ขนาดรูตะแกรง ความเร็วลมทำความสะอาด ความชื้นของเมล็ด อัตราการป้อน และความสูงของแผ่นกั้นท้ายตะแกรง

คำสำคัญ : ความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว เครื่องเกี่ยวนวด ปัจจัยการทำงาน

บทนำ

ข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อทั้งเศรษฐกิจ สังคม และการเมืองของไทย การผลิตข้าวมีหลายขั้นตอน การเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพและปริมาณของผลผลิต จากปริมาณการผลิตข้าวที่มีอยู่เป็นจำนวนมากของประเทศไทย หากเกิดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวจะส่งผลต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งในด้านปริมาณและมูลค่าเป็นจำนวนมาก ในปัจจุบันการใช้เครื่องเกี่ยวนวดกำลังได้รับความนิยมจากเกษตรกรอย่างแพร่หลาย และมีการใช้งานขยายไปทุกภูมิภาคของประเทศ ในบางพื้นที่ที่มีแปลงนาขนาดเล็กหรือมีต้นไม้มาก ไม่เหมาะแก่การใช้งานเครื่องเกี่ยวนวด ก็ได้มีการรวมแปลงเพื่อให้เป็นแปลงมีขนาดใหญ่ขึ้นและหรือมีการตัดและขุดต้นไม้ที่อยู่ในนาออก ทั้งนี้เพราะการใช้เครื่องเกี่ยวนวดช่วยให้เกษตรกรลดค่าใช้จ่ายจากวิธีการเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคน นอกจากนี้ ยังเป็นการทำงาน

1) อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

Lecturer, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

Bureau of Rice Research and Development

ที่เบ็ดเสร็จไม่ยุ่งยาก รวดเร็ว และไม่ต้องจัดการภายหลังการเก็บเกี่ยวมากนัก สามารถนำข้าวไปจำหน่ายได้ทันที อีกทั้งเกษตรกรหลายรายมีอาชีพอื่นนอกจากการเพาะปลูกข้าว จึงจำเป็นต้องเร่งรีบเก็บเกี่ยวเพื่อที่จะมีเวลาไปประกอบอาชีพอื่น

ผลพลอยได้อีกด้านหนึ่งจากการใช้เครื่องเกี่ยวนวด คือ ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวจากวิธีเก็บเกี่ยวโดยแรงงานคนอีกประมาณ 9% (วินิตและคณะ, 2542 ; สมชาย, 2543) ทั้งนี้เพราะการเก็บเกี่ยวโดยแรงงานคนต้องมีการตากแผ่ฟ่อนข้าว ถ้าตากนาน ยิ่งทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวลดลง เนื่องจากความแตกต่างที่ค่อนข้างมากของสภาพอากาศในเวลากลางวันและกลางคืนในฤดูเก็บเกี่ยว ส่วนการใช้เครื่องเกี่ยวนวด เกษตรกรนิยมขายข้าวทันทีภายหลังการเก็บเกี่ยว โรงสีที่รับซื้อจะต้องนำข้าวที่มีความชื้นสูงไปอบลดความชื้น ในการอบลดความชื้น เมล็ดข้าวไม่ถูกผลกระทบมากเท่ากับการตากแผ่ในแปลงนา ส่งผลให้ได้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวที่สูงกว่า ในปัจจุบันคาดว่ามีเครื่องเกี่ยวนวดข้าวใช้งานประมาณ 5,000 เครื่อง ภายในประเทศ (วินิตและคณะ, 2550) โดยเกือบทั้งหมดผลิตในประเทศไทย และใช้งานในลักษณะของการรับจ้างเกี่ยวนวดแบบเหมาจ่ายต่อหน่วยพื้นที่

เครื่องเกี่ยวนวดเป็นเครื่องที่มีระบบการทำงานทั้งเกี่ยว นวด และทำความสะอาดอยู่ในเครื่องเดียวกัน ประเทศไทยพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดมาจากเครื่องของต่างประเทศ ชุดหัวเกี่ยวและระบบลำเลียงพัฒนามาจากเครื่องเกี่ยวนวดของประเทศทางแถบตะวันตก โดยนำชิ้นส่วนทั้งของเครื่องเกี่ยวนวด รถยนต์ หรือเครื่องจักรกลต่าง ๆ มาดัดแปลง ส่วนชุดนวดและชุดทำความสะอาดดัดแปลงมาจากเครื่องนวดแบบไหลตามแกนของไทย ซึ่งเป็นการพัฒนาและปรับปรุงมาจากเครื่องนวดแบบไหลตามแกนของสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ประเทศไทยได้พัฒนาและปรับปรุงเครื่องเกี่ยวนวดข้าว (Fig. 1) จนเหมาะกับสภาพการทำงานในประเทศ

สมรรถนะการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยเฉพาะด้านความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว ในการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว ชุดการทำงานที่ส่งผลต่อความสูญเสียของผลผลิตแบ่งออกได้เป็น 3 ชุด คือ ชุดหัวเกี่ยว ชุดนวด และชุดทำความสะอาด ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอถึงลักษณะการทำงานที่ส่งผลต่อความสูญเสียการเก็บเกี่ยวของชุดการทำงานทั้ง 3 ชุด

ปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวด

เครื่องเกี่ยวนวดข้าวเป็นเครื่องที่มีระบบการทำงานทั้งเกี่ยวและนวด รวมทั้งการทำความสะอาดอยู่ภายในเครื่องเดียว ชุดการทำงานหลักที่ทำให้เกิดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวมี 3 ชุด ดังนี้

1. ชุดหัวเกี่ยว ประกอบด้วย ล้อโน้มทำหน้าที่เกาะต้นพืชที่ล้มและ/หรือโน้มต้นพืชที่ตั้งให้เข้ามาหาชุดใบมีด ชุดใบมีดตัดต้นพืชและต้นพืชถูกล้อโน้มส่งต่อมายัง

Fig. 1 Thai designed rice combine harvester

Bureau of Rice Research and Development

Fig. 2 Header operation

เกลียวลำเลียงหน้า เพื่อรวบรวมต้นพืชมายังส่วนกลางของชุดหัวเกี่ยวสำหรับส่งเข้าชุดคอลำเลียง เพื่อกวาดพาต้นพืชส่งต่อไปยังชุดนวด (Fig. 2) จากลักษณะการทำงานดังกล่าว ปัจจัยที่สำคัญของการทำงานของชุดหัวเกี่ยวที่มีผลต่อความสูญเสียจากการเกี่ยวมีดังนี้

- *ดัชนีล้อโน้ม* หรืออัตราส่วนความเร็วเชิงเส้นปลายซี่ล้อโน้มกับความเร็วขับเคลื่อน การเก็บเกี่ยวที่ใช้ดัชนีล้อโน้มต่ำเกินไป ทำให้การกวักข้าวที่ถูกตัดแล้วเข้ามายังชุดหัวเกี่ยวไม่ทัน เกิดการร่วงหล่นก่อนถูกส่งเข้ามายังชุดหัวเกี่ยว และการทำงานที่ใช้ดัชนีล้อโน้มสูงเกินไปส่งผลให้ล้อโน้มกวักตีข้าวมากเกินไป ทำให้เมล็ดข้าวร่วงออกจากรวง จากการศึกษาของวิโรจน์และคณะ (2547) พบว่า ดัชนีล้อโน้มในช่วง 2.5 - 4.5 เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ชัยนาท 1 ทั้งในสภาพข้าวต้นตั้งและต้นล้ม

- *ความเร็วของใบมีดตัด* ในการเก็บเกี่ยว เมื่อใช้ความเร็วของใบมีดต่ำเกินไป ต้นข้าวจะไม่ถูกตัดและถูกชุดใบมีดรวงส่งผลให้เมล็ดร่วงหล่น แต่เมื่อใช้ความเร็วของใบมีดตัดสูงเกินไป จะทำให้ชุดหัวเกี่ยวเกิดการสั่นสะเทือนสูง มีผลให้ต้นข้าวขณะถูกตัดเกิดการสั่นสะเทือนและการร่วงหล่นของเมล็ดเพิ่มขึ้น

- *อายุการทำงานของใบมีดตัด* ใบมีดที่มีอายุการทำงานมาก ความคมของใบมีดจะน้อยกว่าใบมีดที่มีอายุการทำงานน้อย ความคมของใบมีดน้อยทำให้การตัดต้นข้าวไม่ดีนัก บางครั้งทำให้เกิดการรูดรวงและมีผลต่อความสูญเสีย

- *ความชื้นของเมล็ด* เมล็ดที่มีความชื้นสูงจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเมล็ดกับรวงสูงกว่าเมล็ดที่มีความชื้นต่ำ ดังนั้นในขณะเก็บเกี่ยวเมล็ดที่มีความชื้นต่ำจะทำให้เมล็ดร่วงหล่นได้ง่ายกว่าเมล็ดที่มีความชื้นสูง

2. ชุดนวด เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แยกเมล็ดให้หลุดจากฟาง โดยการฟาดตีของลูกนวดและ/หรือหมุนเหวี่ยงข้าวให้ฟาดตีกับตะแกรงนวดเพื่อแยกเมล็ดออกจากรวง เมล็ดที่ถูกนวดแล้วจะออกจากชุดนวด โดยผ่านช่องตะแกรงนวดตกลงไปยังชุดทำความสะอาด ส่วนฟางจะม้วนรอบลูกนวดและไหลตามแกนเพลาลูกนวดตามแนวบังคับของครีบวงเดือนไปออกที่ช่องฟางออก ลักษณะการทำงานของชุดนวดแสดงใน Fig. 3

การทำงานของชุดนวดมีความสำคัญต่อคุณภาพ

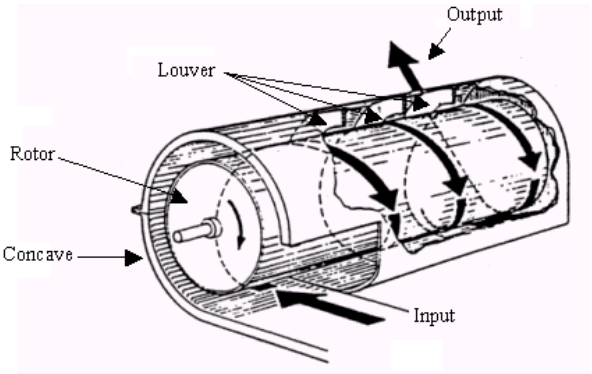

Fig. 3 Principle of axial flow threshing unit operation

Source : Khan (1986)

Bureau of Rice Research and Development

และปริมาณของผลผลิต การนวดที่รุนแรงเกินไปจะทำให้เมล็ดแตกหักเสียหายมาก แต่ถ้าการนวดรุนแรงน้อยเกินไป ก็จะมีผลให้เมล็ดบางส่วนไม่ถูกนวดและอาจทำให้เกิดความสูญเสียสูง โดยการทำงานของชุดนวดมีปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด ดังนี้

- *ความเร็วลูกนวด* ในการนวดข้าว ลูกนวดที่มีความเร็วสูงจะมีความรุนแรงในการนวดสูง ทำให้เมล็ดหลุดออกจากรวงได้ดีกว่าลูกนวดที่มีความเร็วต่ำ แต่จะมีผลให้ปริมาณการแตกหักของเมล็ดมากขึ้น นอกจากนี้ความเร็วสูงของลูกนวดทำให้มีแรงเหวี่ยงภายในชุดนวดสูงเช่นกัน ส่งผลให้เมล็ดที่ถูกนวดแล้วถูกเหวี่ยงให้หลุดผ่านตะแกรงนวดได้ดีกว่าลูกนวดที่มีความเร็วต่ำ

- *มุมครีบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด* ความเร็วของการไหลตามแกนของวัสดุในชุดนวดขึ้นอยู่กับมุมของครีบวงเดือนที่ทำกับแนวเพลาลูกนวด มุมครีบที่มีค่าสูง (เอียงน้อย) ทำให้วัสดุมีความเร็วในการไหลตามแกนได้ช้ากว่ามุมครีบที่มีค่าต่ำ (เอียงมาก) ความเร็วของวัสดุที่มีค่าต่ำทำให้ช่วงเวลาในการถูกนวดและคัดแยกเมล็ดออกจากฟางมากกว่าความเร็วที่มีค่าสูง และมีความสูญเสียในการนวดน้อยกว่า

- *อัตราการป้อน* การเพิ่มอัตราการป้อนเป็นการเพิ่มวัสดุเข้าไปในชุดนวดต่อหน่วยเวลาที่เท่ากัน ส่งผลให้ชุดนวดนวดและคัดแยกเมล็ดออกจากฟางได้ไม่ทั่วถึง มีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดเพิ่มขึ้น

- *ความชื้นของเมล็ด* ความชื้นของเมล็ดสูงทำให้มีความเสียดทานของเมล็ดและฟางสูง และแรงยึดระหว่างเมล็ดกับรวงสูง มีผลให้การนวดและการคัดแยกเมล็ดออกจากฟางในชุดนวดทำได้ยากกว่าข้าวที่มีความชื้นของเมล็ดต่ำ

- *อัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง* อัตราส่วนเมล็ดต่อฟางที่เพิ่มขึ้นเป็นการลดปริมาณฟางที่เข้าไปนวด ส่งผลให้ชุดนวดนวดและคัดแยกเมล็ดออกจากฟางได้ง่ายขึ้น ทำให้ความสูญเสียลดลง

จากการศึกษาของสมชาย (2550) พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ถ้าต้องการให้มีความสูญเสียจากชุดนวดไม่เกิน 1% ควรใช้ความเร็วลูกนวดไม่น้อยกว่า 18 เมตร/วินาที และอัตราการป้อนไม่เกิน 14 ตัน/ชม. ส่วนมุมครีบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวดไม่น้อยกว่า 67 องศา เก็บเกี่ยวที่ความชื้นของเมล็ดไม่เกิน 23 % ฐานเปียก และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางไม่น้อยกว่า 0.80 ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ถ้าต้องการให้มีความสูญเสียจากชุดนวดไม่เกิน 3% ควรใช้ความเร็วลูกนวดไม่น้อยกว่า 18 เมตร/วินาที มุมครีบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวดไม่น้อยกว่า 67 องศา เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดไม่เกิน 24 % ฐานเปียก และใช้อัตราการป้อนไม่เกิน 10 ตัน/ชม.

3. ชุดทำความสะอาด ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ตะแกรงทำความสะอาด (Fig. 4) ทำหน้าที่แยกเศษหรือท่อนฟางให้ออกจากเมล็ดที่ผ่าน

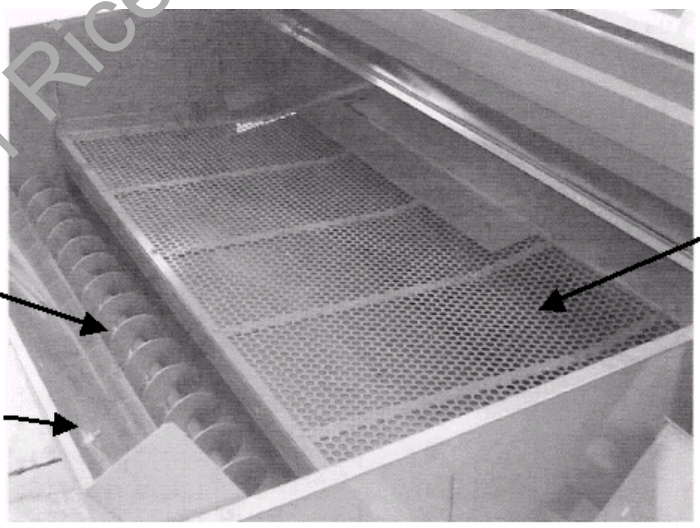

Fig. 4 Cleaning unit

Source : พินัยและคณะ (2546)

Bureau of Rice Research and Development

ตะแกรงนวดลงมาหลังการนวดโดยการเขย่าไป-มา อุปกรณ์นี้ทำงานร่วมกับชุดพัดลมที่อยู่ใต้ตะแกรงทำความสะอาด โดยชุดพัดลมจะเป่าเศษฝุ่น ข้าวลีบ เศษฟาง และสิ่งเจือปนอื่นๆ ที่มีน้ำหนักเบากว่าเมล็ดข้าวเปลือกให้แยกจากเมล็ดออกไปท้ายเครื่องผ่านแผ่นกั้นท้ายตะแกรงทำความสะอาด ส่วนรวงที่ถูกนวดไม่หมดหรือท่อนฟางจะถูกเขย่าจนหลุดออกไปจากตะแกรงทำความสะอาดลงสู่เกลียวลำเลียงเพื่อลำเลียงส่งกลับไปนวดซ้ำ เมล็ดที่ผ่านตะแกรงและพัดลมทำความสะอาดจะร่วงลงไปยังเกลียวลำเลียงผลผลิต เพื่อนำผลผลิตไปบรรจุกระสอบหรือถังเก็บเมล็ดต่อไป ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด มีดังนี้

- *ความลาดเอียงของตะแกรง* ตะแกรงที่มีความลาดเอียงต่ำจะทำให้เมล็ดไหลผ่านตะแกรงเร็วเกินไป ส่งผลให้ความสูญเสียเพิ่มขึ้น ส่วนตะแกรงที่มีความลาดเอียงสูงเกินไปทำให้พื้นที่ของรูตะแกรงในแนวดิ่งที่เมล็ดจะสามารถลอดผ่านได้ลดลง ส่งผลให้เมล็ดลอดผ่านได้ยากขึ้น ความสูญเสียจะเพิ่มขึ้น จากการศึกษาของวินิตและคณะ (2546) พบว่า ตะแกรงทำความสะอาดควรมีความลาดเอียงระหว่าง 8-11 องศา จากแนวระดับ

- *ความเร็วของตะแกรง* ความเร็วของตะแกรงสูงทำให้เมล็ดไหลผ่านตะแกรงได้เร็วกว่าความเร็วของตะแกรงต่ำ ส่งผลให้เมล็ดลอดผ่านตะแกรงได้น้อยกว่า และถูกขับทิ้ง สำหรับความเร็วของตะแกรงที่เหมาะสม คือ 0.58-0.66 เมตร/วินาที (วินิตและคณะ, 2546)

- *ขนาดรูตะแกรง* เมล็ดสามารถลอดผ่านรูตะแกรงขนาดใหญ่ได้ดีกว่าตะแกรงขนาดเล็ก แต่สิ่งเจือปนก็สามารถลอดผ่านได้เช่นกัน ซึ่งจะทำให้มีสิ่งเจือปนเพิ่มในเมล็ด เครื่องเกี่ยวนวดข้าวโดยทั่วไปนิยมใช้รูตะแกรงขนาด 16-19 มม.

- *ความเร็วลมทำความสะอาด* ความเร็วลมสูงถึงแม้จะพัดพาเอาสิ่งเจือปนออกได้ดี ทำให้ผลผลิตที่ได้มีความสะอาดสูง แต่ก็สามารถพัดพาเอาเมล็ดออกได้ดีเช่นกัน ทำให้มีความสูญเสียจากการทำความสะอาดสูง จากการศึกษาของวินิตและคณะ (2541) ควรใช้ความเร็วลมทำความสะอาดระหว่าง 7.5-8.3 เมตร/วินาที

- *ความชื้นของเมล็ด* มีผลต่อความเสียดทานและน้ำหนักของวัสดุ ความชื้นสูงทำให้มีความเสียดทานระหว่างเมล็ดและสิ่งเจือปนสูง รวมทั้งน้ำหนักของวัสดุสูงมีผลทำให้ลมเป่าแยกสิ่งเจือปนและเมล็ดออกได้ยาก ความสูญเสียจะมีค่าต่ำ แต่เปอร์เซ็นต์ความสะอาดก็จะมีค่าต่ำตามไปด้วย

- *อัตราการป้อน* หรือปริมาณผลผลิตที่ถูกทำความสะอาดต่อหน่วยเวลา ที่อัตราการป้อนสูงทำให้การทำความสะอาดไม่ทัน มีเมล็ดล้นออกจากตะแกรงทำความสะอาด และปริมาณเมล็ดที่มากเกินบางส่วนจะไปอุดตันช่องลม ส่งผลให้ความเร็วของลมลดลง ทำให้การสูญเสียเมล็ดที่จะถูกเป่าออกลดลง แต่ปริมาณสิ่งเจือที่จะถูกเป่าออกจากผลผลิตก็จะลดลงตามไปด้วย

- *ความสูงของแผ่นกั้นท้ายตะแกรงทำความสะอาด* อุปกรณ์นี้ทำหน้าที่กั้นวัสดุที่ถูกเป่าออกท้ายตะแกรง แผ่นกั้นท้ายที่สูงจะดักเมล็ดได้ดีกว่าแผ่นกั้นท้ายที่ต่ำ ส่งผลให้มีความสูญเสียจากการทำความสะอาดน้อยกว่า แต่ก็จะดักสิ่งเจือปนที่ถูกเป่าออกได้เช่นกัน และสิ่งเจือปนที่ถูกดักไว้จะตกลงสู่เกลียวลำเลียงกลับไปนวดซ้ำ ถ้าสิ่งเจือปนถูกดักมากจะมีผลให้เกลียวลำเลียงเกิดการติดขัดได้

สรุป

ความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งที่สำคัญในการใช้เครื่องเกี่ยวนวด ผู้ปฏิบัติงานควรมีความรู้ และความชำนาญ ทราบถึงปัจจัยและผลที่มีต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว และปฏิบัติงานตามสภาพของการทำงานตลอดจนความเหมาะสมทั้งของเกษตรกรเองและผู้ที่เกี่ยวข้องด้วย

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยต่างๆ จนเป็นที่มาของความรู้ที่ได้เขียนในบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์, สันธาร นาควัฒนานุกูล, เสริมศักดิ์ หยกอุบล, สมชัย หยกอุบล, เสมอ สุกงาม และ ทองปลิว ตันสงวนวงศ์. 2546. คู่มือการใช้เครื่องนวดข้าวเกษตรพัฒนา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กลุ่มโรงงาน

Bureau of Rice Research and Development

เกษตรพัฒนา. 44 หน้า.

วินิต ชินสุวรรณ, ณรงค์ ปัญญา และศรีสมร ทวีโชคชาญชัย. 2541. การศึกษาปัจจัยสำหรับออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกหอมมะลิในระดับกลุ่มเกษตรกร. วารสารวิจัย มข. 3(2) : 19-30.

วินิต ชินสุวรรณ, นิพนธ์ ป้องจันทร์, สมชาย ชวนอุดม และวราจิต พยอม. 2546. ผลของความลาดเอียงและความเร็วของตะแกรงทำความสะอาดที่มีต่อสมรรถนะการทำความสะอาดของเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกน. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 10(1) : 25-30.

วินิต ชินสุวรรณ, นิพนธ์ ป้องจันทร์, สมชาย ชวนอุดม และวราจิต พยอม. 2547. ผลของดัชนีล้อโน้มที่มีต่อความสูญเสียในการเกี่ยวของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 10(1) : 7-9.

วินิต ชินสุวรรณ, ศิโรรัตน์ พิลาวุธ และนิพนธ์ ป้องจันทร์. 2550. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวเปลือกเมื่อเก็บรักษาในไซโลเหล็ก. วารสารวิจัย มข. 12(2) : 157-166.

วินิต ชินสุวรรณ, สมชาย ชวนอุดม, วสุ อุดมเพทายกุล, วราจิต พยอม และณรงค์ ปัญญา. 2542. ความสูญเสียในการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิโดยใช้แรงงานคนและใช้เครื่องเกี่ยวนวด. วารสารวิจัย มข. 4(2) : 4-7.

สมชาย ชวนอุดม. 2543. การศึกษาความสูญเสียจากระบบการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิโดยแรงงานคนและการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จ.ขอนแก่น.

สมชาย ชวนอุดม. 2550. การทำนายความสูญเสียจากระบบการนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกน. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จ.ขอนแก่น.

Khan, A.U. 1986. The Asian Axial-Flow Threshers. Proceeding of the International Conference on Small Farm Equipment for Developing Countries. USA: McGraw-Hill.

Bureau of Rice Research and Development