



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาผลของปัจจัยการออกแบบชุดขนาดของเครื่องเกี่ยว
นวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด

โดย ผศ.ดร.สมชาย ชวนอุดม และคณะ

มิถุนายน 2555

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาผลของปัจจัยการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยว
นวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด

ผู้วิจัย

สังกัด

1. ผศ.ดร.สมชาย ชวนอุดม มหาวิทยาลัยขอนแก่น หัวหน้าโครงการ
2. รศ.ดร.วินิต ชินสุวรรณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น นักวิจัยที่ปรึกษา

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
และมหาวิทยาลัยขอนแก่น

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: MRG5380275

ชื่อโครงการ: โครงการ การศึกษาผลของปัจจัยการออกแบบชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด

นักวิจัย และสถาบัน: ผศ.ดร.สมชาย ชวนอุดม มหาวิทยาลัยขอนแก่น หัวหน้าโครงการ
รศ.ดร.วินิต ชินสุวรรณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น นักวิจัยที่ปรึกษา

อีเมล: Somchai.chuan@gmail.com

ระยะเวลาโครงการ: 2 ปี (มิถุนายน 2553 ถึง มิถุนายน 2555)

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปัจจัยการออกแบบชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด ประกอบไปด้วย ขนาดลูกนวด ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง จำนวนซี่นวด และความสูงซี่นวด โดยการสุ่มตรวจวัดปัจจัยการออกแบบชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวและความสูญเสียผลผลิตจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ชัยนาท 1 พันธุ์ข้าวละจำนวน 17 เครื่อง ซึ่งผลการศึกษสามารถสรุปได้ดังนี้

1) สมการประมาณการความสูญเสียจากชุดนวดแบบไหลตามแกน เนื่องจากปัจจัยการออกแบบชุดนวดและปัจจัยการทำงานของชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.910 ส่วนการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 สมการประมาณการความสูญเสียจากชุดนวดมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.729

2) ร้อยละของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด พบว่าสำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จำนวนซี่นวด (NT) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ (SC) และ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในดิ่ง (UC) เป็นกลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างมากโดยมี มีค่าเท่ากับร้อยละ 30.43 28.20 และ 27.31 ตามลำดับ ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง (CC) ระยะช่องว่าง

ระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงขึ้นนวด (HT) เป็นกลุ่มของปัจจัยการออกแบบที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างน้อยโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.07 2.58 2.40 และ 1.07 ตามลำดับ

สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับ (SC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่ง (CC) และ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในดิ่ง (UC) เป็นกลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างมากโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 27.54 25.86 20.29 และ 15.27 ตามลำดับ ส่วนจำนวนขึ้นนวด (NT) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงขึ้นนวด (HT) เป็นกลุ่มของปัจจัยการออกแบบที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างน้อยโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.14 1.90 และ 0.22 ตามลำดับ

3) แนวโน้มของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด ในการนวดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ของเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหลตามแกน เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด ระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับ จำนวนขึ้นนวด และความสูงขึ้นนวดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มลดลง ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่ง และระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดมีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด ระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวด จำนวนขึ้นนวด และความสูงขึ้นนวดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มลดลง ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่งมีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

คำหลัก: ชุดนวดแบบไหลตามแกน เครื่องเกี่ยวนวดข้าว ปัจจัยการออกแบบ ความสูญเสียจากชุดนวด

Abstract

Project Code: MRG5380275

Project Title: A Study on the Effects of Threshing Unit Design Factors of Axial Flow Rice Combine Harvesters on Threshing Unit Losses

Investigator: Assist Prof. Dr. Somchai Chuan-udom	Khon Kaen University	Leader
Assoc Prof. Dr. Winit Chinsuwan	Khon Kaen University	Mentor

E-mail Address: Somchai.chuan@gmail.com

Project Period: 2 years (Jun 2010 – Jun 2012)

Abstract: The objective of this research was to study on the effects of threshing unit design factors of Thai axial flow rice combine harvesters on threshing unit losses. These factors include rotor diameter (RD), concave rod clearance (RC), concave clearance (CC), side concave clearance (SC), upper concave clearance (UC), number of peg teeth (NT) and height of peg teeth (HT). The study was undertaken by sampling the design factors of threshing unit of rice combine harvester and the harvesting loss of products during harvesting Khao Dok Mali 105 and Chainat 1 rice varieties which were processed for 17 machines each. The results of the study can be concluded as follows.

1) The coefficients of determination (R^2) obtained from the equations used to estimate losses of threshing units of Thai combine harvesters which were affected by design factors and functioning factors of threshing during harvesting Khao Dok Mali 105 and Chainat 1 rice varieties were 0.910 and 0.729, respectively.

2) For Khao Dok Mali 105 rice variety, it is found that NT, SC and UC were in the group of factors those much rather influences loss of threshing unit which were equal to 30.43%, 28.20%, and 27.31% respectively. Whereas CC, RC, RD and HT were in the group of factors those less influences loss of threshing unit which were equal to 9.07%, 2.58%, 2.40%, and 1.07%, respectively.

For Chainat 1 rice variety, it is found that RC, SC, CC and UC were in the group of factors those much rather influences loss of threshing unit which were equal to 27.54%, 25.86%, 20.29%, and 15.27% respectively. Whereas NT, RD and HT were in the group of factors those less influences loss of ชุคนวด which were equal to 9.14%, 1.90%, and 0.22%, respectively.

3) Increasing RD, RC, SC, NT and HT resulted in a tendency toward decreasing loss of threshing for Khao Dok Mali 105 rice variety. Whilst increasing CC and UC resulted in a tendency toward increasing loss of threshing unit.

For Chainat 1 rice variety, increasing RD, RC, SC, UC, NT and HT resulted in a tendency toward decreasing loss of threshing unit. Whilst increasing CC resulted in a tendency toward increasing loss of threshing unit.

Keyword: Axial flow threshing unit, rice combine harvester, design factor, threshing unit losses

Executive summary

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อประเทศไทยทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ในการผลิตข้าวมีหลายขั้นตอนการเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพและปริมาณของผลผลิต จากปริมาณการผลิตข้าวที่มีอยู่เป็นจำนวนมากหากเกิดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวจะส่งผลกระทบต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจของประเทศทั้งในด้านปริมาณและมูลค่าเป็นจำนวนมาก ในปัจจุบันเครื่องเกี่ยวนวดข้าวกำลังมีบทบาทอย่างมากในการเก็บเกี่ยวของประเทศไทยและมีการใช้งานเพิ่มมากขึ้น คาดว่าปัจจุบันมีเครื่องเกี่ยวนวดใช้งานในประเทศมากกว่า 10,000 เครื่อง โดยเกือบทั้งหมดใช้ชุดนวดแบบไหลตามแกน

ในการใช้งานเครื่องเกี่ยวนวด ความสูญเสียผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งการทำงานของชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนเป็นส่วนที่สำคัญที่มีผลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะความสูญเสียจากการคัดแยกเมล็ดออกจากฟาง และจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองเมล็ดร่วงหล่นได้ง่ายเมื่อสุกแก่หรือข้าวพันธุ์นวดง่ายทำให้มีความสูญเสียจากชุดเกี่ยวสูงกว่าชุดนวด ส่วนข้าวนาปรังหรือข้าวพันธุ์ไม่ไวแสงส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ลูกผสมเมล็ดร่วงหล่นได้ยากกว่าเมื่อสุกแก่หรือข้าวพันธุ์นวดยากกว่าพันธุ์พื้นเมืองให้ความสูญเสียจากชุดนวดสูงกว่าชุดเกี่ยว สาเหตุที่สำคัญของความสูญเสียจากชุดนวดเกิดจากสภาพการทำงานที่มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงเนื่องจากสภาพของพืช การใช้งาน และการปรับแต่งเครื่องที่แตกต่างกัน และปัจจัยการทำงานและการปรับแต่งของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียประกอบด้วย ความเร็วลูกนวด มุม cribwing เดือนจากแนวเพลาลูกนวด ความชื้นของเมล็ด อัตราการป้อน และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง

นอกจากปัจจัยด้านการทำงานและการปรับแต่งแล้วยังมีปัจจัยด้านการออกแบบชุดนวดอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญที่ส่งผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด ถึงแม้ว่าผู้ผลิตเครื่องเกี่ยวนวดในประเทศไทยใช้ชุดนวดแบบไหลตามแกนเหมือนกันแต่มีการออกแบบขนาดและระยะต่างๆ ของชิ้นส่วนภายในชุดนวดแตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยด้านการออกแบบเหล่านี้ส่งผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด และมีการศึกษาค่อนข้างน้อย ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงเน้นการศึกษาปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีผลต่อความสูญเสีย โดยการศึกษาหลายปัจจัยพร้อมกันเพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดมากที่สุด เพื่อที่จะนำไปใช้ในการศึกษาปัจจัยเฉพาะส่วนที่สำคัญต่อไป ซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบชุดนวดที่สามารถลดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดต่อไป

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปัจจัยการออกแบบที่สำคัญ ซึ่งประกอบด้วย ความ ขนาดลูกนวด ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวดิ่ง ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวระดับ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชิ้นนวดในแนวดิ่ง จำนวนชิ้นนวด และความสูงชิ้นนวด ที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด โดยการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดที่มีปัจจัยการออกแบบต่างๆ กัน และเก็บข้อมูลในสภาพการปฏิบัติงานจริง โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

1. เพื่อศึกษาแนวโน้มของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีต่อความสูญเสีย
2. เพื่อหาร้อยละของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีผลต่อความสูญเสีย
3. เพื่อพัฒนาสมการประมาณการความสูญเสียจากชุดนวดแบบไหลตามแกนเนื่องจากปัจจัยการออกแบบชุดนวด

ในส่วนของวิธีการดำเนินการศึกษา พิจารณาเลือกปัจจัยสำคัญที่ทำการศึกษาก่อนปัจจัยการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหลตามแกนประกอบไปด้วย ขนาดลูกนวด ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวดิ่ง ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวระดับ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชิ้นนวดในแนวดิ่ง จำนวนชิ้นนวด และความสูงชิ้นนวด ส่วนปัจจัยด้านการทำงานซึ่งใช้ประกอบในสมการประมาณการความสูญเสียประกอบด้วย ความเร็วลูกนวด ความชื้นของเมล็ด อัตราการป้อน อัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง และมุมครีบบงเคียนจากแนวเพลาลูกนวด โดยปัจจัยด้านการทำงานเก็บข้อมูลในสภาพการทำงานจริงตลอดในช่วงฤดูเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นผลจากสภาพการทำงานจริงของเครื่องเกี่ยวนวด

จากปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนมาก ถ้าใช้แผนการทดลองแบบปกติทั่วไปต้องใช้แปลงทดลองที่มีขนาดใหญ่และเสียค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง รวมถึงปัญหาในการจัดการตัวอย่างให้แล้วเสร็จภายในวันที่ทดสอบเพื่อไม่ให้ตัวอย่างเปลี่ยนแปลงสภาพมากเกินไป อีกทั้งเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหลตามแกนที่ผลิตในประเทศไทยได้มีการพัฒนาและปรับปรุงจนเหมาะกับสภาพการทำงานในการเก็บเกี่ยวข้าวในประเทศ แต่ยังมีรูปแบบระยะและขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ แตกต่างกัน จากข้อจำกัดที่กล่าวมาข้างต้นและสภาพเครื่องเกี่ยวนวดที่งานในประเทศ จึงใช้แผนการทดลองแบบสุ่ม โดยการสุ่มตรวจวัดปัจจัยการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดที่มีปัจจัยการออกแบบต่างๆ แตกต่างกัน จากนั้นจึงจะทำการเก็บข้อมูลสภาพการทำงานและความสูญเสียจากชุดนวด โดยการสุ่มตรวจวัดเครื่องเกี่ยวนวดข้าวนิยมรับเข้าไปปรับจ้างเกี่ยวนวดในเขตทุ่งกุลาร้องไห้สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพื้นที่ชลประทานในเขตจังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 พันธุ์ข้าวละ 17 เครื่อง

จากข้อมูลที่ได้นำมาหาปัจจัยการออกแบบและการทำงานที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด โดยการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณ (multiple linear regression) เป็นสมการประมาณการความสูญเสียจากชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกน และจากสมการนี้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อหาอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด รวมทั้งการวิเคราะห์แนวโน้มของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่มีต่อความสูญเสียผลผลิตจากชุดนวดโดยการสร้างกราฟความสัมพันธ์

ซึ่งจากผลการศึกษาทั้งหมดนี้สามารถสรุปผลพอสังเขปได้ดังนี้

1) สมการประมาณการความสูญเสียจากชุดนวดแบบไหลตามแกน เนื่องจากปัจจัยการออกแบบชุดนวดและปัจจัยการทำงานของชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.910 ส่วนการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 สมการประมาณการความสูญเสียจากชุดนวดมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.729

2) ร้อยละของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด พบว่าสำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จำนวนชิ้นนวด (NT) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวระดับ (SC) และ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชิ้นนวดในดิ่ง (UC) เป็นกลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างมาก โดยมี ค่าเท่ากับร้อยละ 30.43 28.20 และ 27.31 ตามลำดับ ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวดิ่ง (CC) ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงชิ้นนวด (HT) เป็นกลุ่มของปัจจัยการออกแบบที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างน้อย โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.07 2.58 2.40 และ 1.07 ตามลำดับ

สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวระดับ (SC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวดิ่ง (CC) และ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชิ้นนวดในดิ่ง (UC) เป็นกลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างมาก โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 27.54 25.86 20.29 และ 15.27 ตามลำดับ ส่วนจำนวนชิ้นนวด (NT) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงชิ้นนวด (HT) เป็นกลุ่มของปัจจัยการออกแบบที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างน้อย โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.14 1.90 และ 0.22 ตามลำดับ

3) แนวโน้มของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด ในการนวดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ของเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหลตามแกน เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด ระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวระดับ จำนวนชิ้นนวด และความสูงชิ้นนวดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มลดลง ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวดิ่ง และระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชิ้นนวดมีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด ระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชั้นนวดในแนวระดับ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชั้นนวด จำนวนชั้นนวด และความสูงชั้นนวดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มลดลง ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชั้นนวดในแนวดิ่งมีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนวิจัยในโครงการนี้ ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตร และวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ที่สนับสนุนครุภัณฑ์ อุปกรณ์ และบุคลากรช่วยในการวิจัย และสุดท้าย ขอขอบคุณนักวิจัยที่ปรึกษาที่สนับสนุน และช่วยเหลือในโครงการวิจัยนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	III
Executive summary	V
กิตติกรรมประกาศ	IX
สารบัญ	X
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
วิธีการดำเนินการศึกษา	6
ผลการศึกษา	9
1. การศึกษาปัจจัยการออกแบบและการทำงานของชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105	10
2. การวิเคราะห์แนวโน้มของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีต่อความสูญเสีย เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105	15
3. การศึกษาปัจจัยการออกแบบและการทำงานของชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1	25
4. การวิเคราะห์แนวโน้มของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีต่อความสูญเสีย เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1	29
สรุปผลการศึกษา	40
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต	42
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	47
ภาคผนวก ก สภาพข้าวและความสูญเสียจากชุดนวด จากการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105	48
ภาคผนวก ข สภาพข้าวและความสูญเสียจากชุดนวด จากการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1	51

X

โครงการ

การศึกษาผลของปัจจัยการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว แบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “การศึกษาผลของปัจจัยการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด” ฉบับนี้ ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยการวิจัยในครั้งนี้ได้นับศึกษาปัจจัยการออกแบบที่สำคัญของชุดนวดแบบไหลตามแกนของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่มีผลต่อความสูญเสีย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและหรือศึกษาต่อในภายหลังให้ทราบและเข้าใจอย่างลึกซึ้งในระบบการนวดแบบไหลตามแกนที่เป็นเอกลักษณ์ของเครื่องเกี่ยวนวดไทย โดยมีผลการวิจัย มีสาระดังนี้

บทนำ

ข้าวเป็นธัญพืชที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อประชากรส่วนใหญ่ของโลกรวมทั้งประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศผู้ผลิตข้าวรายใหญ่มิพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งหมดประมาณ 66 ถึง 67 ล้านไร่ ผลผลิตราว 28 ถึง 30 ล้านตันข้าวเปลือก คิดเป็นมูลค่าประมาณ 200,000 ล้านบาท ทั้งยังส่งออกทำรายได้เข้าสู่ประเทศราวหนึ่งแสนล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) และข้าวยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อประเทศไทยทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง

ข้าวมีการผลิตหลายขั้นตอนการเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพและปริมาณของผลผลิต จากปริมาณการผลิตข้าวที่มีอยู่เป็นจำนวนมากหากเกิดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวจะส่งผลกระทบต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจของประเทศทั้งในด้านปริมาณและมูลค่าเป็นจำนวนมาก ในปัจจุบันเครื่องเกี่ยวนวดข้าวกำลังมีบทบาทอย่างมากในการเก็บเกี่ยวของประเทศไทยและมีการใช้งานเพิ่มมากขึ้น คาดว่าปัจจุบันมีเครื่องเกี่ยวนวดใช้งานในประเทศมากกว่า 10,000 เครื่อง (วินิต ชินสุวรรณ, 2553)

เครื่องเกี่ยวนวดเป็นเครื่องที่มีระบบการทำงานทั้งเกี่ยวและนวดอยู่ในเครื่องเดียว ประเทศไทยพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดมาจากเครื่องของต่างประเทศ ชุดหัวเกี่ยวและระบบลำเลียงพัฒนามาจากเครื่อง

เกี่ยววนวดของประเทศทางแถบตะวันตก โดยนำชิ้นส่วนทั้งของเครื่องเกี่ยววนวด รถยนต์หรือเครื่องจักรกลต่าง ๆ มาดัดแปลง ส่วนชุดนวดและชุดทำความสะอาดดัดแปลงมาจากเครื่องนวดแบบไหลตามแกนของไทยซึ่งเป็นการพัฒนาและปรับปรุงมาจากเครื่องนวดแบบไหลตามแกนของสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) (จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ, 2544) ประเทศไทยได้พัฒนาและปรับปรุงเครื่องเกี่ยววนวดข้าวจนเหมาะสมกับสภาพการทำงานในประเทศ และเป็นเครื่องเกี่ยววนวดข้าวที่มีลักษณะเฉพาะสำหรับประเทศไทย ซึ่งแตกต่างจากเครื่องเกี่ยววนวดจากประเทศแถบตะวันตก และแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยเฉพาะในส่วนของคุณวนวด

จากการประเมินความสูญเสียจากการเกี่ยวเกี่ยวข้าวนาปรังโดยใช้เครื่องเกี่ยววนวดของ วินิต ชินสุวรรณ และคณะ (2545) พบว่า มีความสูญเสียในขณะเกี่ยวเกี่ยวเฉลี่ยโดยรวม 6.25 เปอร์เซ็นต์ กวาร์้อยละ 85 หรือ 5.36 เปอร์เซ็นต์ เป็นความสูญเสียที่เกิดจากการคัดแยกและทำความสะอาด ซึ่งเป็นความสูญเสียที่ค่อนข้างสูง ส่วนความสูญเสียจากการเกี่ยวและการนวดเฉลี่ยเท่ากับ 0.64 และ 0.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลของความสูญเสียแตกต่างจากการเกี่ยวเกี่ยวโดยใช้เครื่องเกี่ยววนวดสำหรับข้าวหอมมะลิที่มีความสูญเสียส่วนใหญ่เกิดจากการเกี่ยว โดยมีความสูญเสียระหว่าง 2.00 ถึง 3.43 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา เป็นความสูญเสียจากการคัดแยกและทำความสะอาด 1.35 ถึง 1.60 เปอร์เซ็นต์ และความสูญเสียจากการนวดมีค่าน้อยมากระหว่าง 0.0062 ถึง 0.0215 เปอร์เซ็นต์ (วินิต ชินสุวรรณ และคณะ, 2542; วินิต ชินสุวรรณ และคณะ, 2543; วินิต ชินสุวรรณ และคณะ, 2544; สมชาย ชวนอุดม, 2543) ทั้งนี้เนื่องมาจากข้าวหอมมะลิเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองเมล็ดร่วงหล่นได้ง่ายเมื่อสุกแก่หรือข้าวพันธุ์นวดง่ายจึงทำให้มีความสูญเสียจากการเกี่ยวสูงกว่าการคัดแยกและทำความสะอาด ส่วนข้าวนาปรังหรือข้าวพันธุ์ไม่ไวแสงส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ลูกผสมเมล็ดร่วงหล่นได้ยากกว่าเมื่อสุกแก่หรือข้าวพันธุ์นวดยากกว่าพันธุ์พื้นเมืองจึงทำให้มีความสูญเสียจากการคัดแยกและทำความสะอาดสูงกว่าการเกี่ยว ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าความสูญเสียจากการคัดแยกและทำความสะอาดเป็นความสูญเสียที่สำคัญประการหนึ่งของเครื่องเกี่ยววนวด (วินิต ชินสุวรรณ และคณะ, 2547; วินิต ชินสุวรรณ และคณะ, 2546a; วินิต ชินสุวรรณ และคณะ, 2546b; วินิต ชินสุวรรณ และคณะ, 2546c)

จากการศึกษาเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกนของ วินิต ชินสุวรรณ และคณะ (2546a; 2546b; 2546d) วราจิต พยอม (2545) วิชา มั่นทำการ และคณะ (2537) Kradangnga et al (1991) และการศึกษาเครื่องเกี่ยววนวดข้าวแบบไหลตามแกนของ Manthamkan et al (1992) พบว่า ความสูญเสียส่วนใหญ่เกิดจากการคัดแยกเมล็ดให้ออกจากฟางในชุดนวด ส่วนความสูญเสียจากการทำความสะอาดมีค่าน้อย ซึ่งความสูญเสียในส่วนนี้สามารถปรับให้ลดลงได้โดยการปรับปริมาณและความเร็วลมได้ตามความเหมาะสม (วินิต ชินสุวรรณ และคณะ, 2541; Han, et al, 1999; Streicher, et al, 1986) จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้นนี้สามารถชี้ได้ว่าการทำงานของชุดนวดของเครื่องเกี่ยววนวดข้าวแบบไหลตามแกนเป็นส่วนที่

สำคัญที่มีผลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดเป็นอย่างมากโดยเฉพาะความสูญเสียจากการคัดแยกเมล็ดออกจากฟาง

ความสูญเสียจากการนวดและจากการคัดแยกเมล็ดออกจากฟางเป็นความสูญเสียที่เกิดจากชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดที่ทำการนวดและแยกเมล็ดที่ถูกนวดและหลุดออกจากรวงแล้วให้ออกจากฟางได้ไม่ดี จึงทำให้มีเมล็ดบางส่วนติดรวงและเมล็ดที่หลุดออกจากรวงแล้วปะปนและไหลออกไปพร้อมกับฟางที่ช่องขับฟาง สาเหตุที่สำคัญของความสูญเสียในส่วนนี้เกิดจากสภาพการทำงานที่มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงเนื่องจากสภาพของพืช การใช้งานและการปรับแต่งเครื่องที่แตกต่างกัน (วินิต ชินสุวรรณ, 2549) จากการศึกษาปัจจัยการทำงานและการปรับแต่งของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนของ สมชาย ชวนอุดม และวินิต ชินสุวรรณ (2550) พบว่า ความเร็วลูกนวด มุมครีบบงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด ความชื้นของเมล็ด อัตราการป้อน และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดสำหรับข้าวหอมมะลิ ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ปัจจัยการทำงานและการปรับแต่งชุดนวดที่มีผลต่อความสูญเสียประกอบด้วย ความเร็วลูกนวด มุมครีบบงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด ความชื้นของเมล็ด และอัตราการป้อน

นอกจากปัจจัยด้านการทำงานและการปรับแต่งแล้วยังมีปัจจัยด้านการออกแบบชุดนวดอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญที่ส่งผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด ถึงแม้ว่าผู้ผลิตเครื่องเกี่ยวนวดในประเทศไทยใช้ชุดนวดแบบไหลตามแกนเหมือนกันแต่มีการออกแบบขนาดและระยะต่างๆ ของชิ้นส่วนภายในชุดนวดแตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยด้านการออกแบบเหล่านี้ส่งผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด จากการศึกษาของ วินิต ชินสุวรรณ และคณะ (2546a) ศึกษาผลของความเอียงของแถบขึ้นนวดและระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนสำหรับข้าวหอมมะลิที่มีต่อความสูญเสีย พบว่า ความเอียงของแถบขึ้นนวดไม่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด แต่แถบขึ้นนวดแบบตรงสร้างได้ง่ายกว่า ส่วนระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดควรใช้ในช่วง 17 ถึง 20 มิลลิเมตร วินิต ชินสุวรรณ และคณะ (2547) ศึกษา ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด สำหรับเครื่องเกี่ยวนวดในการเก็บเกี่ยวข้าวเหนียว พบว่า ควรใช้ระยะช่องว่าง 17 ถึง 22 มิลลิเมตร

จากการศึกษาที่ผ่านมาเน้นศึกษาเฉพาะปัจจัยด้านการทำงานของชุดนวด ส่วนปัจจัยที่สำคัญคือปัจจัยด้านการออกแบบชุดนวดแบบไหลตามแกนที่ผ่านมาเป็นการศึกษาเฉพาะในส่วนองระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด และความเอียงของแถบขึ้นนวด แต่ยังมีปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญอีกหลายปัจจัยที่ยังไม่มีการศึกษา หรือมีการศึกษาค่อนข้างน้อย คือ ความยาวชุดนวด ขนาดลูกนวด ระยะห่างระหว่างปลายขึ้นนวดกับตะแกรงนวดล่าง พื้นที่ช่องว่างของตะแกรงนวดล่าง จำนวนซี่นวด และความสูงขึ้นนวด ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจมีผลอย่างรุนแรงต่อความสูญเสียจากชุดนวดแบบไหลตามแกนสำหรับการเก็บเกี่ยวข้าวในประเทศไทย นอกจากนี้ในการศึกษาที่ผ่านมาเป็นการศึกษาแยกเฉพาะ

ปัจจัยหนึ่งๆ เท่านั้น ซึ่งปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษาอาจมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดไม่มากนักหรือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดไม่สำคัญที่สุด

จากปัญหาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ประกอบกับในปัจจุบันการใช้เครื่องเกี่ยวนวดกำลังแพร่หลายไปทุกภูมิภาคของประเทศและมีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งปริมาณการผลิตข้าวของประเทศไทยที่มีเป็นจำนวนมาก ถ้าสามารถลดความสูญเสียจากชุดนวดก็จะทำให้ลดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวโดยรวมได้เป็นมูลค่าจำนวนมาก ซึ่งปัจจัยด้านการออกแบบชุดนวดแบบไหลตามแกนยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อยและเป็นการศึกษาเฉพาะปัจจัย ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงเน้นการศึกษาปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีผลต่อความสูญเสีย โดยการศึกษาหลายปัจจัยพร้อมกันเพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดมากที่สุด เพื่อที่จะนำไปใช้ในการศึกษาปัจจัยเฉพาะส่วนที่สำคัญต่อไป (โครงการวิจัยต่อไป) ซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบชุดนวดที่สามารถลดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดต่อไป

วัตถุประสงค์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปัจจัยการออกแบบที่สำคัญ ซึ่งประกอบด้วย ความขนาดลูกนวด ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่ง ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่ง จำนวนขึ้นนวด และความสูงขึ้นนวด ที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด โดยทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดที่มีปัจจัยการออกแบบต่างๆ กัน และเก็บข้อมูลในสภาพการปฏิบัติงานจริง โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

- 5.1 เพื่อศึกษาแนวโน้มของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีต่อความสูญเสีย
- 5.2 เพื่อหาร้อยละของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีผลต่อความสูญเสีย
- 5.3 เพื่อพัฒนาสมการประมาณการความสูญเสียจากชุดนวดแบบไหลตามแกนเนื่องจากปัจจัยการออกแบบชุดนวด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ภายหลังการศึกษาคาดว่าจะได้ข้อมูลของแนวโน้มและร้อยละของ ความยาวชุดนวด ขนาดลูกนวด ระยะห่างระหว่างปลายขึ้นนวดกับตะแกรงนวดล่าง พื้นที่ช่องว่างของตะแกรงนวดล่าง จำนวนขึ้นนวด และความสูงขึ้นนวด ที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด รวมทั้งสมการประมาณการความสูญเสีย ซึ่งผลที่ได้สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการศึกษาปัจจัยเฉพาะส่วนที่สำคัญต่อไป (โครงการวิจัยต่อไป) ซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบชุดนวดที่สามารถลดความสูญเสียจากการเกี่ยวข้าวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดต่อไป

นอกจากนี้ผลงานวิจัยที่ได้คาดว่าจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ คือ Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA)

วิธีการดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้จะเน้นศึกษาปัจจัยการออกแบบที่ใช้กับชุดขนาดแบบไหลตามแกนที่มีใช้โดยทั่วของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวที่ผลิตในประเทศไทย และเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นผลจากสภาพการทำงานจริงของเครื่องเกี่ยวขนาดจึงจะใช้ข้อมูลการทดสอบความสูญเสียจากเครื่องเกี่ยวขนาดในสภาพสนาม ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินงานบรรลุวัตถุประสงค์ จึงกำหนดระเบียบวิธีวิจัยดังนี้

1) การศึกษาชุดขนาดแบบไหลตามแกน

ทำการศึกษาคือข้อมูลของชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวขนาดและเครื่องเกี่ยวขนาดเพิ่มเติมจากทั้งในประเทศและต่างประเทศ

2) เตรียมอุปกรณ์ทดสอบและยานพาหนะ

ได้แก่ อุปกรณ์รองรับวัสดุที่ถูกขับออกมาจากช่องขับฟาง ตารางสุ่มเก็บความสูญเสียจากการเกี่ยว ถูบบรรจุเมล็ดและฟาง และอื่น รวมทั้งการติดต่อยานพาหนะ ที่פקที่จะเก็บข้อมูลในต่างจังหวัดและแรงงานช่วยเก็บข้อมูล

3) สำรวจพื้นที่ที่จะทำการทดสอบเครื่องเกี่ยวขนาด

โดยการสำรวจพื้นที่ที่เครื่องเกี่ยวขนาดข้าวนิยมรับเข้าไปปรับจ้างเกี่ยวขนาด เช่น ทุ่งกุลาร้องไห้สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพื้นที่ชลประทานในเขตจังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 กำหนดช่วงเวลาการทดสอบเก็บข้อมูล และติดต่อสอบถามผู้ประกอบการเกี่ยวขนาดข้าว

4) การพิจารณาเลือกปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

ปัจจัยสำคัญที่จะทำการศึกษาคือปัจจัยการออกแบบชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวขนาดแบบไหลตามแกนประกอบไปด้วย ขนาดลูกกวอด ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงขนาด ระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดล่างกับปลายซี่ขนาดในแนวดิ่ง ระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดล่างกับปลายซี่ขนาดในแนวระดับ ระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดบนกับปลายซี่ขนาดในแนวดิ่ง จำนวนซี่ขนาด และความสูงซี่ขนาด ส่วนปัจจัยด้านการทำงานซึ่งใช้ประกอบในสมการประมาณการความสูญเสียประกอบด้วย ความเร็วลูกกวอด ความชื้นของเมล็ด อัตราการป้อน อัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง และมุมครีบริบวงเคือนจากแนวเพลาลูกกวอด โดยปัจจัยด้านการทำงานเก็บข้อมูลในสภาพการทำงานจริงตลอดในช่วงฤดูเกี่ยวเกี่ยว

5) การวางแผนการทดสอบ

จากปัจจัยการออกแบบชุดขนาดที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนมาก ถ้าใช้แผนการทดลองแบบปกติทั่วไปต้องใช้แปลงทดลองที่มีขนาดใหญ่และเสียค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง รวมถึงปัญหาใน

การจัดการตัวอย่างให้แล้วเสร็จภายในวันที่ทดสอบเพื่อไม่ให้ตัวอย่างเปลี่ยนแปลงสภาพมากเกินไป อีกทั้งเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหลตามแกนที่ผลิตในประเทศไทยได้มีการพัฒนาและปรับปรุงจนเหมาะสมกับสภาพการทำงานในการเก็บเกี่ยวข้าวในประเทศ แต่ยังมีการออกแบบระยะและขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ แตกต่างกัน จากข้อจำกัดที่กล่าวมาข้างต้นและสภาพเครื่องเกี่ยวนวดที่งานในประเทศ จึงใช้แผนการทดลองแบบสุ่ม โดยการสุ่มตรวจวัดปัจจัยการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดที่มีปัจจัยการออกแบบต่างๆ แตกต่างกัน จากนั้นจึงจะทำการเก็บข้อมูลการทำงานและความสูญเสียจากชุดนวด โดยจะทำการศึกษาไม่น้อยกว่า 15 เครื่อง

6) การทดสอบเครื่องเกี่ยวนวด

โดยจะดำเนินการเก็บข้อมูลความสูญเสียจากชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนยี่ห้อต่างๆ (ดังแสดงในภาพที่ 1) ที่มีการออกแบบภายในชุดนวดแตกต่างกันไม่น้อยกว่า 15 คัน พร้อมทั้งวัดการออกแบบภายในของชุดนวดที่สำคัญ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และปัจจัยการทำงานของชุดนวดที่สำคัญได้แก่ ความเร็วลูกนวด มุมกรีดวงเดือน ความชื้นของเมล็ด อัตราการป้อน และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง (สมชาย ชวนอุดม และวินิต ชินสุวรรณ, 2550) โดยมีค่าชี้ผลคือ ความสูญเสียจากชุดนวด



ภาพที่ 1 การเก็บตัวอย่างความสูญเสียจากชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

7) การสร้างสมการประมาณการความสูญเสียจากชุดนวด

จากข้อมูลที่ได้นำมาหาปัจจัยการออกแบบและการทำงานที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด โดยการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณ (multiple linear regression) ดังแสดงในสมการที่ 1

$$Y = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + \dots + A_nX_n \quad \dots(1)$$

เมื่อ Y = ความสูญเสียจากชุดนวด
 $X_1, X_2, \dots, X_n$ = ปัจจัยการออกแบบชุดนวดและการทำงาน
 $A_0, A_1, \dots, A_n$ = ค่าคงที่ใดๆ

8) การวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่มีต่อความสูญเสีย

จากสมการผลของปัจจัยการออกแบบชุดนวดและการทำงานที่มีผลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว (ข้อ 7) นำมาวิเคราะห์เพื่อหาอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดเพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดที่สำคัญและหรือการสร้างชุดนวดต่อไปในอนาคต

9) การวิเคราะห์แนวโน้มของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่มีต่อความสูญเสีย

จากสมการผลของปัจจัยการออกแบบชุดนวดและการทำงานที่มีผลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว (ข้อ 7) นำมาวิเคราะห์แนวโน้มโดยการสร้างกราฟความสัมพันธ์เพื่อพิจารณาลักษณะของแนวโน้มที่มีผลต่อความสูญเสีย

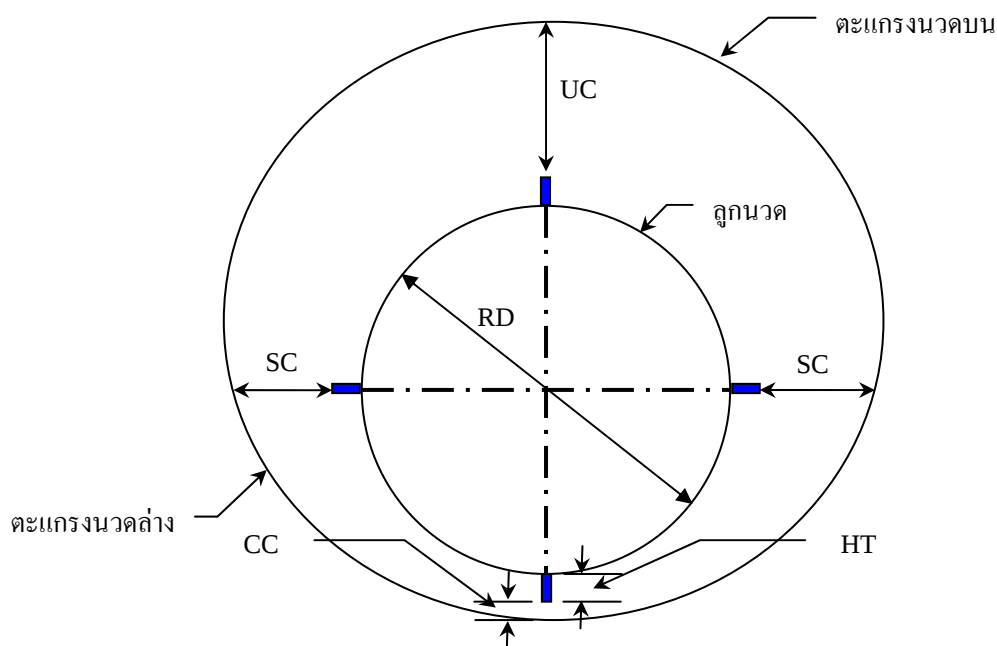
ผลการศึกษา

การศึกษาผลของปัจจัยการออกแบบชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากชุดขนาด มีปัจจัยที่ทำการศึกษากันจำนวนมาก รวมทั้งปัจจัยเนื่องจากการทำงานและการปรับแต่ง ซึ่งถ้าเขียนเป็นคำระบุถึงปัจจัยนั้นอาจใช้คำที่ยาวมาก จึงได้กำหนดสัญลักษณ์เพื่อใช้แทนปัจจัยที่ทำการศึกษาและวิจัยดังนี้

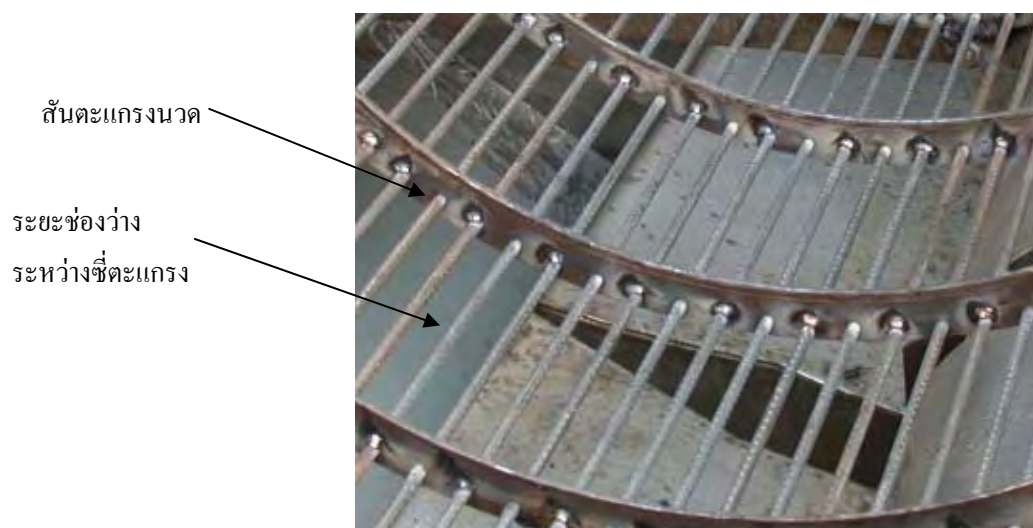
ข้อกำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ และหน่วย

RD	= เส้นผ่าศูนย์กลางลูกขนาด (มิลลิเมตร)
RC	= ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงขนาด (มิลลิเมตร)
CC	= ระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดล่างกับปลายซี่ขนาดในแนวตั้ง (มิลลิเมตร)
SC	= ระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดล่างกับปลายซี่ขนาดในแนวระดับ (มิลลิเมตร)
UC	= ระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดบนกับปลายซี่ขนาดในตั้ง (มิลลิเมตร)
NT	= จำนวนซี่ขนาด (ซี่)
HT	= ความสูงซี่ขนาด (มิลลิเมตร)
LI	= มุมครีบบางเดือนจากแนวเพลาลูกขนาด (องศา)
RS	= ความเร็วลูกขนาด (เมตรต่อวินาที) (ความเร็วเชิงเส้นปลายซี่ขนาด)
MC	= ความชื้นของเมล็ด (เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก)
FR	= อัตราการป้อน (ตันต่อชั่วโมง)
GM	= อัตราส่วนเมล็ดต่อฟางโดยน้ำหนักสด
TL _H	= ความสูญเสียจากชุดขนาด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (เปอร์เซ็นต์)
TL _C	= ความสูญเสียจากชุดขนาด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (เปอร์เซ็นต์)

โดยระยะต่างๆ ของชุดขนาดดังแสดงในภาพที่ 2 และ 3 ซึ่งปัจจัยการออกแบบชุดขนาดที่สำคัญเหล่านี้มีผลต่อความสูญเสียจากชุดขนาด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ชัยนาท 1 แตกต่างกัน โดยมีผลการศึกษา ดังนี้



ภาพที่ 2 ตำแหน่งการวัดระยะต่างๆ ของชุดนวด



ภาพที่ 3 ตำแหน่งการวัดระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด

1. การศึกษาปัจจัยการออกแบบและการทำงานของชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 การศึกษานี้ได้ดำเนินการทดสอบและเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2553 โดยทำการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนจำนวน 17 เครื่อง โดยมีความสูงต้นข้าวที่ทำการทดสอบอยู่ในช่วง 79.6 ถึง 111.5 เซนติเมตร มีมุมเอียงต้นข้าวจากแนวตั้งระหว่าง 7.7 ถึง 9.1 องศา มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 165,867 ถึง 656,267 ต้นต่อไร่ ความชื้นของฟางที่ทำการทดสอบระหว่าง 58.50 ถึง

66.66 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก แปลงที่ทำการทดสอบมีผลผลิตรวมอยู่ในช่วง 212 ถึง 535 กิโลกรัมต่อไร่ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สภาพข้าวที่ทำการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าว เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

เครื่อง ที่	ความสูง ต้นข้าว (เซนติเมตร)	มุมเอียงต้นข้าว จากแนวดิ่ง (องศา)	ความหนาแน่น ต้นข้าว (ต้นต่อไร่)	ความชื้นของฟาง (เปอร์เซ็นต์ฐาน เปียก)	ผลผลิตรวม (กิโลกรัมต่อไร่)
1	88.5	8.7	477,600	61.59	251
2	79.6	9.1	343,200	59.93	266
3	101.7	8.0	511,200	66.23	535
4	105.7	7.9	402,933	65.73	212
5	96.6	8.4	431,200	63.74	367
6	111.5	7.7	329,600	64.93	294
7	86.5	8.7	426,133	64.08	359
8	90.1	9.0	322,933	61.74	371
9	91.8	8.5	370,667	66.66	254
10	83.9	8.8	656,267	63.53	499
11	91.9	8.4	291,733	60.51	280
12	83.9	9.0	578,400	63.83	375
13	86.8	8.7	165,867	63.14	200
14	108.9	7.8	195,200	59.37	499
15	81.6	8.9	171,467	64.48	314
16	88.6	8.6	489,867	58.50	466
17	83.7	8.8	406,667	61.27	464

ผลการวัดลักษณะการออกแบบชุดนวดและสภาพการทำงาน of เครื่องเกี่ยวนวด พบว่า มีเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (ไม่รวมความยาวซี่นวด) ระหว่าง 445 ถึง 559 มิลลิเมตร มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดอยู่ในช่วง 13 ถึง 18 มิลลิเมตร ใช้ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งมีค่าระหว่าง 10.0 ถึง 30.0 มิลลิเมตร มีระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับอยู่ในช่วง 5.7 ถึง 76.2 มิลลิเมตร ใช้ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในดิ่งระหว่าง 131.1 ถึง 213.8 มิลลิเมตร โดยมีจำนวนซี่นวดในช่วง 128 ถึง 185 ซี่ ซี่นวดมีความสูงระหว่าง 76.2 ถึง 114.3 มิลลิเมตร มีมุมครีบบางเดือนจากแนวเพลาลูกนวดในช่วง 56.7 ถึง 70.3 องศา ใช้

ความเร็วลูกนวดระหว่าง 14.2 ถึง 20.8 เมตรต่อวินาที เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดในช่วง 16.50 ถึง 25.91 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก โดยมีอัตราการป้อนอยู่ระหว่าง 4.9 ถึง 16.0 ตันต่อชั่วโมง ได้อัตราส่วนเมล็ดต่อฟางโดยน้ำหนักสดในช่วง 0.21 ถึง 0.70 และมีผลทำให้เกิดความสูญเสียจากชุดนวดระหว่าง 0.91 ถึง 11.50 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การออกแบบชุดนวด สภาพการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวด และความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

เครื่องที่	RD	RC	CC	SC	UC	NT	HT	LI	RS	MC	FR	GM	TL
1	533	15	30.0	18.4	148.4	132	101.6	69.4	14.2	25.91	5.7	0.49	5.65
2	457	15	17.5	41.1	131.1	128	88.9	70.3	19.7	18.21	4.9	0.41	1.95
3	559	16	10.0	5.7	185.7	175	114.3	66.2	15.6	23.18	7.2	0.68	4.78
4	508	16	20.0	41.1	211.1	140	88.9	69.4	14.2	23.45	6.7	0.45	6.28
5	508	18	25.0	23.4	148.4	132	101.6	69.1	16.1	22.96	7.2	0.66	3.46
6	457	16	20.0	31.1	141.1	185	88.9	65.2	20.8	22.20	11.0	0.45	1.54
7	533	18	20.0	13	138	170	101.6	68.2	17.9	24.94	10.1	0.53	3.41
8	457	16	15.0	76.2	203.2	132	101.6	67.5	15.6	23.45	9.9	0.59	3.26
9	521	16	23.0	31.1	161.1	128	88.9	69.1	16.3	24.61	7.6	0.50	4.43
10	559	16	25.4	55.8	193.8	128	76.2	56.7	16.6	25.82	15.0	0.40	11.50
11	559	16	25.0	68.8	213.8	132	76.2	69.1	15.0	21.00	7.5	0.38	3.18
12	445	13	15.0	46.1	131.1	128	88.9	63.8	16.3	22.84	10.8	0.40	3.75
13	559	16	25.4	53.8	193.8	132	76.2	68.5	17.1	24.86	6.3	0.70	4.24
14	445	14	15.0	44.1	131.1	185	88.9	64.2	16.4	16.50	5.0	0.62	0.91
15	508	16	15.0	10.7	135.7	132	114.3	67.2	17.0	25.62	7.5	0.48	2.57
16	546	18	20.0	31.1	151.1	165	88.9	63.4	16.3	21.47	16.0	0.21	4.24
17	546	18	25.0	16.1	151.1	170	88.9	63.8	17.5	22.49	17.0	0.44	5.87

จากข้อมูลในตารางที่ 2 เมื่อนำมาสร้างสมการประมาณการความสูญเสียโดยใช้รูปแบบจากสมการที่ 1 ซึ่งเป็นสมการถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณ (multiple linear regression) ได้สมการดังสมการที่ 2 ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.910

$$\begin{aligned}
 TL_H = & 47.236 - 0.009(RD) - 0.194(RC) + 0.119(CC) - 0.089(SC) \\
 & + 0.054(UC) - 0.049(NT) - 0.024(HT) - 0.492(LI) - 0.111(RS) \\
 & + 0.021(MC) + 0.033(FR) - 0.356(GM) \quad \dots(2)
 \end{aligned}$$

เมื่อนำสมการที่ 2 มาวิเคราะห์ถึงปัจจัยเนื่องจากการออกแบบและการทำงานของชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มุมครีบบวงเดือน (LI) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สมชาย ชวนอุดม (2550) โดยมีอิทธิพลต่อความสูญเสียเท่ากับร้อยละ 39.06 อิทธิพลของปัจจัยรองลงมาที่มีต่อความสูญเสียเป็นปัจจัยเนื่องจากการออกแบบชุดนวดคือ จำนวนซี่นวด (NT) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ (SC) และ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในดิ่ง (UC) มีค่าเท่ากับร้อยละ 17.88 16.58 และ 16.05 ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยทั้ง 4 นี้มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดเกือบ 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปัจจัยการออกแบบชุดนวดประกอบด้วย ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง (CC) ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และความสูงซี่นวด (HT) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียร้อยละ 5.33 1.52 1.41 และ 0.63 ตามลำดับ นอกจากนี้ปัจจัยเนื่องจากการทำงานของชุดนวดประกอบด้วย ความเร็วลูกนวด (RS) อัตราการป้อน (FR) ความชื้นของเมล็ด (MC) และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง (GM) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดร้อยละ 0.89 0.24 0.21 และ 0.21 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 อิทธิพลของปัจจัยการออกแบบและการทำงานของชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากการนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105

ปัจจัย	ร้อยละของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวด
RD	1.41
RC	1.52
CC	5.33
SC	16.58
UC	16.05
NT	17.88
HT	0.63
LI	39.06
RS	0.89
MC	0.21
FR	0.24

GM	0.21
----	------

เมื่อพิจารณาปัจจัยเนื่องจากการออกแบบที่ทำการศึกษาเทียบกับปัจจัยเนื่องจากการทำงานที่ทำการศึกษา พบว่า ปัจจัยเนื่องจากการออกแบบชุดนวดส่งอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดมากกว่าปัจจัยเนื่องจากการทำงาน โดยปัจจัยเนื่องจากการออกแบบมีอิทธิพลต่อความสูญเสียร้อยละ 59.40 ส่วนปัจจัยเนื่องจากการทำงานมีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดร้อยละ 40.60 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปัจจัยการออกแบบชุดนวดมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะความสูญเสียจากชุดนวด

จากสมการที่ 2 เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อิทธิพลของปัจจัยการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากการนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ปัจจัย	ร้อยละของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวด
RD	2.40
RC	2.58
CC	9.07
SC	28.20
UC	27.31
NT	30.43
HT	1.07

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาการออกแบบชุดนวด 7 ปัจจัย สามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างมากโดยมี จำนวนชิ้นนวด (NT) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 30.43 รองลงมาคือ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวระดับ (SC) และ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชิ้นนวดในดิ่ง (UC) มีค่าเท่ากับร้อยละ 28.20 และ 27.31 ตามลำดับ

ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวดิ่ง (CC) ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงชิ้นนวด (HT) เป็นกลุ่มของปัจจัยการออกแบบที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างน้อยโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.07 2.58 2.40 และ 1.07 ตามลำดับ

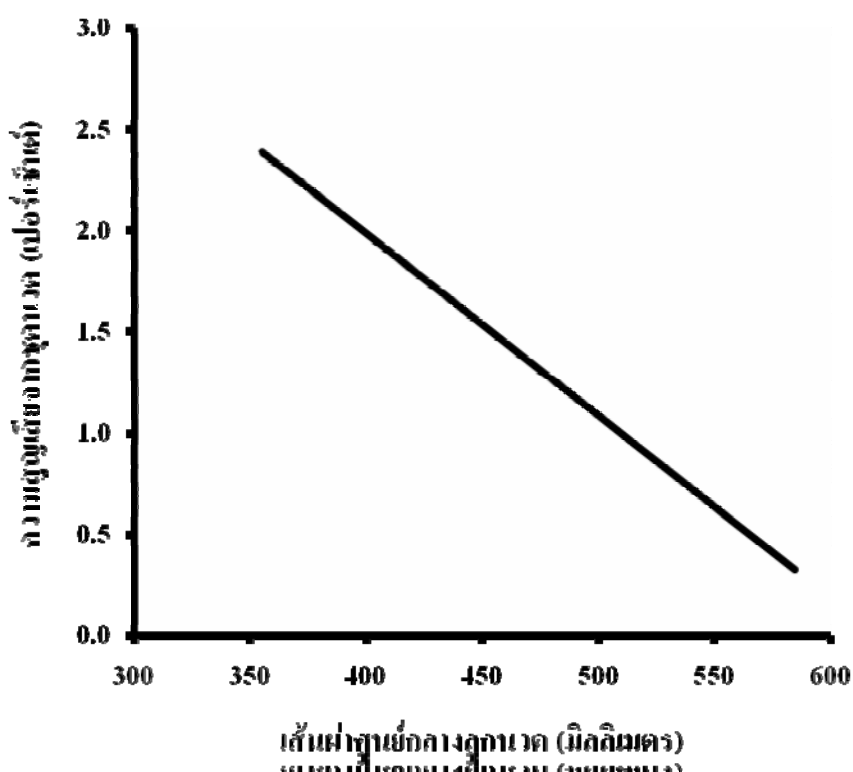
2. การวิเคราะห์แนวโน้มของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีต่อความสูญเสีย เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

จากสมการที่ 2 เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการออกแบบชุดนวดแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยที่การวิเคราะห์กำหนดให้การทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดใช้ความเร็วลูกนวด (เชิงเส้นปลายขึ้นนวด) เท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที มีมุมครีบริววงเดือนจากแนวเพลาลูกนวดเท่ากับ 68 องศา เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ใช้อัตราการป้อนเท่ากับ 10 ต้นต่อชั่วโมง และเก็บเกี่ยวข้าวที่มีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมที่มีผลต่อการทำงาน (สมชาย ชวนอุดม, 2550) การวิเคราะห์ได้ผลดังนี้

2.1 ผลของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (ไม่รวมความยาวขึ้นนวด) ที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อชุดนวดมีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนขึ้นนวดเท่ากับ 175 ซี่ และขึ้นนวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) โดยเครื่องเกี่ยวนวดปรับมุมครีบริววงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด 68 องศา ใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ทำงานที่อัตราการป้อนเท่ากับ 10 ต้นต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 พบว่า เมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวดมีขนาดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากลูกนวดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นทำให้ต้องใช้ตะแกรงนวดที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเช่นกัน ตะแกรงที่มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้มีพื้นที่ในการนวดและคัดแยกเมล็ดให้ออกจากฟาง และเมล็ดสามารถร่วงลงไปยังชุดทำความสะอาดได้มากขึ้นส่งผลต่อความสูญเสียที่ลดลง

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวดควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว)



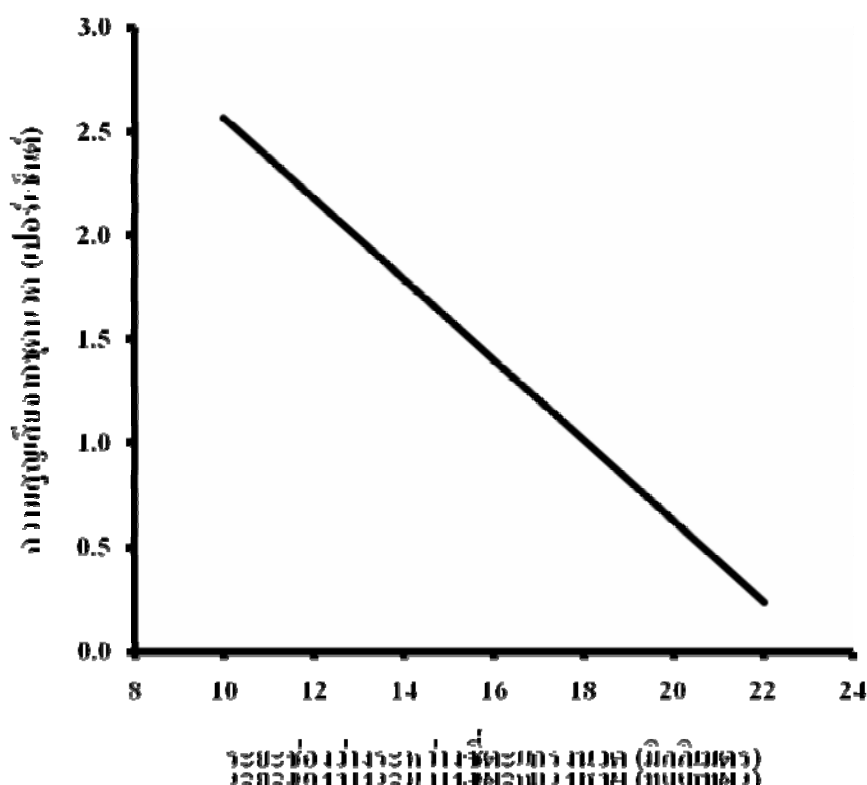
ภาพที่ 4 ผลของเส้นผ่าศูนย์กลางลูกกวาดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

2.2 ผลของระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ผลของระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) ระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนซี่นวดเท่ากับ 175 ซี่ และซี่นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) โดยเครื่องเกี่ยวนวดปรับมุมครีบบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด 68 องศา ใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ทำงานที่อัตราการทำงานป้อนเท่ากับ 10 ต้นต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 ดังแสดงในภาพที่ 5 พบว่า เมื่อระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วินิต ชินสุวรรณ และคณะ (2546a) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเป็นการเพิ่มพื้นที่ช่องว่างเพื่อให้เมล็ดที่ถูกนวดแล้วหลุดผ่านตะแกรงนวดออกไปได้มากขึ้นก่อนที่จะถูกใบพัดขับฟางขับ

ทิ้งออกไปกับฟาง ซึ่งส่งผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดที่ลดลงโดยเฉพาะความสูญเสียจากการคัดแยกเมล็ดออกจากฟาง

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกิน 1 เปอร์เซนต์ จะได้ว่าระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 18 มิลลิเมตร แต่ระยะช่องว่างนี้ไม่ควรมีระยะเกินกว่า 20 มิลลิเมตร เพราะจะมีผลต่อวัสดุที่ไม่ใช่เมล็ดร่วงลงสู่ชุดทำความสะอาดมากขึ้นซึ่งจะทำให้ยากต่อการทำความสะอาด (วินิต ชินสุวรรณ และคณะ, 2546a)



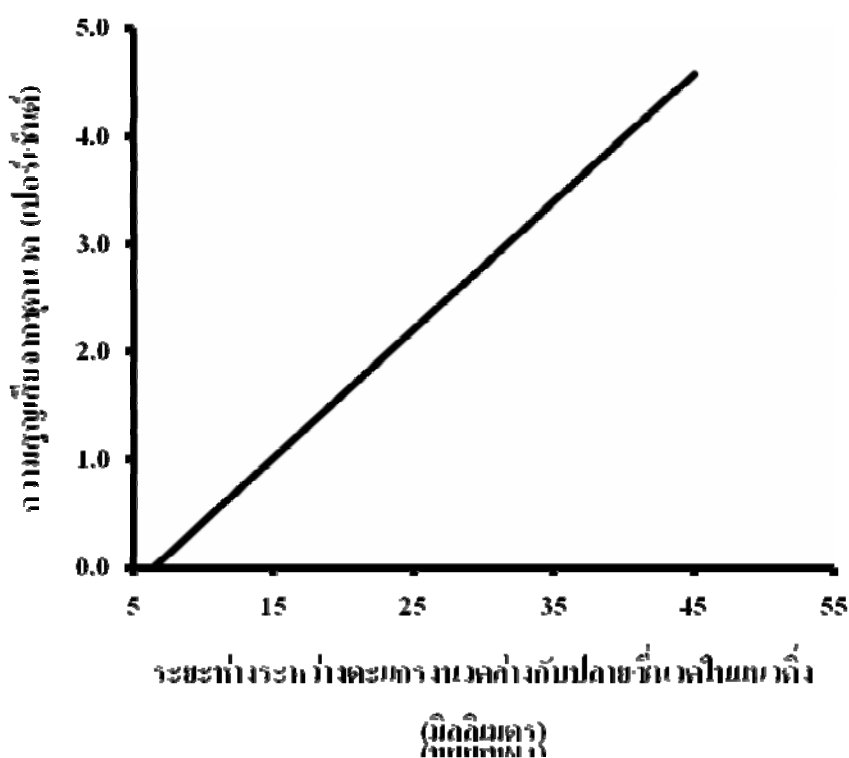
ภาพที่ 5 ผลของระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

2.3 ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นวดในแนวดิ่งที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ภาพที่ 6 แสดงผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นวดในแนวดิ่งที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกลูกนวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนขึ้นวดเท่ากับ 175 ซี่ และขึ้นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) โดยเครื่องเกี่ยวนวดปรับมุมครีบบงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด 68 องศา ใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตร

ต่อวินาที ทำงานที่อัตราการป้อนเท่ากับ 10 ต้นต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 พบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายฉีนวนในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Joshi and Singh (1980) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระยะห่างนี้ทำให้มีความรุนแรงในการนวดลดลงส่งผลให้ความสามารถในการนวดเพื่อทำให้เมล็ดหลุดออกจากรวงลดลงและรวงนั้นก็ถูกขับทิ้งโดยใบพัดขับฟางมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายฉีนวนในแนวดิ่งควรมีขนาดไม่เกิน 15 มิลลิเมตร



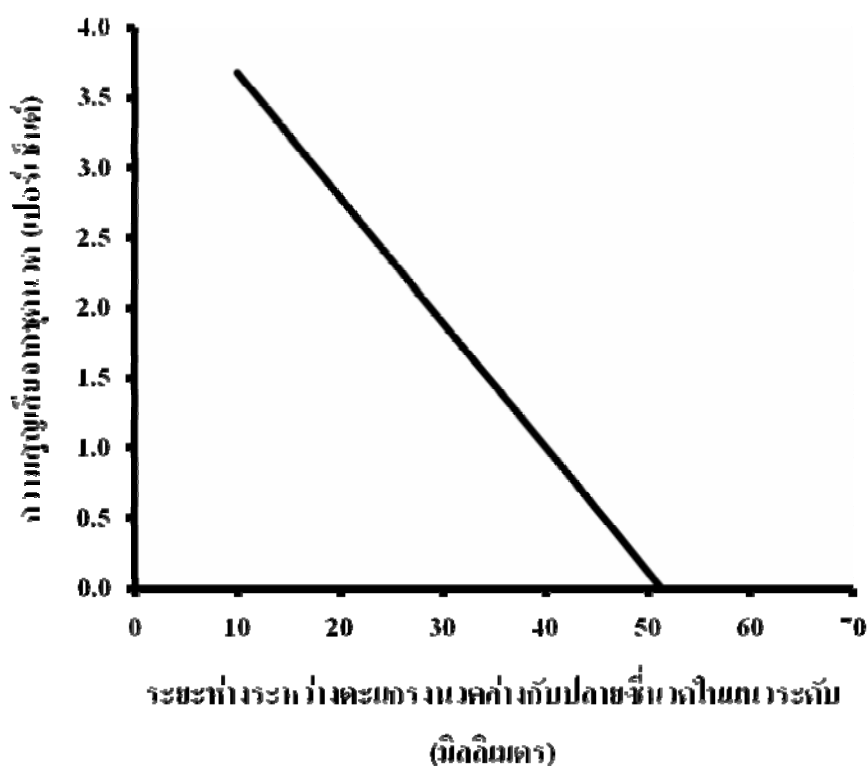
ภาพที่ 6 ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายฉีนวนในแนวดิ่งที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

2.4 ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายฉีนวนในแนวระดับที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายฉีนวนในแนวระดับที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายฉีนวนในแนวดิ่ง

เท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชีนวนในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนชีนวนเท่ากับ 175 ชีว และชีนวนมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) โดยเครื่องเกี่ยวนวดปรับมุมครีบบงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด 68 องศา ใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ทำงานที่อัตราการป้อนเท่ากับ 10 ตันต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 ดังแสดงในภาพที่ 7 พบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชีนวนในแนวระดับเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระยะห่างนี้เป็นการสางฟางให้คลายออกจากกันเพื่อลดการอู่เมล็ดที่ลูกนวด แล้วจากฟางก่อนที่จะถูกขับทิ้งที่ช่องขับฟาง เป็นการทำงานรวมกับการฟาดตีให้เมล็ดหลุดออกจากรวงของชีนวนกับตะแกรงนวดล่างในแนวดิ่งสลับกับการสางฟางของชีนวนกับตะแกรงนวดล่างในแนวระดับ แต่ระยะห่างนี้ควรมีระยะที่จำกัดเพราะถ้ามีระยะที่ยาวมากจะส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของชุดนวดและเครื่องเกี่ยวนวดด้วย อาจทำให้ในการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดลำบากขึ้น รวมทั้งราคาที่จะสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชีนวนในแนวระดับควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 40 มิลลิเมตร

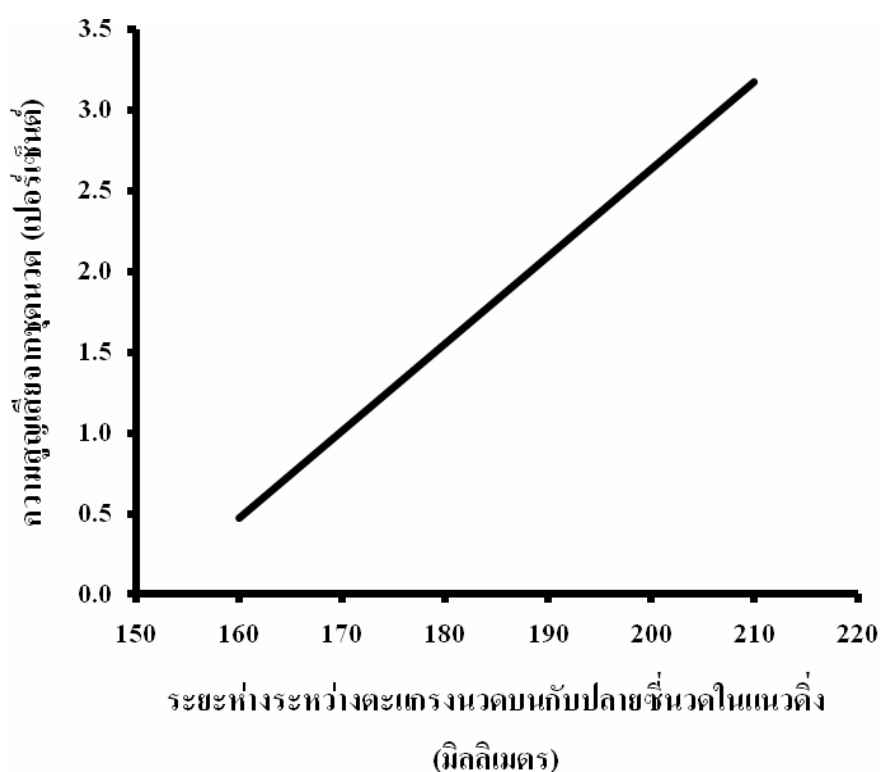


ภาพที่ 7 ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชีนวนในแนวระดับที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

2.5 ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชีนวนในแนวดิ่งที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105

ภาพที่ 8 แสดงผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชีนวนในแนวดิ่งที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชีนวนในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชีนวนในแนวนอนเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีจำนวนชีนวนเท่ากับ 175 ซี่ และชีนวนมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) โดยเครื่องเกี่ยวนวดปรับมุมครีบบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด 68 องศา ใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ทำงานที่อัตราการป้อนเท่ากับ 10 ต้นต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 พบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชีนวนในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการนวดข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีฟางค่อนข้างยาวดังนั้นในจังหวัดการหมุนตีฟางให้ขึ้นไปด้านบนของลูกนวดซึ่งเป็นช่วงของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชีนวนในแนวดิ่ง ถ้ามีระยะนี้มากอาจส่งผลกระทบต่อความยาวของฟางที่ยาวให้เป็นก้อนซึ่งก้อนฟางที่ม้วนนี้จะอุ้มเอาเมล็ดข้าวเข้าไปด้วยทำให้เมล็ดไม่หลุดร่วงไปผ่านตะแกรงนวดไปยังชุดทำความสะอาด แต่ถูกอุ้มและถูกขับทิ้งไปกับฟางจึงส่งผลกระทบต่อความสูญเสียที่เพิ่มขึ้น แต่ระยะนี้ไม่ควรมีระยะที่แคบมากเกินไปเพราะต้องเผื่อไว้สำหรับช่องว่างระยะชีนวนกับใบของครีบบวงเดือนที่ยึดอยู่กับตะแกรงนวดบน

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชีนวนในแนวดิ่งควรมีขนาดไม่เกิน 170 มิลลิเมตร



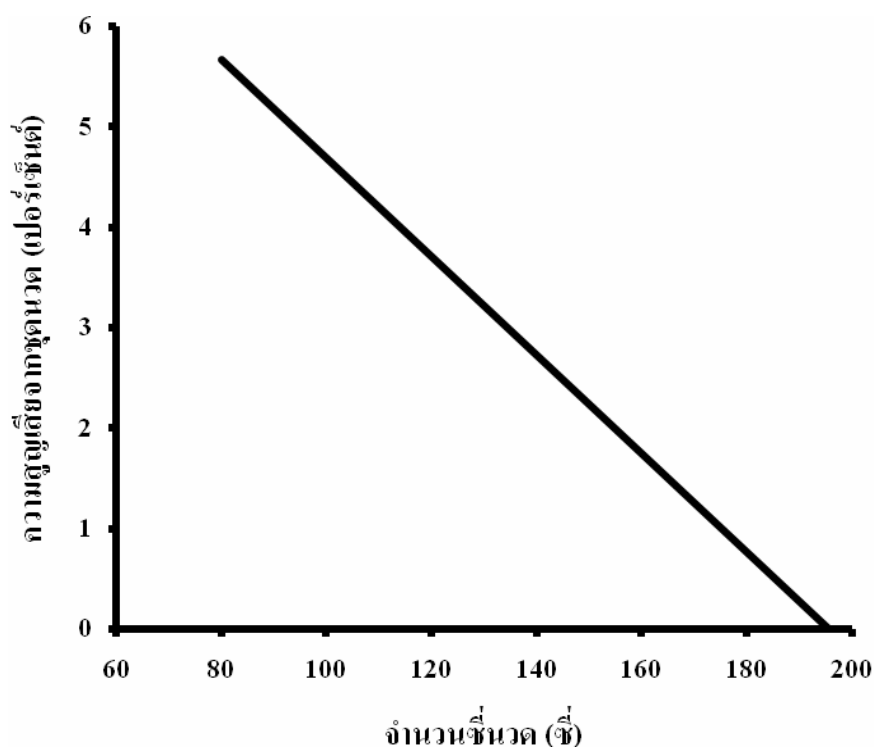
ภาพที่ 8 ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดกับปลายชิ้นวดในแนวตั้งที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105

2.6 ผลของจำนวนชิ้นวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105

ผลของจำนวนชิ้นวดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นวดในแนวตั้งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะช่องว่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชิ้นวดในแนวตั้งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร และชิ้นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) โดยเครื่องเกี่ยวนวดปรับมุมครีบบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด 68 องศา ใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ทำงานที่อัตราการป้อนเท่ากับ 10 ต้นต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 ดังแสดงในภาพที่ 9 พบว่า เมื่อจำนวนชิ้นวดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนชิ้นวดเป็นการเพิ่มความรุนแรงในการฟาดตีให้เมล็ดข้าวหลุดออกจากรวงได้ดีขึ้นจึงส่งผลต่อความสูญเสียที่ลดลง โดยเฉพาะความสูญเสียจากการนวด รวมทั้งอาจจะเป็นการฟาดตีให้ฟางขาดเป็นท่อนที่สั้นส่งผลต่อการ

คัดแยกเมล็ดให้ออกจากฟางที่ง่ายขึ้นทำให้ความสูญเสียจากการคัดแยกเมล็ดออกจากฟางลดลง แต่จำนวนขึ้นวดที่มากขึ้นจะส่งผลต่อการใช้พลังงานในการนวดที่สูงขึ้นเช่นกัน

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าจำนวนขึ้นวดควรมีจำนวนไม่น้อยกว่า 175 ซี่



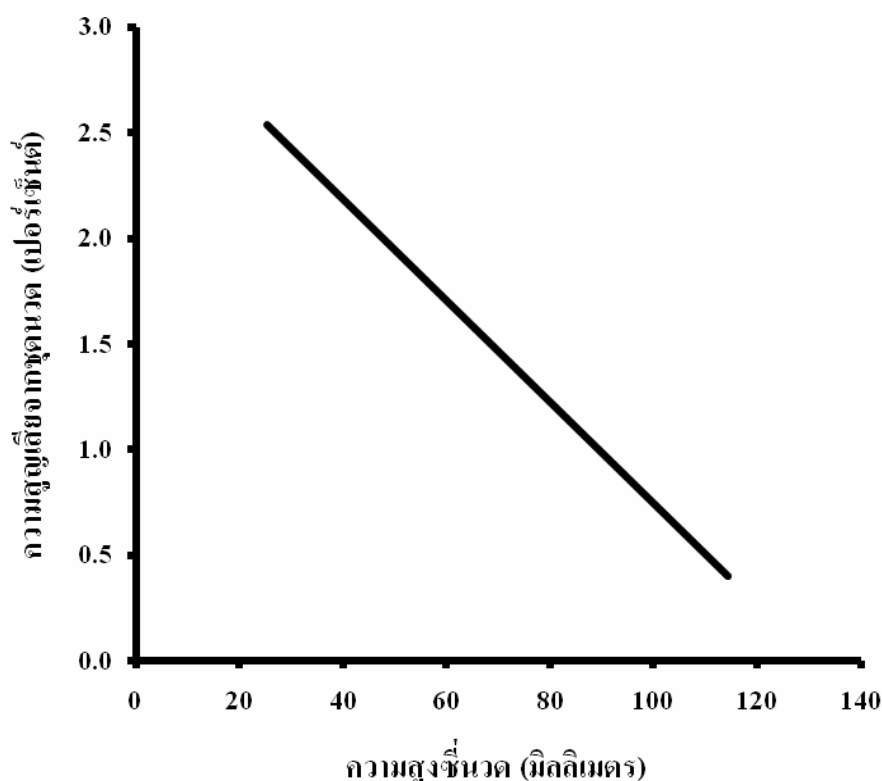
ภาพที่ 9 ผลของจำนวนขึ้นวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

2.7 ผลของความสูงขึ้นวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ภาพที่ 10 แสดงผลของความสูงขึ้นวดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นวดในแนวตั้งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นวดเท่ากับ 170 มิลลิเมตร และมีจำนวนขึ้นวดเท่ากับ 175 ซี่ โดยเครื่องเกี่ยวนวดปรับมุมครีบบางเดือนจากแนวเพลาลูกนวด 68 องศา ใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ทำงานที่อัตราการป้อนเท่ากับ 10 ต้นต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 พบว่า เมื่อความสูงของขึ้นวดมีค่าเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจาก

ชุดนวดลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของความสูงของชิ้นวดเป็นการเพิ่มความรุนแรงในการฟาดตีให้เมล็ดหลุดออกจากรวง และอาจเป็นการช่วยเพิ่มการสาางฟางและหรือแยกเมล็ดให้ออกจากฟาง สลับกับการฟาดตีได้ดีขึ้น แต่ความสูงของชิ้นวดอาจส่งผลต่อการใช้พลังงานในการนวดที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าความสูงของชิ้นวดควรมีความสูงไม่น้อยกว่า 88 มิลลิเมตร หรือประมาณ 3.5 นิ้ว



ภาพที่ 10 ผลของความสูงชิ้นวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

จากความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการออกแบบชุดนวดกับความสูญเสียจากชุดนวด ถ้าต้องการให้มีความสูญเสียจากชุดนวดไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ควรใช้ลูกนวดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (ไม่รวมความยาวชิ้นวด) ไม่น้อยกว่า 500 มิลลิเมตร หรือขนาดลูกนวดไม่ต่ำกว่า 20 นิ้ว ระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดควรใช้ไม่น้อยกว่า 18 มิลลิเมตร แต่ไม่ควรมีระยะห่างเกิน 20 มิลลิเมตร เพราะจะทำให้มีเศษฟางตกลงไปยังชุดทำความสะอาดมากเกินไป ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นวดในแนวตั้งควรใช้ระยะห่างไม่เกินไป 15 มิลลิเมตร สำหรับระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นวดในแนวระดับควรใช้ระยะห่างไม่น้อยกว่า 40 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชิ้นวดควรใช้ระยะห่างไม่เกิน 170 มิลลิเมตร และสำหรับชุด

นวดที่มีความยาว 1.80 เมตร (6 ฟุต) ควรมีจำนวนชั้นนวดไม่น้อยกว่า 175 ชั้น โดยชั้นนวดควรมีความสูงไม่น้อยกว่า 88 มิลลิเมตร หรือ 3.5 นิ้ว

ดังนั้นในการออกแบบชุดนวดสำหรับเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ ควรพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ประกอบการออกแบบ เช่น ถ้าต้องการลดขนาดลูกนวดให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 20 นิ้ว ควรพิจารณาปรับค่าปัจจัยอื่นๆ ตามความเหมาะสมโดยอาจจะลดระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชั้นนวดในแนวดิ่ง และระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชั้นนวด หรือเพิ่มระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชั้นนวดในแนวระดับและจำนวนชั้นนวด เป็นต้น

3. การศึกษาปัจจัยการออกแบบและการทำงานของชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

การศึกษานี้ได้ดำเนินการทดสอบและเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคม 2554 โดยทำการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนจำนวน 17 เครื่อง โดยมีความสูงต้นข้าวที่ทำการทดสอบอยู่ในช่วง 64.6 ถึง 79.0 เซนติเมตร มีมุมเอียงต้นข้าวจากแนวคิ่งระหว่าง 9.9 ถึง 14.0 องศา มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 388,800 ถึง 1,099,467 ต้นต่อไร่ ความชื้นของฟางที่ทำการทดสอบระหว่าง 58.13 ถึง 69.85 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก แปลงที่ทำการทดสอบมีผลผลิตรวมอยู่ในช่วง 517 ถึง 1,048 กิโลกรัมต่อไร่ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สภาพข้าวที่ทำการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าว เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

เครื่อง ที่	ความสูง ต้นข้าว (เซนติเมตร)	มุมเอียงต้นข้าว จากแนวคิ่ง (องศา)	ความหนาแน่น ต้นข้าว (ต้นต่อไร่)	ความชื้นของฟาง (เปอร์เซ็นต์ฐาน เปียก)	ผลผลิตรวม (กิโลกรัมต่อไร่)
1	73.2	11.2	620,000	64.39	847
2	70.4	12.1	972,267	63.74	832
3	65.9	11.7	869,333	61.32	893
4	66.5	11.5	1,099,467	66.19	906
5	68.8	9.9	705,067	69.85	754
6	70.7	11.9	833,333	63.66	692
7	69.9	14.0	808,533	65.52	874
8	64.6	12.3	627,200	65.75	820
9	66.1	12.5	821,867	65.54	980
10	71.2	11.8	645,333	66.62	951
11	71.0	11.0	762,667	64.44	1,048
12	77.3	10.8	1,099,200	61.09	884
13	75.0	11.2	873,067	61.98	772
14	78.5	11.5	689,333	58.13	719
15	65.0	11.7	388,800	63.08	517
16	79.0	11.4	708,267	61.12	842
17	75.2	10.5	823,200	61.35	672

ผลการวัดลักษณะการออกแบบชุดนวดและสภาพการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวด พบว่า มีเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (ไม่รวมความยาวซี่นวด) ระหว่าง 445 ถึง 572 มิลลิเมตร มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดอยู่ในช่วง 15.9 ถึง 18.0 มิลลิเมตร ใช้ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งมีค่าระหว่าง 10.0 ถึง 25.4 มิลลิเมตร มีระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับอยู่ในช่วง 16.1 ถึง 53.8 มิลลิเมตร ใช้ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในดิ่งระหว่าง 131.1 ถึง 216.1 มิลลิเมตร โดยมีจำนวนซี่นวดในช่วง 132 ถึง 210 ซี่ ซี่นวดมีความสูงระหว่าง 76.2 ถึง 101.6 มิลลิเมตร มีมุมครีบบางเดือนจากแนวเพลาลูกนวดในช่วง 60.0 ถึง 75.0 องศา ใช้ความเร็วลูกนวดระหว่าง 13.8 ถึง 21.5 เมตรต่อวินาที เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดในช่วง 21.31 ถึง 29.72 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก โดยมีอัตราการป้อนอยู่ระหว่าง 9.2 ถึง 23.4 ตันต่อชั่วโมง ได้อัตราร่วงเมล็ดต่อฟางโดยน้ำหนักสดในช่วง 0.46 ถึง 1.38 และมีผลทำให้เกิดความสูญเสียจากชุดนวดระหว่าง 3.63 ถึง 14.37 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การออกแบบชุดนวด สภาพการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวด และความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

เครื่องที่	RD	RC	CC	SC	UC	NT	HT	LI	RS	MC	FR	GM	TL
1	521	18.0	25.4	37.5	157.5	200	82.6	69.0	16.8	24.37	16.9	0.97	3.63
2	572	18.0	25.4	28.8	169.8	165	76.2	69.0	16.8	22.58	13.6	0.75	3.82
3	572	18.0	21.3	28.8	169.8	185	76.2	69.0	16.5	29.36	10.2	1.38	4.98
4	508	15.9	13.0	31.1	201.1	156	88.9	68.0	17.6	28.21	16.9	0.46	8.73
5	559	15.9	21.2	51.1	196.1	140	88.9	68.0	17.6	29.72	9.3	0.77	5.22
6	445	15.9	14.0	41.1	131.1	132	88.9	66.5	15.8	25.19	9.6	1.02	8.31
7	457	15.9	25.4	38.4	162.4	132	101.6	60.0	13.8	26.14	18.6	0.87	14.37
8	457	15.9	25.4	50.8	177.8	148	76.2	65.0	17.8	24.25	11.7	0.89	7.73
9	508	15.9	23.0	35.1	206.1	156	88.9	67.0	14.8	23.63	22.8	0.64	5.96
10	508	15.9	10.0	36.1	154.1	148	88.9	70.0	21.5	26.96	9.2	1.06	4.35
11	559	15.9	22.7	53.8	193.8	185	76.2	68.0	18.7	21.91	23.4	0.90	5.46
12	508	18.0	16.0	16.1	151.1	132	88.9	67.0	18.4	22.90	10.9	0.80	8.58
13	559	15.9	25.4	53.8	193.8	185	76.2	75.0	17.5	21.31	12.8	0.96	5.64
14	483	15.9	17.0	51.1	151.1	210	88.9	66.0	18.3	23.75	13.0	1.04	5.78
15	533	15.9	20.0	21.4	193.4	165	101.6	67.0	16.1	22.23	9.5	0.62	7.54
16	546	15.9	22.0	46.1	216.1	156	88.9	70.0	15.5	22.03	18.5	0.74	4.07
17	546	15.9	20.0	46.1	216.1	160	88.9	67.0	15.1	25.65	13.5	1.16	4.81

จากข้อมูลในตารางที่ 6 เมื่อนำมาสร้างสมการประมาณการความสูญเสียโดยใช้รูปแบบจากสมการที่ 1 ซึ่งเป็นสมการถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณ (multiple linear regression) ได้สมการดังสมการที่ 3 ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.729

$$\begin{aligned} TL_C = & 63.417 - 0.009(RD) - 1.822(RC) + 0.213(CC) - 0.119(SC) \\ & - 0.041(UC) - 0.02(NT) - 0.009(HT) - 0.211(LI) - 0.059(RS) \\ & + 0.151(MC) + 0.071(FR) - 0.371(GM) \end{aligned} \quad \dots(3)$$

เมื่อนำสมการที่ 3 มาวิเคราะห์ถึงปัจจัยเนื่องจากการออกแบบและการทำงานของชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ดังแสดงในตารางที่ 7 พบว่า เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อิทธิพลของปัจจัยที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด 5 อันดับแรกเป็นปัจจัยเนื่องจากการออกแบบโดยมีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 22.80 รองลงมาได้แก่ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ (SC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง (CC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในดิ่ง (UC) และ จำนวนซี่นวด (NT) โดยมีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดเท่ากับร้อยละ 21.41 16.80 12.64 และ 7.57 ตามลำดับ เฉพาะปัจจัยการออกแบบทั้ง 5 ปัจจัยนี้มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดประมาณร้อยละ 80 ส่วนปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่เหลือประกอบด้วย เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงซี่นวด (HT) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียร้อยละ 1.57 และ 0.18 ตามลำดับ สำหรับปัจจัยการทำงานของชุดนวดประกอบด้วย มุมครีบบงเคียนจากแนวเพลาลูกนวด (LI) ความชื้นของเมล็ด (MC) อัตราการป้อน (FR) ความเร็วลูกนวด (RS) และ อัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง (GM) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดร้อยละ 7.11 5.72 3.41 0.42 และ 0.37 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปัจจัยเนื่องจากการออกแบบที่ทำการศึกษาเทียบกับปัจจัยเนื่องจากการทำงานที่ทำการศึกษา พบว่า ปัจจัยเนื่องจากการออกแบบชุดนวดมีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดเป็นอย่างมาก โดยมีอิทธิพลต่อความสูญเสียประมาณร้อยละ 83 ส่วนปัจจัยเนื่องจากการทำงานมีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดน้อยกว่าประมาณร้อยละ 17 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปัจจัยการออกแบบชุดนวดมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ พันธุ์ชัยนาท 1

ตารางที่ 7 อิทธิพลของปัจจัยการออกแบบและการทำงานของชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากการนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ปัจจัย	ร้อยละของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวด
RD	1.57
RC	22.80
CC	16.80
SC	21.41
UC	12.64
NT	7.57
HT	0.18
LI	7.11
RS	0.42
MC	5.72
FR	3.41
GM	0.37

จากสมการที่ 3 เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 อิทธิพลของปัจจัยการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากการนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ปัจจัย	ร้อยละของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวด
RD	1.90
RC	27.54
CC	20.29
SC	25.86
UC	15.27
NT	9.14

HT	0.22
----	------

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาการออกแบบชุดนวด 7 ปัจจัย สามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างมากโดยมี ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 27.54 รองลงมาคือ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวระดับ (SC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวดิ่ง (CC) และ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชิ้นนวดในดิ่ง (UC) มีค่าเท่ากับร้อยละ 25.86 20.29 และ 15.27 ตามลำดับ

ส่วนจำนวนชิ้นนวด (NT) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงชิ้นนวด (HT) เป็นกลุ่มของปัจจัยการออกแบบที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างน้อยโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.14 1.90 และ 0.22 ตามลำดับ

4. การวิเคราะห์แนวโน้มของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีต่อความสูญเสีย เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

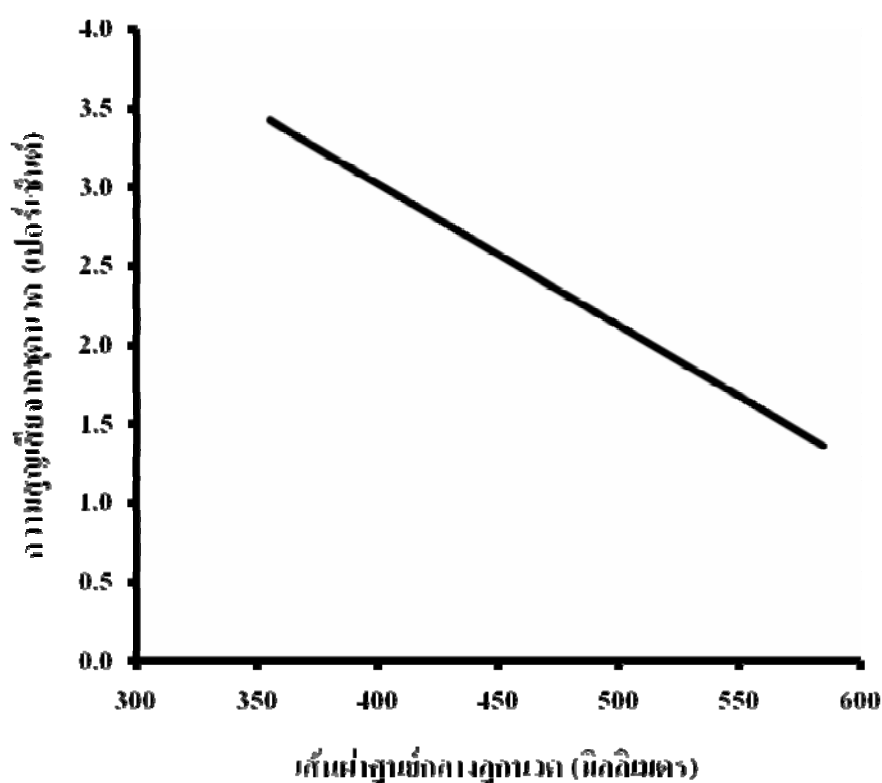
จากสมการที่ 3 เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการออกแบบชุดนวดแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 โดยที่การวิเคราะห์กำหนดให้การทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดใช้ความเร็วลูกนวด (เชิงเส้นปลายชิ้นนวด) เท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที มีมุมครีบริวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวดเท่ากับ 68 องศา เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ใช้อัตราการป้อนเท่ากับ 14 ต้นต่อชั่วโมง และเก็บเกี่ยวข้าวที่มีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมที่มีผลต่อการทำงาน (สมชาย ชวนอุดม, 2550) การวิเคราะห์ได้ผลดังนี้

4.1 ผลของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (ไม่รวมความยาวชิ้นนวด) ที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อชุดนวดมีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชิ้นนวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนชิ้นนวดเท่ากับ 175 ซี่ และชิ้นนวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) โดยเครื่องเกี่ยวนวดปรับมุมครีบริวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด 68 องศา ใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ทำงานที่อัตราการป้อนเท่ากับ 14 ต้นต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 พบว่า เมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวดมีขนาดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง มีแนวโน้มเช่นเดียวกับ

การนวดข้าวพันธุ์ข้าวดอกมิลละ 105 ทั้งนี้เนื่องจากลูกนวดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นทำให้ต้องใช้ตะแกรงนวดที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเช่นกัน ตะแกรงที่มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้มีพื้นที่ในการนวดและคัดแยกเมล็ดให้ออกจากฟาง และเมล็ดสามารถร่วงลงไปยังชุดทำความสะอาดได้มากขึ้นส่งผลต่อความสูญเสียที่ลดลง

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวดควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 457 มิลลิเมตร (18 นิ้ว)



ภาพที่ 11 ผลของเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท

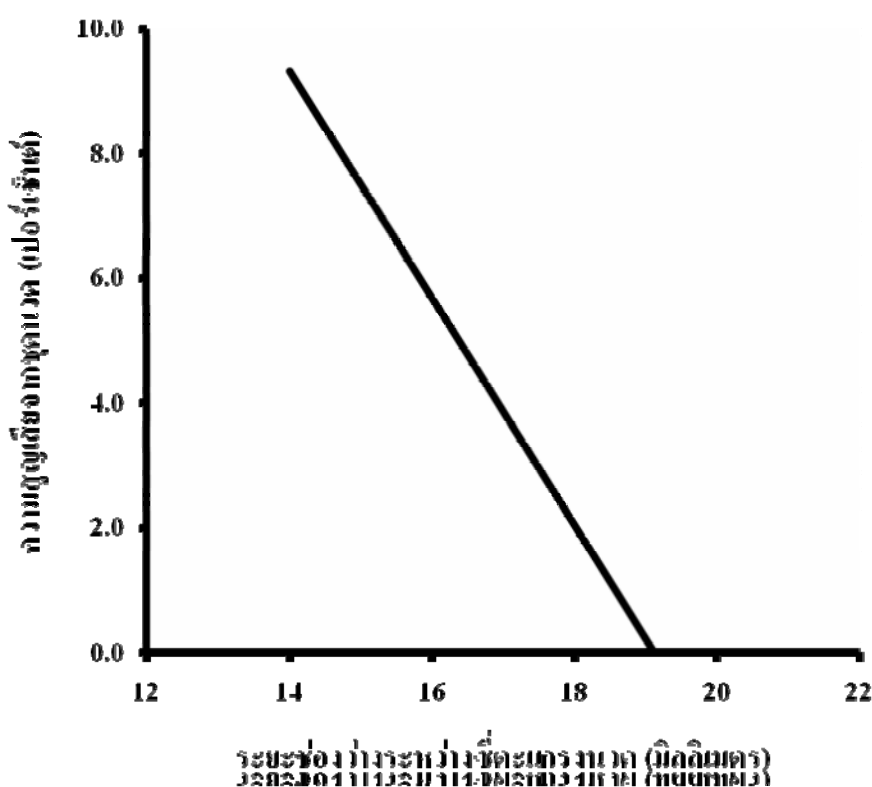
1

4.2 ผลของระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ผลของระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) ระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนซี่นวดเท่ากับ 175 ซี่ และซี่นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) โดยเครื่องเกี่ยวนวดปรับมุม

ครึ่งวงเดือนจากแนวเพลาถูกขนาด 68 องศา ใช้ความเร็วถูกขนาดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ทำงานที่อัตรา การป้อนเท่ากับ 14 ต้นต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมี อัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 ดังแสดงในภาพที่ 12 พบว่า เมื่อระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงขนาด เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากขนาดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สมชาย ชวนอุดม และ วินิต ชินสุวรรณ (2552) และมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการขนาดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งนี้เนื่องมาจากการ เพิ่มขึ้นของระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงขนาดเป็นการเพิ่มพื้นที่ช่องว่างเพื่อให้เมล็ดที่ถูกขนาดแล้ว หลุดผ่านตะแกรงขนาดออกไปได้มากขึ้นก่อนที่จะถูกใบพัดขับฟางขับทิ้งออกไปกับฟาง ซึ่งส่งผลต่อ ความสูญเสียจากขนาดที่ลดลง โดยเฉพาะความสูญเสียจากการคัดแยกเมล็ดออกจากฟาง

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากขนาดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงขนาดควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 17.5 มิลลิเมตร แต่ระยะช่องว่างนี้ ไม่ควรมีระยะเกินกว่า 20 มิลลิเมตร เพราะจะมีผลต่อวัสดุที่ไม่ใช่เมล็ดร่วงลงสู่ชุดทำความสะอาด มากขึ้นซึ่งจะทำให้ยากต่อการทำความสะอาด (วินิต ชินสุวรรณ และคณะ, 2546a)

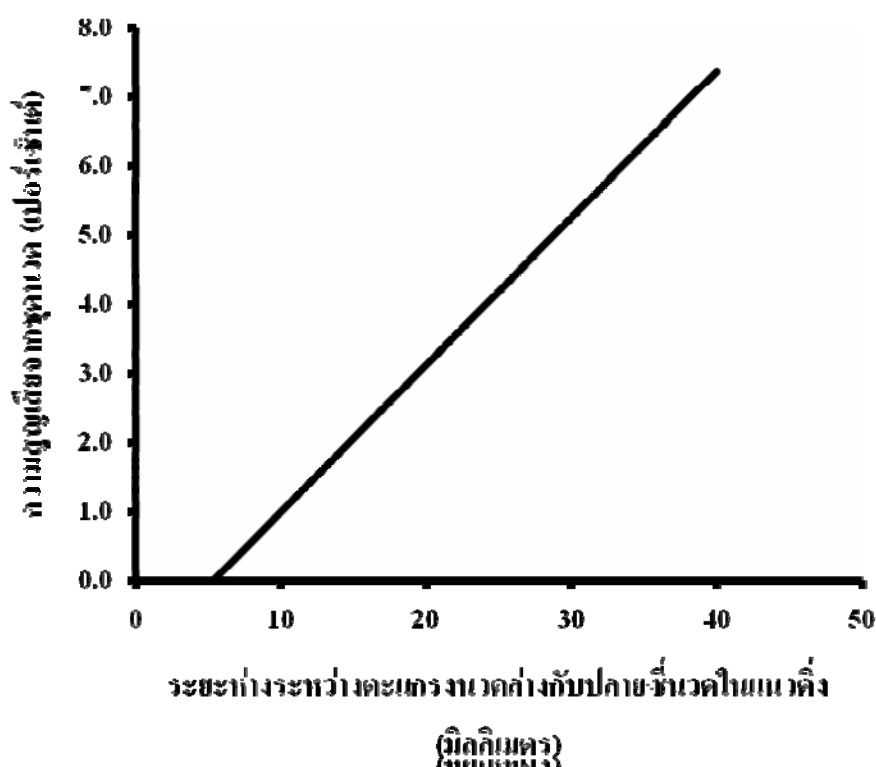


ภาพที่ 12 ผลของระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงขนาดที่มีต่อความสูญเสียจากขนาด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

4.3 ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชีนวดในแนวดิ่งที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ภาพที่ 13 แสดงผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชีนวดในแนวดิ่งที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกลูกนวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชีนวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชีนวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนชีนวดเท่ากับ 175 ซี่ และชีนวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) โดยเครื่องเกี่ยวนวดปรับมุมครีบบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด 68 องศา ใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ทำงานที่อัตราการป้อนเท่ากับ 14 ต้นต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 พบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชีนวดในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Joshi and Singh (1980) และมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการนวดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระยะห่างนี้ทำให้มีความรุนแรงในการนวดลดลงส่งผลให้ความสามารถในการนวดเพื่อทำให้เมล็ดหลุดออกจากรวงลดลงและรวงนั้นก็ถูกขบทิ้งโดยใบพัดขับฟางมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชีนวดในแนวดิ่งควรมีขนาดไม่เกิน 17 มิลลิเมตร



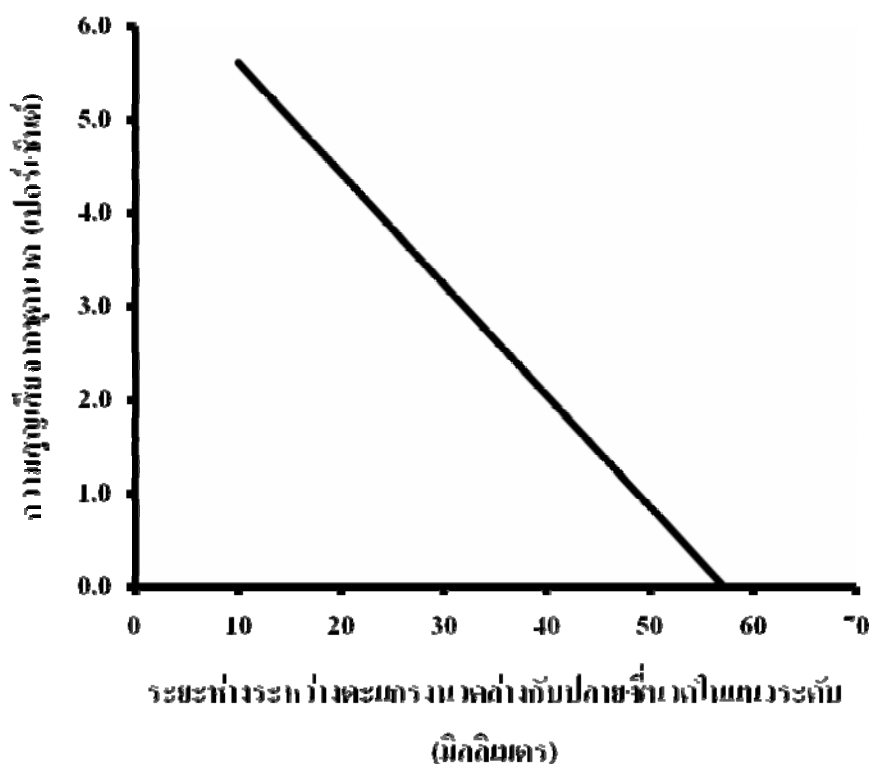
ภาพที่ 13 ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวดิ่งที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวล เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

4.4 ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวระดับที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวล เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวระดับที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวล เมื่อลูกนวลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวลเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวลบนกับปลายชิ้นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนชิ้นวดเท่ากับ 175 ซี่ และชิ้นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) โดยเครื่องเกี่ยวนวลปรับมุมครีบบงเดือนจากแนวเพลาลูกนวล 68 องศา ใช้ความเร็วลูกนวลเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ทำงานที่อัตราการป้อนเท่ากับ 14 ต้นต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 ดังแสดงในภาพที่ 14 พบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวระดับเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวลลดลง มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการนวลข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระยะห่างนี้เป็นการสางฟางให้คลายออกจากกันเพื่อลดการอุ้มเมล็ดที่ลูกนวลแล้วจากฟางก่อนที่จะถูกขั้บทิ้งที่ช่องขั้บฟางเป็นการทำงานรวมกับการฟาดดีให้เมล็ดหลุดออกจากรวงของชิ้นวดกับตะแกรงนวลล่างในแนวดิ่งสลับ

กับการสางฟางของชีนวดกับตะแกรงขนาดต่างในแนวระดับ แต่ระยะห่างนี้ควรมีระยะที่จำกัดเพราะถ้ามีระยะที่ยาวมากจะส่งผลต่อโครงสร้างของชุดนวดและเครื่องเกี่ยวนวดด้วย อาจทำให้ในการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดลำบากขึ้น รวมทั้งราคาที่จะสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดต่างกับปลายชีนวดในแนวระดับควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร



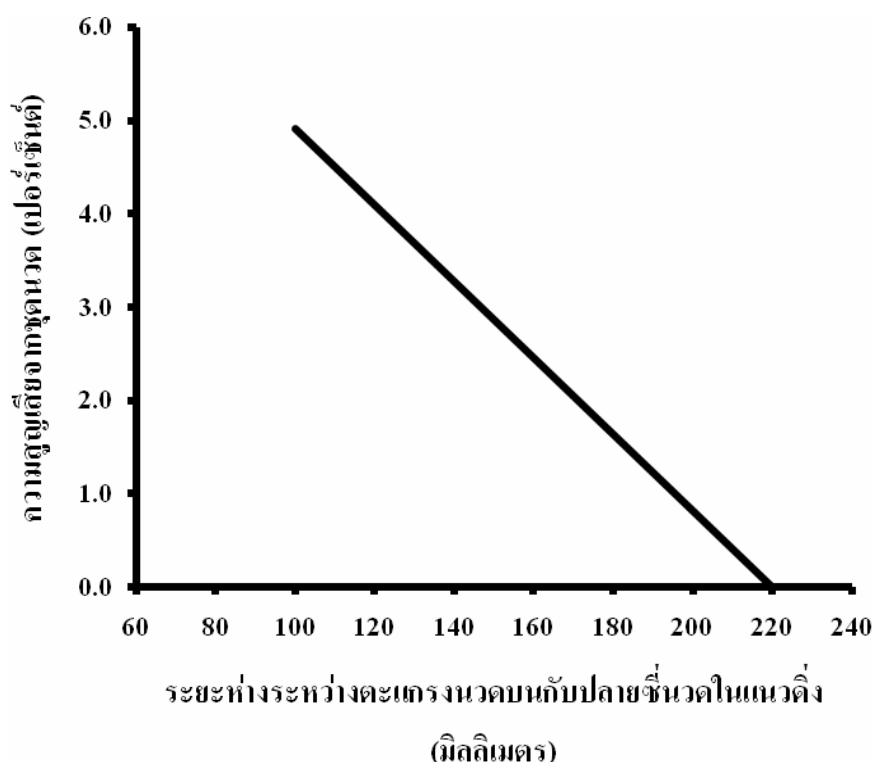
ภาพที่ 14 ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดต่างกับปลายชีนวดในแนวระดับที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

4.5 ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดบดกับปลายชีนวดในแนวตั้งที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ภาพที่ 15 แสดงผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดบดกับปลายชีนวดในแนวตั้งที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงขนาดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงขนาดต่างกับปลายชีนวดในแนวตั้งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงขนาดต่างกับปลายชีนวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีจำนวนชีนวดเท่ากับ 175 ซี่ และชีนวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) โดย

เครื่องเกี่ยวนวดปรับมุมครีบบงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด 68 องศา ใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ทำงานที่อัตราการป้อนเท่ากับ 14 ตันต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 พบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นวดในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีค่าลดลง ซึ่งแนวโน้มมีทิศทางตรงกันข้ามกับการนวดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการนวดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่เป็นข้าวพันธุ์ลูกผสมที่มีฟางสั้นกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ดังนั้นในจังหวะการหมุนตีฟางให้ขึ้นไปด้านบนของลูกนวดซึ่งเป็นช่วงของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นวดในแนวดิ่ง ถ้ามีระยะนี้มาก ฟางที่สั้นจะเกิดการฟุ้งกระจายหรือเป็นการสาฟางให้เมล็ดแยกออกจากฟางได้ดีส่งผลต่อความสูญเสียที่ลดลง ซึ่งพฤติกรรมนี้จะตรงกันข้ามกับข้าวฟางยาว แต่ระยะนี้ไม่ควรมีระยะที่กว้างมากเกินไปเพราะจะทำให้โครงสร้างของชุดนวดและเครื่องเกี่ยวนวดด้านบนที่อาจจะสูงมากเกินไป

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นวดในแนวดิ่งควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 170 มิลลิเมตร

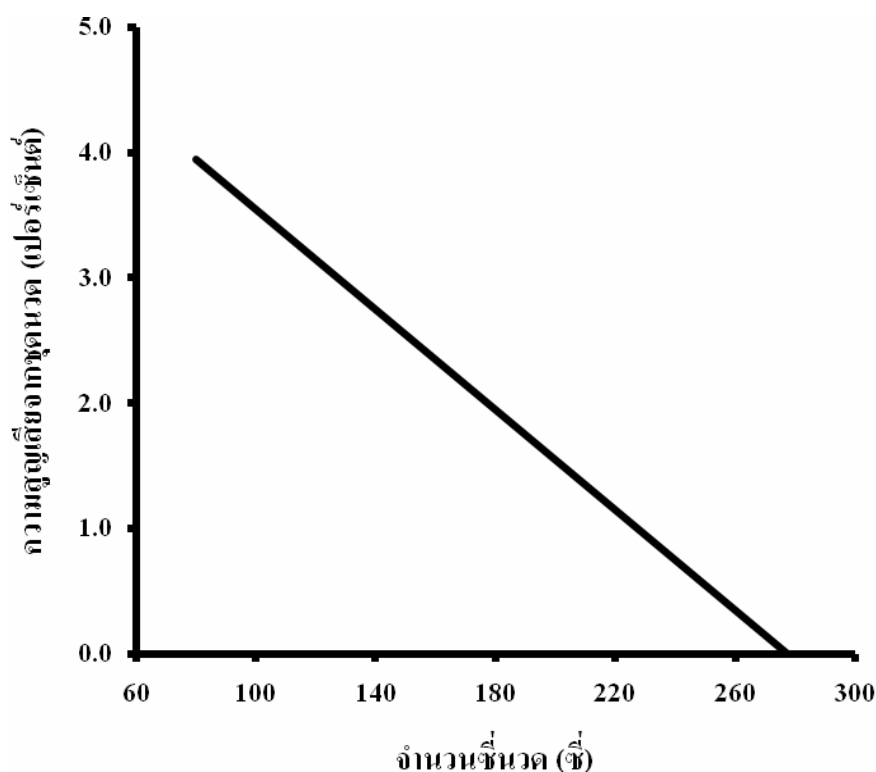


ภาพที่ 15 ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นวดในแนวดิ่งที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

4.6 ผลของจำนวนชิ้นวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ผลของจำนวนชิ้นวดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นวดในแนวตั้งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะช่องว่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชิ้นวดในแนวตั้งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร และชิ้นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) โดยเครื่องเกี่ยวนวดปรับมุมครีบบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด 68 องศา ใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ทำงานที่อัตราการป้อนเท่ากับ 14 ต้นต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 ดังแสดงในภาพที่ 16 พบว่า เมื่อจำนวนชิ้นวดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการนวดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนชิ้นวดเป็นการเพิ่มความรุนแรงในการฟาดตีให้เมล็ดข้าวหลุดออกจากรวงได้ดีขึ้นจึงส่งผลต่อความสูญเสียที่ลดลง โดยเฉพาะความสูญเสียจากการนวดรวมทั้งอาจจะเป็นการฟาดตีให้ฟางขาดเป็นท่อนที่สั้นส่งผลต่อการคัดแยกเมล็ดให้ออกจากฟางที่ง่ายขึ้น ทำให้ความสูญเสียจากการคัดแยกเมล็ดออกจากฟางลดลง แต่จำนวนชิ้นวดที่มากขึ้นจะส่งผลต่อการใช้พลังงานในการนวดที่สูงขึ้นเช่นกัน

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าจำนวนชิ้นวดควรมีจำนวนไม่น้อยกว่า 150 ซี่

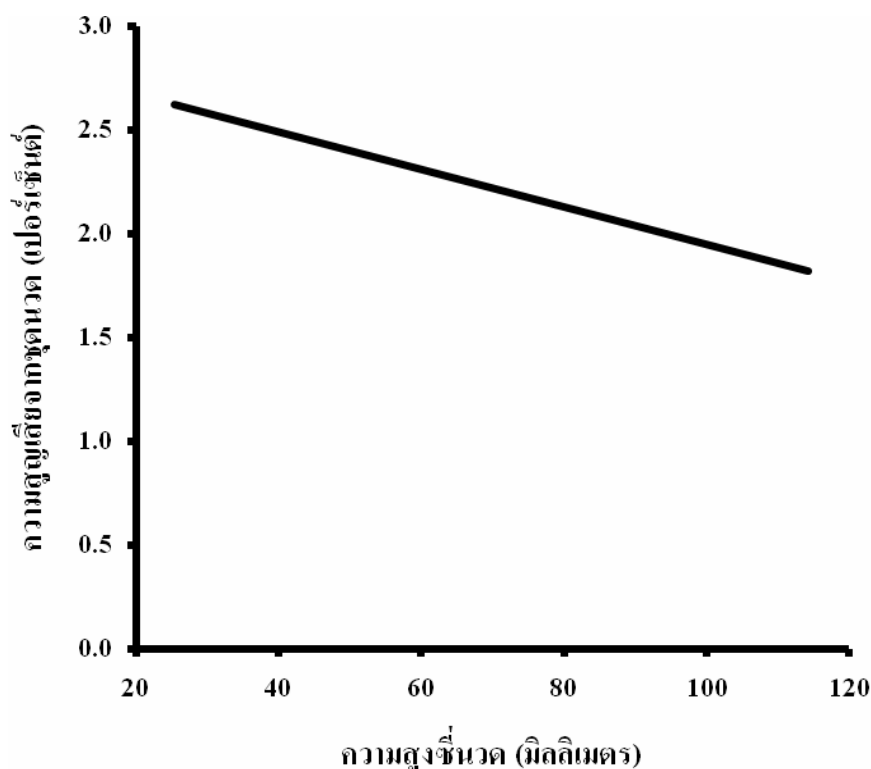


ภาพที่ 16 ผลของจำนวนต้นกล้าที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

4.7 ผลของความสูงต้นกล้าที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ภาพที่ 17 แสดงผลของความสูงต้นกล้าที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดเท่ากับ 170 มิลลิเมตร และมีจำนวนซี่นวดเท่ากับ 175 ซี่ โดยเครื่องเกี่ยวนวดปรับมุมกรีดวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด 68 องศา ใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที ทำงานที่อัตราการป้อนเท่ากับ 14 ต้นต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 พบว่า เมื่อความสูงของต้นกล้ามีค่าเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการนวดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของความสูงของต้นกล้าเป็นการเพิ่มความรุนแรงในการฟาดตีให้เมล็ดหลุดออกจากรวง และอาจเป็นการช่วยเพิ่มการสางฟางและหรือแยกเมล็ดให้ออกจากฟางสลับกับการฟาดตีได้ดีขึ้น แต่ความสูงของต้นกล้าอาจส่งผลต่อการใช้พลังงานในการนวดที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่าความสูงของต้นกล้าควรมีความสูงไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร หรือประมาณ 2 นิ้ว



ภาพที่ 17 ผลของความสูงชั้นводที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

จากความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการออกแบบชุดนวดกับความสูญเสียจากชุดนวด ถ้าต้องการให้มีความสูญเสียจากชุดนวดไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ควรใช้ลูกนวดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (ไม่รวมความยาวชั้นвод) ไม่น้อยกว่า 457 มิลลิเมตร หรือขนาดลูกนวดไม่ต่ำกว่า 18 นิ้ว ระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดควรใช้ไม่น้อยกว่า 17.5 มิลลิเมตร แต่ไม่ควรมีระยะห่างเกิน 20 มิลลิเมตร เพราะจะทำให้มีเศษฟางตกลงไปยังชุดทำความสะอาดมากเกินไป ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชั้นводในแนวตั้งควรใช้ระยะห่างไม่เกิน 17 มิลลิเมตร สำหรับระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชั้นводในแนวระดับควรใช้ระยะห่างไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชั้นводควรใช้ระยะห่างไม่น้อยกว่า 170 มิลลิเมตร และสำหรับชุดนวดที่มีความยาว 1.80 เมตร (6 ฟุต) ควรมีจำนวนชั้นводไม่น้อยกว่า 150 ซี่ โดยชั้นводควรมีความสูงไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร หรือ 2 นิ้ว

ดังนั้นในการออกแบบชุดนวดสำหรับเก็บเกี่ยวข้าวชัยนาท 1 และหรือข้าวพันธุ์ลูกผสม ควรพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ประกอบการออกแบบ เช่น ถ้าต้องการลดขนาดลูกนวดให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 20 นิ้ว ควรพิจารณาปรับค่าปัจจัยอื่นๆ ตามความเหมาะสมโดยอาจจะลดระยะห่างระหว่าง

ตะแกรงขนาดลํากับปลายขึ้นวดในแนวดิ่ง และระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงขนาด หรือเพิ่มระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดลํากับปลายขึ้นวดในแนวระดับและจำนวนขึ้นวด เป็นต้น

สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปัจจัยการออกแบบชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด ประกอบไปด้วย ขนาดลูกนวด ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง จำนวนซี่นวด และความสูงซี่นวด ซึ่งผลการศึกษสามารถสรุปได้ตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1) สมการประมาณการความสูญเสียจากชุดนวดแบบไหลตามแกน

สมการประมาณการความสูญเสียเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เนื่องจากปัจจัยการออกแบบชุดนวดและปัจจัยการทำงานของชุดนวด มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.910 ส่วนการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 สมการประมาณการความสูญเสียจากชุดนวดมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.729

2) ร้อยละของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด

สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จำนวนซี่นวด (NT) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ (SC) และ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในดิ่ง (UC) เป็นกลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างมากโดยมี ค่าเท่ากับร้อยละ 30.43 28.20 และ 27.31 ตามลำดับ ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง (CC) ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงซี่นวด (HT) เป็นกลุ่มของปัจจัยการออกแบบที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างน้อยโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.07 2.58 2.40 และ 1.07 ตามลำดับ

สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ (SC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง (CC) และ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในดิ่ง (UC) เป็นกลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างมากโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 27.54 25.86 20.29 และ 15.27 ตามลำดับ ส่วนจำนวนซี่นวด (NT) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงซี่นวด (HT) เป็นกลุ่มของปัจจัยการออกแบบที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างน้อยโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.14 1.90 และ 0.22 ตามลำดับ

3) แนวโน้มของปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด

ในการนวดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ของเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหลตามแกน เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด ระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ จำนวนซี่นวด และความสูงซี่นวดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มลดลง ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง และระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดมีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด ระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวด จำนวนซี่นวด และความสูงซี่นวดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มลดลง ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งมีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

โครงการวิจัยในครั้งนี้ได้เน้นศึกษาปัจจัยการออกแบบที่สำคัญของชุดนวดแบบไหลตามแกนของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด ซึ่งทำให้ทราบว่า การออกแบบชุดนวดมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างสูง โดยเฉพาะรูปร่างของตะแกรงนวดทั้งบนและล่าง ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาในเชิงลึกถึง ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง และจำนวนซี่นวด เนื่องจากมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างสูง ส่วนขนาดลูกนวด และความสูงซี่นวด มีผลค่อนข้างน้อย และหรืออาจมีการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนขนาดค่อนข้างยาก สำหรับระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดชุดนวดแบบไหลตามแกนของเครื่องเกี่ยวนวดที่ใช้ในปัจจุบัน มีระยะที่เหมาะสมแล้ว

เอกสารอ้างอิง

- จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ. 2544. วิวัฒนาการเครื่องเก็บเกี่ยวและนวดข้าวในประเทศไทย. **ข่าวสารกองเกษตรวิศวกรรม**. 12(3): 2-7.
- วรจิต พยอม. 2545. การศึกษาปัจจัยการออกแบบอุปกรณ์นวดและทำความสะอาดสำหรับเครื่องเกี่ยวขนาดเล็ก [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วิชามันทำการ, เขาวนั้ หมายตามกลาง, เอนก สุขเจริญ. 2537. การวิจัยและพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าว. **วิศวกรรมสาร มก.** 8(23): 53-69.
- วินิต ชินสุวรรณ. 2549. ปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวในประเทศไทย . เอกสารการประชุมวิชาการของสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 7 ประจำปี 2549; 24-23มกราคม 2549; มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม.
- วินิต ชินสุวรรณ. 2553. การศึกษาประเมินประสิทธิภาพเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพื่อลดความสูญเสียและเพิ่มศักยภาพในการส่งออก. รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ)สวทช(.
- วินิตชินสุวรรณ, ณรงค์ ปัญญา, ศรีสมร ทวีโชคชาญชัย. 2541. การศึกษาปัจจัยสำหรับออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกหอมมะลิในระดับกลุ่มเกษตรกร. **วารสารวิจัย มข.** 3(2): 19-30.
- วินิตชินสุวรรณ, นิพนธ์ ป้องจันทร์, สมชาย ชวนอุดม, วรจิต พยอม. 2547. ผลของดัชนีลื้อโน้มที่มีต่อความสูญเสียในการเกี่ยวของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว. **วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย**. 10(1):7-9.
- วินิตชินสุวรรณ, นิพนธ์ ป้องจันทร์, สมชาย ชวนอุดม, วรจิต พยอม. 2546a. ผลของความเอียงของแถบขึ้นนวดและระยะห่างช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดที่มีต่อสมรรถนะการนวดของเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกน. **วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย**. 10(1):15-20.
- วินิต ชินสุวรรณ, นิพนธ์ ป้องจันทร์, สมชาย ชวนอุดม, วรจิต พยอม. 2546b. ผลของอัตราการป้อนและความเร็วลูกนวดที่มีต่อสมรรถนะการนวดของเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกน. **วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย**. 10(1):9-14.

- วินิต ชินสุวรรณ, นิพนธ์ ป้องจันทร์, สมชาย ชวนอุดม, วราจิต พยอม. 2546c. การเปรียบเทียบกำลังที่ต้องการใช้ในการทำงานสำหรับลูกนวดแบบไหลตามแกนที่ใช้ใบพัดส่งฟางแบบต่างๆ. **วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย**. 10(1):21-24.
- วินิต ชินสุวรรณ, นิพนธ์ ป้องจันทร์, สมชาย ชวนอุดม, วราจิต พยอม. 2546d. ผลของความลาดเอียงและความเร็วของตะแกรงทำความสะอาดที่มีต่อสมรรถนะการทำความสะอาดของเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกน. **วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย**. 10(1):25-30.
- วินิต ชินสุวรรณ, วสุ อุดมเพทายกุล, สมชาย ชวนอุดม, วราจิต พยอม, ณรงค์ ปัญญา, สุชาติ กลิ่นทองกลาง และคณะ. 2543. ระบบการใช้เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและเพิ่มคุณภาพของผลผลิตข้าวหอมมะลิในเขตทุ่งกุลาร้องไห้. รายงานผลการศึกษา เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. [ม.ป.ท.: ม.ป.พ.].
- วินิต ชินสุวรรณ, ศิโรรัตน์ พิลาวัฐ, นิพนธ์ ป้องจันทร์. 2550. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวเปลือกเมื่อเก็บรักษาในไซโลเหล็ก **วารสารวิจัย มข.** 12(2): 166-157.
- วินิต ชินสุวรรณ, สมชาย ชวนอุดม, วราจิต พยอม. 2545. การประเมินความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าว **วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย**. 9(1): 14-19.
- วินิต ชินสุวรรณ, สมชาย ชวนอุดม, วราจิต พยอม, นิพนธ์ ป้องจันทร์. 2547. ระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ความเร็วลูกนวดและอัตราการป้อน ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องเกี่ยวนวดในการเก็บเกี่ยวข้าวเหนียว. **วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย**. 11(1): 3-6.
- วินิต ชินสุวรรณ, สมชาย ชวนอุดม, วราจิต พยอม, ณรงค์ ปัญญา. 2544. การประเมินผลสมรรถนะการใช้งานเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ ปี 2543. รายงานผลการศึกษา เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. [ม.ป.ท.: ม.ป.พ.].
- วินิต ชินสุวรรณ, สมชาย ชวนอุดม, วสุ อุดมเพทายกุล, วราจิต พยอม, ณรงค์ ปัญญา. 2542. ความสูญเสียในการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิโดยใช้แรงงานคนและใช้เครื่องเกี่ยวนวด. **วารสารวิจัย มข.** 4(2): 4-7.
- วินิต ชินสุวรรณ, สุนทร โมงปราณีต, ณรงค์ ปัญญา. 2540. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวด. **วารสารวิจัย มข.** 2(1): 54-63.
- สมชาย ชวนอุดม. 2550. การทำนายความสูญเสียจากระบบการนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ขอนแก่น.
- สมชาย ชวนอุดม. 2543. การศึกษาความสูญเสียจากระบบการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิโดยแรงงานคนและการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวด [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ขอนแก่น.

- สมชาย ชวนอุดม, วินิต ชินสุวรรณ. 2550. พารามิเตอร์การทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตาม
แกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากการระบบการนวด. **วารสารวิจัย มข.** 12(4): 442-450.
- สมชาย ชวนอุดม, วินิต ชินสุวรรณ. 2552. ผลของระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดและจำนวนสัน
ตะแกรงนวดที่มีสมรรถนะการนวดของชุดนวดแบบไหลตามแกน สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1.
วารสารวิจัย มข. 14(11): 1025-1036.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี
2549** [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 1เมษายน2551]. จาก <http://www.oae.go.th/statistic/yearbook49/>
- Andrews, S.B., Siebenmorgen, T.J., Vories, E.D., Loewer, D.H., Mauromoustakos, A. 1993. Effects
of Combine Operating Parameters on Harvest Loss and Quality in Rice. **Transactions of the
American Society of Agricultural Engineers (Transactions of ASAE)**. 36(6): 1599 – 1607.
- Dilday, R.H. 1989. Milling Quality of Rice: Cylinder Speed vs. Grain-Moisture Content at Harvest.
Crop Science. 29(6): 1532-1535.
- Gummert, M., Kutzbach, H.D., Muhlbauer, W., Wacker, P., Quick, G.R. 1992. Performance
Evaluation of An IRRI Axial-flow Paddy Thresher. **AMA**. 23(3): 47-58.
- Han, K., An, J., Zhang, X., Gao, S. 1999. **Experimental Studies on Velocity Distribution of the Air
Flow in the Multi-Use Fan-Type Thresher**. Agricultural Engineering & Rural
Development. China: [n.p.].
- Harrison, H.P. 1991. Rotor Power and Losses of an Axial-flow Combine. **Transactions of ASAE**.
34(1): 60-64.
- Jacques, R., Pozzolo, O., Urrutia, M.I. 1992. Aquali-quantitative analysis of losses caused by two
different threshingsystem [Abstract]. In: **II congreso argentino de ingenieria rural
[Argentinian Conference on Agricultural Engineering]** [m.p.]; 81. [From CAB; 1993-
4/95].
- Joshi, H.C., Singh, K.N. 1980. Development of Pantnagar-IRRI Multi-crop Thresher. **AMA**. 11(4):
53-63.
- Kradangnga, P., Sukchareon, A., Suwatanakul, N., Kobayashi, K., Goto, Y. 1991. Study on Paddy
Grain from Axial Flow Rice Thresher. **Kasetsart J.** 25 (Nat. Sci. Suppl.): 140-148.
- Manthamkan, V., Gonno, K., Goto, Y. 1992. Performance Test of Rice Combined Harvesters.
Kasetsart J. 26 (Nat. Sci. Suppl.): 97-102.

Miu, P.I. 2002. Mathematical Model of Threshing process in an Axial Unit with Tangential Feeding.

Paper presented at **the AIC 2002 Meeting CSAE/SCGR Program**; 2002, July 14-17;
Saskatchewan, Canada.*

Streicher, E.A., Stroshine, R.L., Krutz, G.W., Hinkle, C.N. 1986. Cleaning Shoe Air Velocities in
Combine Harvesting of Wheat. **Transactions of ASAE**. 29 (4): 923-928.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สภาพข้าวและความสูญเสียจากชุดนวด จากการทดสอบเครื่องเกี่ยว
นวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ตารางที่ ก1 ความชื้นของเมล็ดและฟาง และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางจากการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

เครื่อง ที่	ความชื้นของเมล็ด (เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก)				ความชื้นของฟาง (เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก)				อัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง โดยน้ำหนักสด			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
1	24.57	25.34	27.83	25.91	63.05	59.34	62.37	61.59	0.57	0.50	0.39	0.49
2	18.44	17.96	18.25	18.21	60.54	60.65	58.60	59.93	0.37	0.40	0.47	0.41
3	23.57	22.62	23.36	23.18	65.37	66.53	66.78	66.23	0.70	0.69	0.66	0.68
4	23.81	24.17	22.36	23.45	65.68	65.59	65.90	65.73	0.44	0.43	0.48	0.45
5	22.57	23.19	23.13	22.96	63.35	63.57	64.31	63.74	0.65	0.68	0.65	0.66
6	23.33	19.51	23.77	22.20	65.19	63.59	66.01	64.93	0.47	0.45	0.44	0.45
7	24.90	25.90	24.03	24.94	62.85	64.34	65.04	64.08	0.53	0.63	0.42	0.53
8	25.58	23.44	21.35	23.45	62.36	60.52	62.34	61.74	0.48	0.67	0.62	0.59
9	23.86	25.36	24.60	24.61	66.18	65.92	67.89	66.66	0.61	0.36	0.54	0.50
10	25.75	26.23	25.48	25.82	63.98	64.88	61.74	63.53	0.38	0.49	0.32	0.40
11	22.07	20.46	20.47	21.00	60.89	62.05	58.58	60.51	0.36	0.37	0.42	0.38
12	22.68	23.89	21.94	22.84	65.17	64.69	61.63	63.83	0.35	0.43	0.40	0.40
13	26.30	24.82	23.45	24.86	63.68	62.76	62.99	63.14	0.72	0.75	0.62	0.70
14	16.30	17.46	15.74	16.50	60.59	58.91	58.60	59.37	0.59	0.63	0.65	0.62
15	23.03	25.87	27.96	25.62	63.60	64.38	65.44	64.48	0.53	0.42	0.49	0.48
16	23.64	20.25	20.52	21.47	60.67	56.23	58.60	58.50	0.15	0.22	0.28	0.21
17	22.22	22.72	22.54	22.49	64.09	60.14	59.58	61.27	0.40	0.33	0.59	0.44

ตารางที่ ก2 ความสูญเสียจากการนวด การคัดแยกฯ และจากชุดนวดจากการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

เครื่อง ที่	ความสูญเสียจากการนวด				ความสูญเสียจากการคัดแยกฯ				ความสูญเสียจากชุดนวด			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
1	0.002	0.021	0.007	0.010	2.38	8.84	5.70	5.64	2.39	8.86	5.71	5.65
2	0.000	0.000	0.000	0.000	2.20	1.88	1.77	1.95	2.20	1.88	1.77	1.95
3	0.006	0.005	0.037	0.016	5.54	3.21	5.55	4.77	5.54	3.21	5.59	4.78
4	0.022	0.008	0.003	0.011	6.32	5.12	7.37	6.27	6.34	5.12	7.37	6.28
5	0.038	0.051	0.009	0.033	3.70	1.89	4.68	3.42	3.74	1.94	4.69	3.46
6	0.002	0.006	0.000	0.003	1.84	1.29	1.49	1.54	1.84	1.30	1.49	1.54
7	0.000	0.008	0.019	0.009	3.01	3.99	3.22	3.41	3.01	3.99	3.24	3.41
8	0.034	0.005	0.006	0.015	3.40	4.46	1.87	3.24	3.44	4.47	1.87	3.26
9	0.022	0.024	0.039	0.028	4.12	4.83	4.27	4.41	4.14	4.85	4.31	4.43
10	0.007	0.006	0.008	0.007	14.85	8.94	10.69	11.49	14.85	8.94	10.70	11.50
11	0.002	0.010	0.016	0.009	3.54	3.56	2.42	3.17	3.54	3.57	2.44	3.18
12	0.035	0.015	0.032	0.028	3.28	4.29	3.60	3.72	3.31	4.31	3.63	3.75
13	0.012	0.024	0.030	0.022	3.22	3.90	5.53	4.22	3.24	3.93	5.56	4.24
14	0.001	0.001	0.003	0.002	0.89	0.84	1.00	0.91	0.89	0.84	1.00	0.91
15	0.006	0.012	0.014	0.011	3.24	2.23	2.20	2.56	3.25	2.24	2.22	2.57
16	0.000	0.000	0.005	0.002	2.47	5.53	4.72	4.24	2.47	5.53	4.73	4.24
17	0.000	0.002	0.002	0.002	5.17	6.21	6.24	5.87	5.17	6.21	6.24	5.87

ภาคผนวก ข

สภาพข้าวและความสูญเสียจากชุดนวด จากการทดสอบเครื่องเกี่ยว
นวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ตารางที่ ข1 ความชื้นของเมล็ดและฟาง และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางจากการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

เครื่อง ที่	ความชื้นของเมล็ด (เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก)				ความชื้นของฟาง (เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก)				อัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง โดยน้ำหนักสด			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
1	24.77	23.37	24.97	24.37	65.22	63.39	64.55	64.39	1.02	0.93	0.96	0.97
2	22.37	22.54	22.83	22.58	64.13	64.79	62.30	63.74	0.90	0.71	0.63	0.75
3	29.33	29.52	29.22	29.36	59.51	61.13	63.33	61.32	1.44	1.45	1.25	1.38
4	30.55	27.32	26.77	28.21	67.63	65.31	65.64	66.19	0.45	0.39	0.54	0.46
5	29.28	33.63	26.24	29.72	68.79	70.44	70.33	69.85	0.98	0.57	0.77	0.77
6	24.96	25.08	25.52	25.19	64.99	63.36	62.62	63.66	0.88	1.16	1.04	1.02
7	25.03	27.29	26.10	26.14	66.30	66.85	63.40	65.52	0.76	0.73	1.12	0.87
8	22.50	23.11	27.14	24.25	65.99	65.63	65.62	65.75	0.78	1.08	0.82	0.89
9	23.43	23.43	24.01	23.63	65.60	66.33	64.69	65.54	0.74	0.62	0.55	0.64
10	26.96	27.05	26.88	26.96	67.38	64.75	67.73	66.62	1.02	1.20	0.95	1.06
11	21.54	21.49	22.71	21.91	63.19	65.33	64.79	64.44	1.03	0.73	0.94	0.90
12	22.12	24.31	22.26	22.90	59.59	63.08	60.59	61.09	0.89	0.71	0.78	0.80
13	22.04	22.08	19.81	21.31	64.27	61.63	60.03	61.98	0.81	1.01	1.05	0.96
14	23.70	23.69	23.87	23.75	59.95	56.29	58.16	58.13	1.14	0.93	1.07	1.04
15	23.45	21.61	21.64	22.23	62.63	63.32	63.30	63.08	0.81	0.54	0.50	0.62
16	21.07	22.07	22.95	22.03	61.72	59.07	62.57	61.12	0.89	0.71	0.61	0.74
17	26.43	24.97	25.55	25.65	62.14	61.30	60.60	61.35	0.96	1.25	1.28	1.16

ตารางที่ ข2 ความสูญเสียจากการนวด การคัดแยกฯ และจากชุดนวดจากการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวด
เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

เครื่อง ที่	ความสูญเสียจากการนวด				ความสูญเสียจากการคัดแยก				ความสูญเสียจากชุดนวด			
	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
1	0.076	0.154	0.100	0.110	3.28	3.59	3.69	3.52	3.36	3.74	3.79	3.63
2	0.188	0.320	0.200	0.236	3.94	3.31	3.49	3.58	4.13	3.63	3.69	3.82
3	0.127	0.058	0.097	0.094	4.08	6.62	3.95	4.88	4.21	6.67	4.05	4.98
4	0.139	0.401	0.147	0.229	6.85	10.12	8.52	8.50	6.99	10.52	8.67	8.73
5	0.115	0.284	0.279	0.226	4.893	5.231	4.858	4.99	5.01	5.52	5.14	5.22
6	0.045	0.066	0.207	0.106	5.88	8.83	9.90	8.20	5.93	8.90	10.10	8.31
7	0.683	1.724	1.868	1.425	14.08	11.73	13.04	12.95	14.77	13.45	14.91	14.37
8	0.364	0.321	0.704	0.463	8.07	6.92	6.83	7.27	8.43	7.24	7.53	7.73
9	0.136	0.111	0.122	0.123	5.67	5.09	6.77	5.84	5.81	5.20	6.89	5.96
10	0.037	0.034	0.037	0.036	6.14	3.32	3.49	4.32	6.18	3.35	3.53	4.35
11	0.071	0.057	0.017	0.049	4.69	4.86	6.69	5.41	4.76	4.91	6.71	5.46
12	0.077	0.028	0.034	0.046	8.33	8.95	8.32	8.54	8.41	8.98	8.36	8.58
13	0.018	0.004	0.006	0.009	6.91	4.08	5.92	5.64	6.93	4.08	5.93	5.64
14	0.207	0.093	0.062	0.121	7.93	4.95	4.11	5.66	8.14	5.04	4.17	5.78
15	0.413	1.322	3.139	1.625	7.39	5.15	5.21	5.92	7.81	6.48	8.35	7.54
16	0.112	0.140	0.185	0.146	3.72	4.42	3.63	3.92	3.83	4.56	3.82	4.07
17	0.054	0.064	0.047	0.055	5.49	4.29	4.50	4.76	5.54	4.36	4.54	4.81

ภาคผนวก ค
Output จากโครงการวิจัย

บทความวิจัยที่จะลงตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

จากการดำเนินโครงการที่ผ่านมา นักวิจัยได้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์เรื่อง “Effects of Threshing Unit Feature on Threshing Unit Losses for Thai Axial Flow Rice Combine Harvesters” ในวารสาร Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA) เป็นวารสารที่มีที่ตั้งที่ประเทศญี่ปุ่นและอยู่ในฐาน SIS และบทความอยู่ระหว่างการตีพิมพ์ โดยมีเนื้อหาดังนี้

Effects of Threshing Unit Feature on Threshing Unit Losses for Thai Axial Flow Rice Combine Harvesters

by
Somchai Chuan-udom
Assistant Professor
Dept. of Agricultural Engineering,
Faculty of Engineering,
Khon Kaen University,
Khon Kaen, Thailand, 40002
somchai.chuan@gmail.com

Winit Chinsuwan
Associate Professor
Dept. of Agricultural Engineering,
Faculty of Engineering,
Khon Kaen University,
Khon Kaen, Thailand, 40002

Abstract

The objective of this research was to investigate the effects of threshing unit feature on threshing unit losses for Thai axial flow rice combine harvesters. Chainat 1 variety is the most susceptible to the losses by the threshing units. The results indicated that the concave rod clearance (RC) was the most effect on threshing unit loss, at 27.54%, followed by the side concave clearance (SC), concave clearance (CC), and upper concave

clearance (UC), at 25.86, 20.29, and 15.27%, respectively. The number of spike teeth (NT), rotor diameter (RD), and height of spike teeth (HT) showed relatively low losses by the threshing units, at 9.14, 1.90, and 0.22%, respectively. The increase of RC, SC, UC, RD, NT, and HT reduced threshing unit losses, whereas the increase of CC increased the loss.

Keywords: rice combine harvester, axial flow threshing unit, threshing unit feature

Introduction

At present rice combine harvesters are playing an important role in rice harvesting in Thailand. About 10,000 Thai rice combine harvesters are spread all over the country (Chinsuwan, 2010), as shown in Figure 1. These combine harvesters are capable of harvesting all rice varieties in Thailand and all of them are axial flow type, as shown in Figure 2.

Threshing loss is an imperative problem for Thai combine harvester. Chuan-udom and Chinsuwan (2010) found that the threshing unit caused approximately 90 percent of loss from the total losses and was particularly true with the hybrid varieties. The threshing unit losses were not only caused by the difference in threshing feature, but also by threshing unit adjustments and operation conditions.

The study of operations and adjustments of the Thai axial flow combine harvester by Chuan-udom and Chinsuwan (2009a) showed that the rotor speed, guide vane inclination, grain moisture content, feed rate, and grain to material other than grain, had significant effects on the threshing unit losses. Besides operation and adjustments, the feature or design of the threshing unit is also an important factor leading to losses from the threshing unit. Despite the fact that the combine harvester manufacturers in Thailand produce similar axial flow combine harvesters but, the sizes and the various clearances in the threshing units are different from one to another. The study by Chinsuwan et al (2003) on the effects of the threshing bar inclination and concave rod clearance on threshing losses of an axial flow rice thresher used with Thai Hommali rice revealed that the threshing bar inclination did not affect to threshing unit loss. The concave rod clearance of 17 to 20 millimeters was recommended. Chinsuwan et al (2004) also studied the clearance between the threshing bars for a sticky rice thresher and recommended the 17 to 22 millimeter clearance. The study by Chuan-udom and Chinsuwan (2009b) on the concave rod clearance and the number of concave bars for Chainat 1. The concave rod

clearance between 15 to 20 millimeters was recommended and that the number of concave bars has no effect on the losses.

It can be seen that in the past studies had emphasized the operations of threshing units. The important factors in the feature of axial flow combine harvesters only included the concave rod clearance, the threshing bar inclination, and the number of concave bars. There are still other major factors in the feature of threshing units, where a few research has been done, especially in the Thai axial flow rice combine harvester. Additionally, the past research was performed on one particular factor at a time, which may not have greatly affected the overall operation of threshers. Hence, the objective of this research was to study the effects of overall threshing unit feature on threshing unit losses for Thai axial flow rice combine harvesters. The results would be useful for designing the feature of threshing units for reducing the losses on a combine harvester.

Methodology

Experimental Factors

The important factors that affected to the threshing unit losses (TL) of Thai axial flow rice combine harvester were comprised of the rotor diameter (RD), concave rod clearance (RC), concave clearance (CC), side concave clearance (SC), upper concave clearance (UC), number of spike teeth (NT), and height of spike teeth (HT), as shown in Figure 3. The operational factors affecting the losses from the threshing unit and thus taken into account which included the tangential rotor speed (RS), guide vane inclination (GI), grain moisture content (MC), feedrate (FR), and grain to material other than grain (GM) (Chuan-udom and Chinsuwan, 2009a). The finding indicator Chainat 1, which is the most susceptible variety to threshing unit losses in the Thai axial flow rice combine harvesters were used in the test.

Experimental Design

Since there were many factors taken into account in the study, a normal experimental plan would be costly and required a very large size of experimental field. Furthermore, the samples had to be collected within the experimental day so that their conditions would not alter too much. Thai axial flow rice combine harvesters even though have been developed and improved until they become suitable for domestic harvesting, but the design of clearances and sizes of the various components are different. These limitations, together with the condition of the axial flow rice combine harvester being

used in the country necessitated the use of sampling experimentation by random. Different feature factors of threshing unit from seventeen combine harvesters at work through the harvesting season were sampled for measurement before the data on the operations and loss were collected.

Data Collection

The experiment was conducted in 3 replicates, each time with the combine harvesters operating for not less than a 15-meter distance so that the machine would have attained its constant operation condition and the data on losses were collected after 10 meters.

The experimental steps included collection of materials discharged from the threshing unit using a net bag (Figure 4) and then straw was separated in order to obtain the grains that were still on the ears (the threshing losses), and the threshed grains. Both of these losses were designated as the TL.

Analysis

The feature factors and the operation results affecting the TL were determined from the collected data through the multiple linear regression equation, shown in Equation 1:

$$Y = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + \dots + A_nX_n \quad \dots(1)$$

Where	Y	= threshing unit loss
	$X_1, X_2, \dots, X_n$	= factors
	$A_0, A_1, \dots, A_n$	= constants

From the multiple linear regression, an analysis was conducted to determine the influence of the feature factors based on the results of factors affecting R^2 and tendency of the factors to affect the TL.

Results and Discussion

The experiment conducted in May and June, 2010. Seventeen axial flow rice combine harvesters were investigated. The rice conditions, threshing unit feature, operations, and the TL are shown in Tables 1 and 2.

From the data in Table 2, the multiple linear regression equation was constructed based on the pattern of Equation 1. The equation was obtained of the threshing unit feature factors and the operations affecting the TL (Equation 2) with the coefficient of determination (R^2) equal to 0.729.

$$\begin{aligned} TL = & 63.417 - 0.009(RD) - 1.822(RC) + 0.213(CC) - 0.119(SC) \\ & - 0.041(UC) - 0.02(NT) - 0.009(HT) - 0.211(GI) - 0.059(RS) \\ & + 0.151(MC) + 0.071(FR) - 0.371(GM) \end{aligned} \quad \dots(2)$$

Influences of Feature Factors on Threshing Unit Losses

Equation 2 was used to analyze the factors in the feature and operations of the threshing unit of the axial flow rice combine harvesters that affected the TL as shown in Table 3. It was found that the first 5 factors with an influence on the TL were in the threshing unit feature. RC had the greatest effect on the TL (22.80%), followed by SC, CC, UC, and NT, with the effects on the TL at 21.41, 16.80, 12.64, and 7.57%, respectively. The total effect of these 5 factors on the TL was roughly 80%. The other threshing unit feature factors, RD and HT had an effect on losses of 1.57 and 0.18%, respectively. The operation factors of the threshing units, GI, MC, FR, RS, and GM were found to affect the TL at 7.11, 5.72, 3.41, 0.42, and 0.37%, respectively.

The threshing unit feature factors were compared to the threshing unit operation factors. The results indicated that the threshing unit feature greatly affected the TL. The influence on the loss was about 83%. The threshing unit operation factors affected the TL at about 17%. It can be seen that the threshing unit feature is very important for the loss of harvesting, especially the TL. Equation 2 when considering only the threshing unit feature factors on the TL, as shown in Table 4.

Table 4 shows that the seven threshing unit feature factors taken into consideration were divided into two groups. The first group consisted of factors affecting the TL at a relatively high level. RC had the greatest effect on the TL at 27.54%, followed by SC, CC, and UC where the effects were 25.86, 20.29, and 15.27%, respectively. The second group including NT, RD and HT showed relatively low effects on the TL, i.e., at 9.14, 1.90, and 0.22%, respectively. This shows that these factors operate effectively in the Thai axial flow rice combine harvesters.

The Tendency of Threshing Unit Feature on Threshing Unit Losses

Equation 2 was used to determine the relationships between each factor of the threshing unit feature and the TL. In the analysis, the operations of the combine harvester were set. The RS was 18 m/s and the GI was 68 degrees, harvesting rice at 23 %wb MC. The FR was 14 tons/h, harvesting rice with 0.6 GM, which was the appropriate rice condition for the operation (Chuan-udom, 2007). The results are as follows:

Figure 5 shows the effect of RD on the TL when the threshing units had 18 mm RC, 15 mm CC, 40 mm SC, 170 mm UC, 175 NTs, and 88.9 mm HT. The results show that when the RD size was increased, the TL tended to decrease, since the increasing diameter of the rotor necessitated a larger concave, resulting in a greater area for threshing and removal of straws from grains. More grains were able to fall down to the cleaning unit, thus decreasing loss.

The following effects of RC were found on the TL, on the condition of 508 mm RD, 15 mm CC, 40 mm SC, 170 mm UC, 175 NTs, and 88.9 mm HT, as shown in Figure 6. It was found that the increase of RC decreased the TL since the increase of the RC means the enlargement of the space for more threshed grains to pass the mesh before being blown away with the straws by the straw rotor blades. Therefore, the TL, especially losses from separation of grains from straw, decreased. This result agrees with the results of the previous study of Chuan-udom and Chinsuwan (2009b).

Figure 7 indicates the results of CC on the TL when RD was 508 mm, RC was 18 mm, SC was 40 mm, UC was 170 mm, with NT of 175 tooth, and HT was 88.9 mm. The TL was found to increase with the increase of CC. This result correlates to the study of Joshi and Singh (1980). The increasing of this clearance lower the threshing action, leading to less capacity in the performance of the thresher in removing the grains from the ears, which are in turn blown away by the rotor blades resulting in increasing the TL.

The effects of SC on the TL were found when RD was 508 mm, RC was 18 mm, CC was 15 mm, UC was 170 mm, there were 175 NTs, and HT was 88.9 mm, as shown in Figure 8. When the SC increased the TL showed a tendency to decrease since the increase of this clearance reduced disentangling the straws, which meant the straws no longer hold the threshed grains when they were blown out of the straw chute. The action was done simultaneously with the beating of straws to loosen the grains from the ears by

the rotor and the lower concave. This was done alternately with the action of the combing of straws by the rotor and the concave in horizontal. Nevertheless, the clearance should be limited at certain level because if it is too wide, the strength on the structure of the threshing unit and the combine harvester will be reduced. This can result in manufacturing complexity and cost.

Figure 9 shows the effects of UC on the TL with 508 mm RD, 18 mm RC, 15 mm CC, 40 mm SC, 175 NTs, and 88.9 mm HT. It was found that when the SC increased the TL was likely to decrease. The timing of rotational beating of straws towards the upper part of the threshing unit (at the UC) with the large clearance could lead to blowing or the disentangling of straws and dropping of the grains, leading to less loss. However, the clearance should not be too high because it also could affect the thresher structure or the upper combine harvester.

The effects of NT on the TL occurred when RD was 508 mm, RC was 18 mm, CC was 15 mm, SC was 40 mm, UC was 170 mm, and HT was 88.9 mm as can be seen in Figure 10. The increase of NTs led to the decrease of the TL. The higher the number of threshing spike teeth increased the impact of beating making more grains dropping from the ears, and hence lowering the TL, especially threshing losses. Also, the straws could be cut into shorter strings because the beating or impact action which resulting in ease of grains separating from straws and reduced loss. However, increasing the number of threshing spike teeth means more energy required in threshing.

Figure 11 shows the effects of the HT on TL, with 508 mm RD, 18 mm RC, 15 mm CC, 40 mm SC, 170 mm UC, and 175 teeth of NTs. When the HT was greater, the TL decreased since the increase of the height of the spike teeth increased the impact of beating the grains from the ears. The disentangling action of the straws and the removal of the grains from the straws, which was done alternately with the beating, was also more efficient. However, the increase of the spike teeth height means more energy required in threshing.

The results from the relationships between the threshing unit feature and the TL indicated that to keep the TL value at less than 2.5 percent, the RD should not be smaller than 457 mm or 18 in. The RC should not be less than 17.5 mm and the clearance should not be over 20 mm, which could make more straws falling into the cleaning unit. The CC should not be over 17 mm, whereas the SC should be lower than 35 mm, and the UC not

less than 170 mm. For threshers of 1.80 m (6 ft) long, NT should not be less than 150 teeth and the HT should be over 50 mm or 2 in.

Conclusions

The study found that RC affects the TL most, followed by the SC, CC and UC. The NT, RD and HT were found insignificant influence of the TL.

For the Thai axial flow rice threshing unit, if the TL is required less than 2.5 percent, then RD should not be less than 457 mm. RC should not be less than 17.5 mm, but not be over 20 mm. CC should not be more than 17 mm. SC should not be less than 35 mm. UC should not be less than 170 mm, and a 1.80 m axial flow combine harvester should have at least 150 of spike teeth with the height not less than 50 mm.

Acknowledgments

The authors wish to thank the Thailand Research Fund (TRF), Office of Higher Education Commission, and Khon Kaen University (KKU) for financial support in MRG5380275 and the Agricultural Machinery and Postharvest Technology Research Center, KKU, and Postharvest Technology Innovation Center for other support provided for this research.

References

- Chinsuwan, W. 2010. *A Study on assessment of performance of rice combine harvesters for reducing harvest losses and increasing potentiality in export*. Final report, National Science and Technology Development Agency (NSTDA). (in Thai)
- Chinsuwan, W., Pongjan, N.; Chuan-udom, S.; and Phayom, W. 2003. Effects of Threshing Bar Inclination and Clearance between Concave Rod on Performance of Axial Flow Rice Thresher. *Thai Society of Agricultural Engineering Journal (TSAE Journal)*. 10(1): 15-20. (in Thai)
- Chuan-udom, S. 2007. *Prediction of Threshing System Losses on Axial Flow Rice Combine Harvesters*. Ph.D. Dissertation in Agricultural Machinery Engineering, Graduate School, Khon Kaen University. (in Thai)
- Chuan-udom, S., Chinsuwan, W. 2009a. Threshing Unit Losses Prediction for Thai Axial Flow Rice Combine Harvester. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA)*. 40(1): 50-54.

- Chuan-udom, S., Chinsuwan, W. 2009b. Effects of Concave Rod Clearance and Number of Concave Bar on Threshing Performance of an Axial Flow Rice Threshing Unit for Chainat 1 Variety. *TSAE Journal*. 14(11): 1037-1045. (in Thai)
- Chuan-udom, S., Chinsuwan, W. 2010. Rice Harvesting Losses Due to Use of Combine Harvesters. *TSAE Journal*. 16(1): 3-8. (in Thai)
- Joshi, H.C., Singh, K.N. Development of Pantnagar-IRRI Multi-crop Thresher. *AMA*. 1980. 11(4): 53-63.

Table 1 Condition of rice tested with the combine harvester

No.	Height of Crop plant (cm)	Inclined angle of crop plant (degree)	Plant population per square meter	Straw Moisture content (%wb)	Total yield (kg/ha) at 14%wb
1	73.2	11.2	388	64.39	5,291
2	70.4	12.1	608	63.74	5,201
3	65.9	11.7	543	61.32	5,581
4	66.5	11.5	687	66.19	5,664
5	68.8	9.9	441	69.85	4,713
6	70.7	11.9	521	63.66	4,324
7	69.9	14.0	505	65.52	5,463
8	64.6	12.3	392	65.75	5,125
9	66.1	12.5	514	65.54	6,126
10	71.2	11.8	403	66.62	5,943
11	71.0	11.0	477	64.44	6,550
12	77.3	10.8	687	61.09	5,523
13	75.0	11.2	546	61.98	4,828
14	78.5	11.5	431	58.13	4,493
15	65.0	11.7	243	63.08	3,230
16	79.0	11.4	443	61.12	5,262
17	75.2	10.5	515	61.35	4,199

Table 2 Threshing unit feature, operating conditions of combine harvesters, and losses from threshing units

No.	RD	RC	CC	SC	UC	NT	HT	GI	RS	MC	FR	GM	TL
1	521	18.0	25.4	37.5	157.5	200	82.6	69.0	16.8	24.37	16.9	0.97	3.63
2	572	18.0	25.4	28.8	169.8	165	76.2	69.0	16.8	22.58	13.6	0.75	3.82
3	572	18.0	21.3	28.8	169.8	185	76.2	69.0	16.5	29.36	10.2	1.38	4.98
4	508	15.9	13.0	31.1	201.1	156	88.9	68.0	17.6	28.21	16.9	0.46	8.73
5	559	15.9	21.2	51.1	196.1	140	88.9	68.0	17.6	29.72	9.3	0.77	5.22
6	445	15.9	14.0	41.1	131.1	132	88.9	66.5	15.8	25.19	9.6	1.02	8.31
7	457	15.9	25.4	38.4	162.4	132	101.6	60.0	13.8	26.14	18.6	0.87	14.37
8	457	15.9	25.4	50.8	177.8	148	76.2	65.0	17.8	24.25	11.7	0.89	7.73
9	508	15.9	23.0	35.1	206.1	156	88.9	67.0	14.8	23.63	22.8	0.64	5.96
10	508	15.9	10.0	36.1	154.1	148	88.9	70.0	21.5	26.96	9.2	1.06	4.35
11	559	15.9	22.7	53.8	193.8	185	76.2	68.0	18.7	21.91	23.4	0.90	5.46
12	508	18.0	16.0	16.1	151.1	132	88.9	67.0	18.4	22.90	10.9	0.80	8.58
13	559	15.9	25.4	53.8	193.8	185	76.2	75.0	17.5	21.31	12.8	0.96	5.64
14	483	15.9	17.0	51.1	151.1	210	88.9	66.0	18.3	23.75	13.0	1.04	5.78
15	533	15.9	20.0	21.4	193.4	165	101.6	67.0	16.1	22.23	9.5	0.62	7.54
16	546	15.9	22.0	46.1	216.1	156	88.9	70.0	15.5	22.03	18.5	0.74	4.07
17	546	15.9	20.0	46.1	216.1	160	88.9	67.0	15.1	25.65	13.5	1.16	4.81

Table 3 Influences of threshing unit feature and operation factors of axial flow rice combine harvesters on the loss of threshing unit

Factor	Percent of the factors influencing the loss of threshing unit
RD	1.57
RC	22.80
CC	16.80
SC	21.41
UC	12.64
NT	7.57
HT	0.18
GI	7.11
RS	0.42
MC	5.72

FR	3.41
GM	0.37

Table 4 Influences of threshing unit feature factors of axial flow rice combine harvesters on the loss of threshing unit

Factor	Percent of the factors influencing the loss of threshing unit
RD	1.90
RC	27.54
CC	20.29
SC	25.86
UC	15.27
NT	9.14
HT	0.22



Figure 1 Thai axial flow rice combine harvesters



Figure 2 Axial flow threshing unit

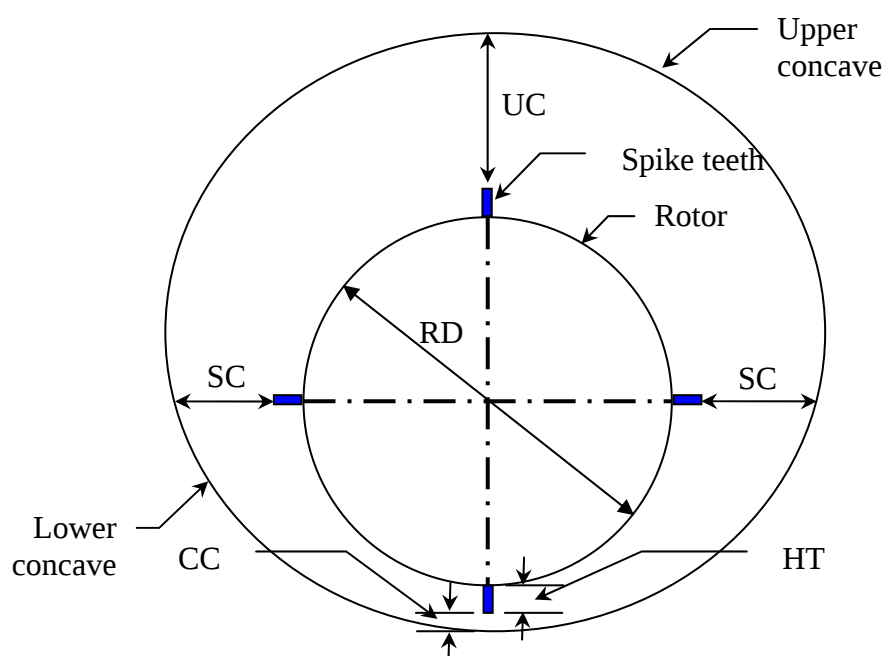


Figure 3 Clearances of threshing unit feature



Figure 4 Collection of samples of threshing unit losses of axial flow rice combine harvesters

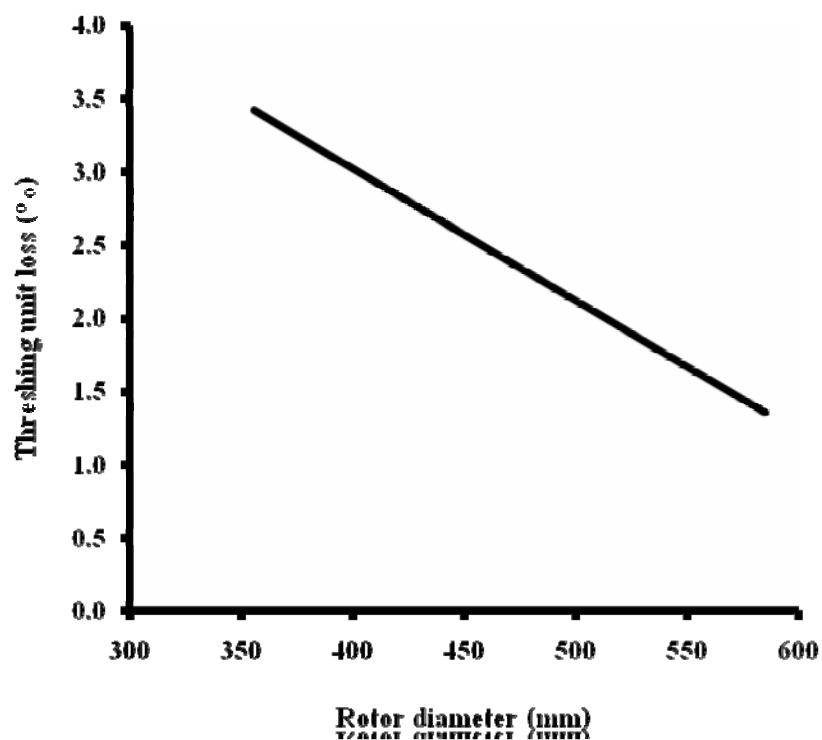


Figure 5 Effect of rotor diameter on threshing unit loss

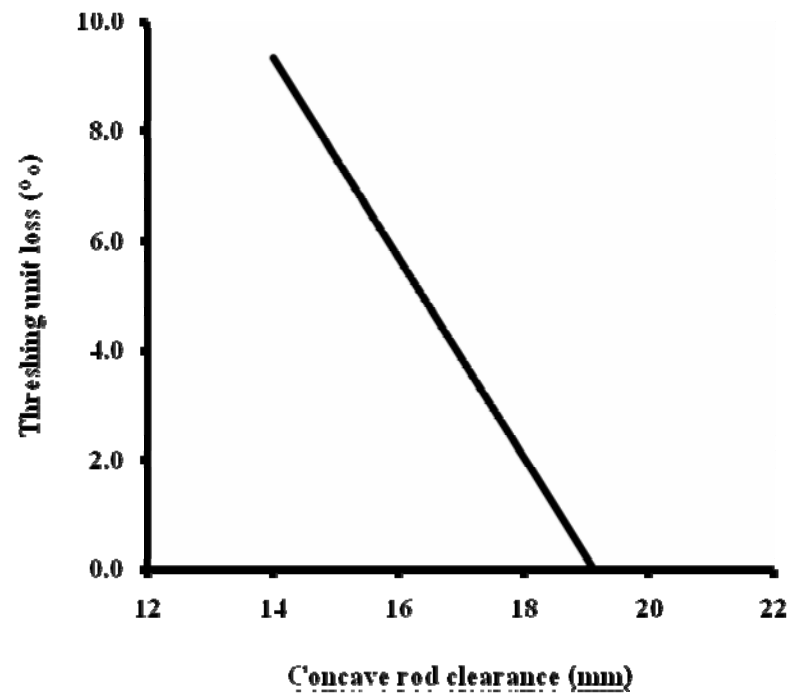


Figure 6 Effect of concave rod clearance on threshing unit loss

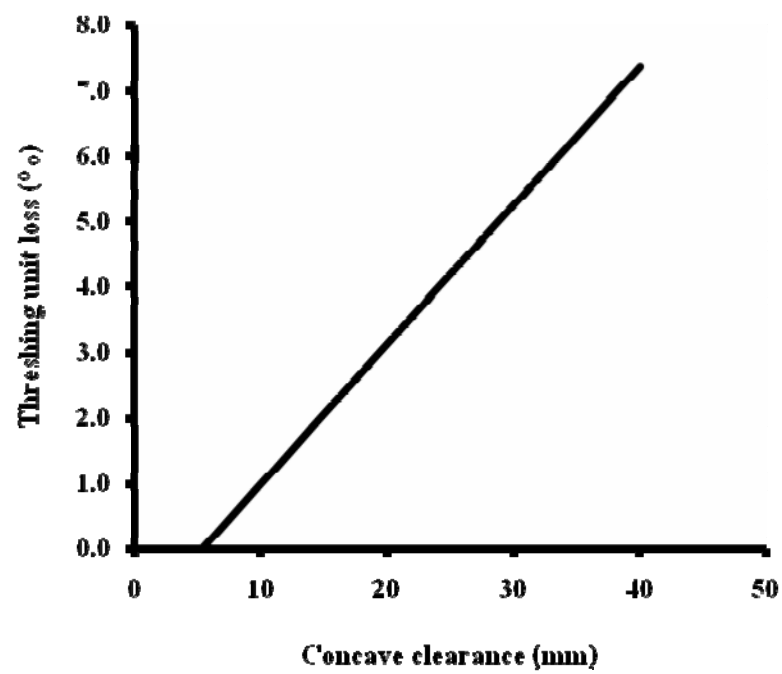


Figure 7 Effect of concave clearance on threshing unit loss

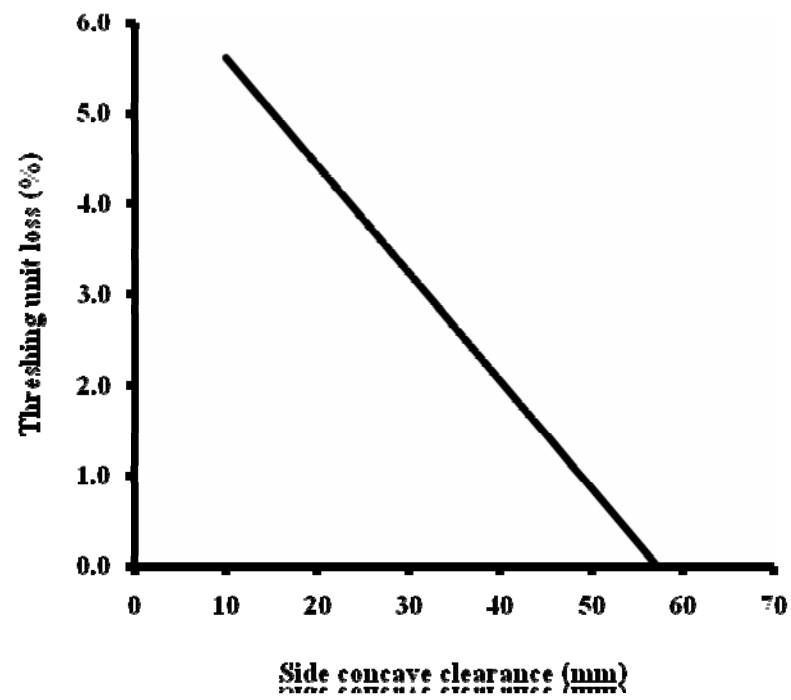


Figure 8 Effect of side concave clearance on threshing unit loss

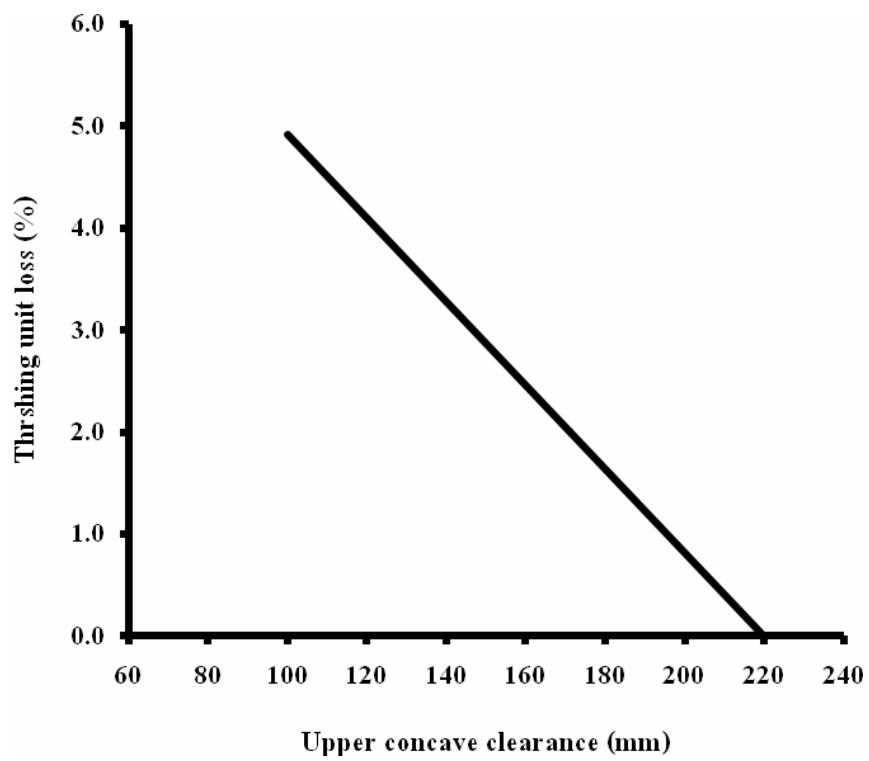


Figure 9 Effect of upper concave clearance on threshing unit loss

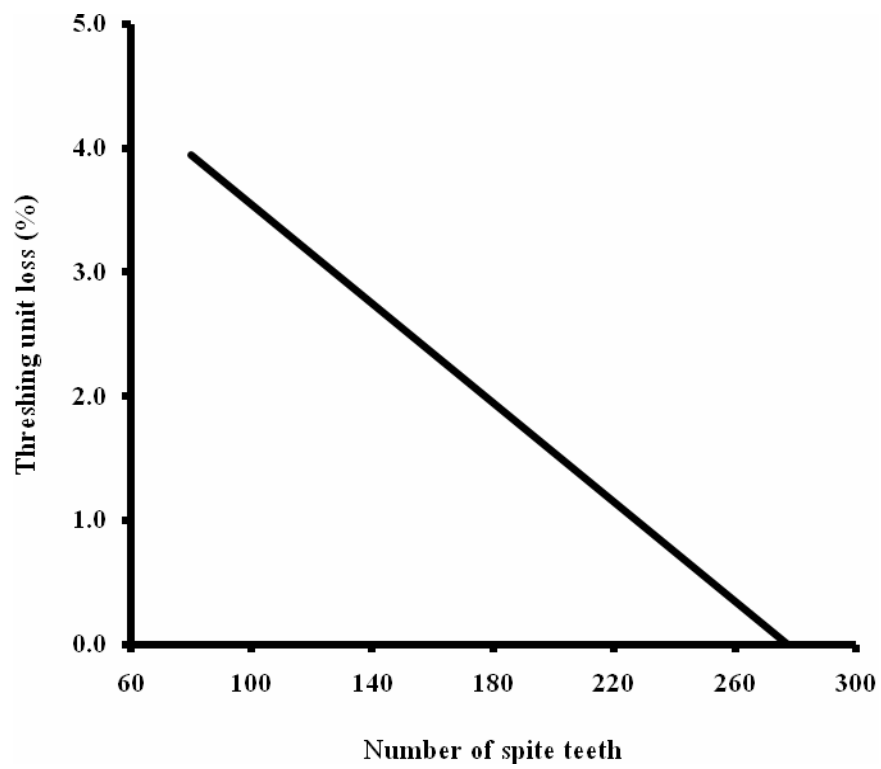


Figure 10 Effect of number of spike teeth on threshing unit loss

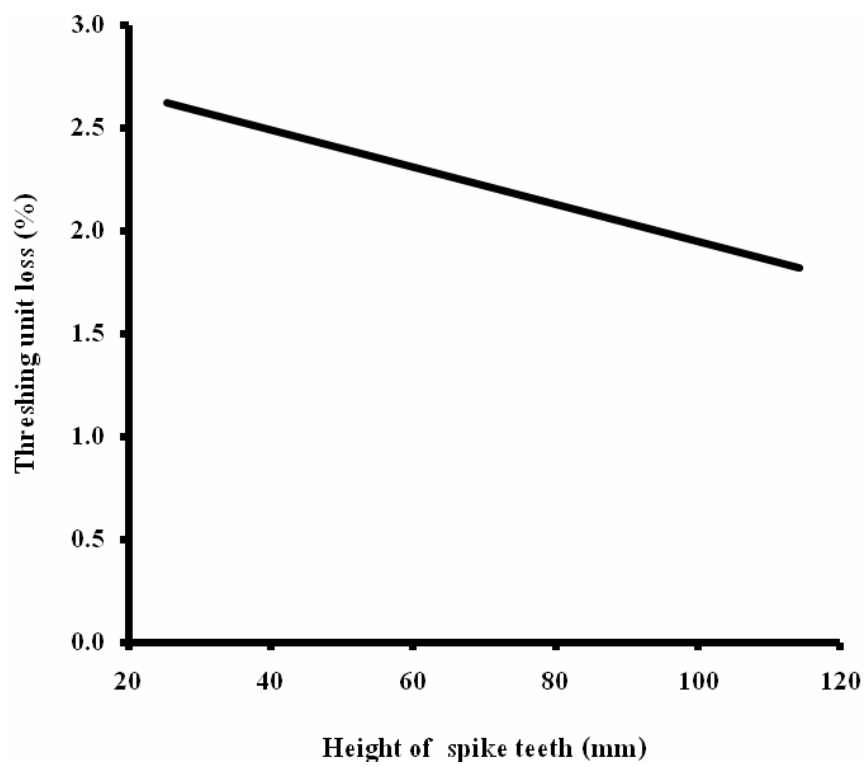


Figure 11 Effect of height of spike teeth on threshing unit loss

บทความวิจัยที่จะลงตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ

จากการดำเนินโครงการที่ผ่านมา นักวิจัยได้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติจำนวน 2 เรื่อง ในวารสารวิจัย มข. ซึ่งจัดเป็นวารสารในกลุ่มที่ 1 ของฐาน TCI ดังนี้

อิทธิพลของการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบ ไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ

Influence of Threshing Unit Design of Axial Flow Rice Combine Harvesters on Harvesting Losses when Harvesting Thai Hommali Rice

สมชาย ชวนอุดม (Somchai Chuan-Udom)^{1*}

วินิต ชินสุวรรณ (Winit Chinsuwan)²

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ โดยทำการเก็บข้อมูลเครื่องเกี่ยวนวดข้าวจำนวน 17 เครื่อง ในเขตพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ผลการศึกษาพบว่า จำนวนซี่นวด (NT) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 30.43 รองลงมาคือ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ (SC) และ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวตั้ง (UC) มีอิทธิพลเท่ากับร้อยละ 28.20 และ 27.31 ตามลำดับ ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวตั้ง (CC) ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงซี่นวด (HT) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างน้อยโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.07 2.58 2.40 และ 1.07 ตามลำดับ

ABSTRACT

The objective of this research was to study the influence of threshing unit design of axial flow rice combine harvesters on harvesting losses when harvesting Thai Hommali rice. The sample consisted of 17 machines in Tung Kula Ronghai area. The result of the research indicated that the number of tooth (NT) was the most influenced on the loss and was equal 30.43%. The second and third influence on the loss were the clearance between the lower concave and the tip of the tooth in horizontal (SC), and the clearance between the upper concave and tip of the tooth in vertical (UC) which were 28.20% and 27.31% respectively. The concave clearance (CC), the concave rod clearance (RC), the rotor diameter (RD), and the height of tooth (HT) were low influenced on the loss which were equal 9.07%, 2.58%, 2.40%, and 1.07% respectively.

คำสำคัญ: ชุดนวด เครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกน การเก็บเกี่ยว ข้าวหอมมะลิ

Keywords: Threshing unit, Axial flow rice combine harvester, Harvesting, Thai Hommali rice

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

* corresponding author, e-mail: somchai.chuan@gmail.com

บทนำ

ข้าวหอมมะลิเป็นข้าวคุณภาพสูงที่สำคัญของประเทศไทยทั้งการผลิต บริโภค และการส่งออก ในปัจจุบันเครื่องเกี่ยวนวดกำลังมีบทบาทอย่างมากในการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิของประเทศไทยและมีการใช้งานเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งการขยายการใช้งานไปทั่วประเทศ คาดว่าปัจจุบันมีเครื่องเกี่ยวนวดใช้งานในประเทศมากกว่า 10,000 เครื่อง (วินิต, 2553)

ความสูญเสียจากการนวดและจากการคัดแยกเมล็ดออกจากฟางเป็นความสูญเสียที่สำคัญประการหนึ่งของเครื่องเกี่ยวนวดที่เกิดจากการทำงานของชุดนวดที่ทำการนวดและแยกเมล็ดที่ถูกนวดและหลุดออกจากรวงแล้วให้ออกจากฟางได้ไม่ดี จึงทำให้มีเมล็ดบางส่วนติดรวงและเมล็ดที่หลุดออกจากรวงแล้วปะปนและไหลออกไปพร้อมกับฟางที่ช่องขับฟาง สาเหตุที่สำคัญของความสูญเสียในส่วนนี้เกิดจากสภาพการทำงานที่มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงเนื่องจากสภาพของพืช การใช้งานและการปรับแต่งเครื่องที่แตกต่างกัน (วินิต, 2549) จากการศึกษาปัจจัยการทำงานและการปรับแต่งของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนของ สมชาย และวินิต (2550) พบว่า ความเร็วลูกนวด มุมครีบบงเดือน ความชื้นของเมล็ด อัตราการป้อน และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดสำหรับข้าวหอมมะลิ ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ปัจจัยการทำงานและการปรับแต่งชุดนวดที่มีผลต่อความสูญเสียประกอบไปด้วย ความเร็วลูกนวด มุมครีบบงเดือน ความชื้นของเมล็ดและอัตราการป้อน

นอกจากปัจจัยด้านการทำงานและการปรับแต่งแล้วยังมีปัจจัยด้านการออกแบบชุดนวดอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญที่ส่งผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด ถึงแม้ว่าผู้ผลิตเครื่องเกี่ยวนวดในประเทศไทยใช้ชุดนวดแบบไหลตามแกนเหมือนกันแต่มีการออกแบบขนาดและระยะต่างๆ ของชิ้นส่วนภายในชุดนวดแตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยด้านการออกแบบเหล่านี้ส่งผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด จากการศึกษาของ วินิต และคณะ (2546) ศึกษาผล

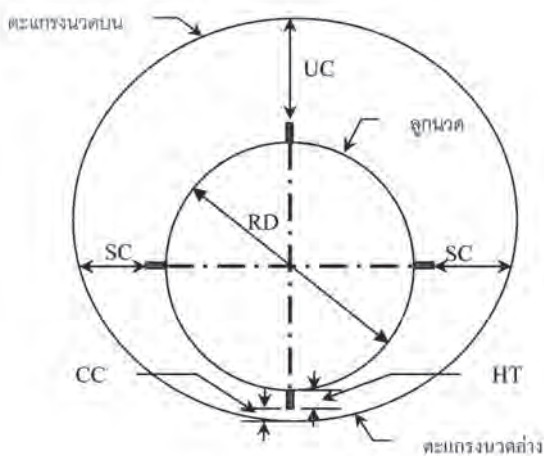
ของความเอียงของแถบขึ้นนวดและระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนสำหรับข้าวหอมมะลิที่มีต่อความสูญเสีย พบว่า ความเอียงของแถบขึ้นนวดไม่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด แต่แถบขึ้นนวดแบบตรงสร้างได้ง่ายกว่า ส่วนระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดควรใช้ในช่วง 17 ถึง 20 มิลลิเมตร วินิต และคณะ (2547) ศึกษาระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด สำหรับเครื่องเกี่ยวนวดในการเก็บเกี่ยวข้าวเหนียว พบว่า ควรใช้ระยะช่องว่าง 17 ถึง 22 มิลลิเมตร

จากการศึกษาที่ผ่านมาเน้นศึกษาเฉพาะปัจจัยด้านการทำงานของชุดนวด ส่วนปัจจัยด้านการออกแบบชุดนวดแบบไหลตามแกนที่ผ่านมาเป็นการศึกษาเฉพาะในส่วนช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด และความเอียงของแถบขึ้นนวด แต่ยังมีปัจจัยการออกแบบชุดนวดอื่นๆ ยังไม่มีการศึกษา หรือมีการศึกษาค่อนข้างน้อย ซึ่งปัจจัยนั้นอาจมีผลอย่างรุนแรงต่อความสูญเสียจากชุดนวดแบบไหลตามแกนสำหรับการเก็บเกี่ยวข้าวในประเทศไทย นอกจากนี้ในการศึกษาที่ผ่านมาเป็นการศึกษาแยกเฉพาะปัจจัยหนึ่งๆ เท่านั้น ซึ่งปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษาอาจมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดไม่มากนักหรือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดไม่สำคัญที่สุด

จากปัญหาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ประกอบกับในปัจจุบันการใช้เครื่องเกี่ยวนวดกำลังแพร่หลายไปทุกภูมิภาคของประเทศและมีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งปริมาณการผลิตข้าวของประเทศไทยที่มีเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะข้าวหอมมะลิซึ่งเป็นข้าวที่สำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ ถ้าสามารถลดความสูญเสียจากชุดนวดก็จะทำให้ลดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวโดยรวมได้เป็นมูลค่าจำนวนมาก ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ทำการศึกษาปัจจัยการออกแบบชุดขนาดแบบไหลตามแกนประกอบไปด้วย เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (ไม่รวมซี่นวด) (RD) ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวด (CC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ (SC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวตั้ง (UC) จำนวนซี่นวด (NT) และความสูงซี่นวด (HT) โดยมีภาพแสดงระยะของชุดขนาดที่ศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1. ตำแหน่งการวัดระยะต่างๆ ในชุดขนาด

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยด้านการทำงานและการปรับแต่งชุดขนาดที่มีผลต่อความสูญเสียประกอบด้วย มุมครีบวนเดือนจากแนวเพลาลูกนวด (LI) ความเร็วเชิงเส้นปลายซี่นวด (RS) ความชื้นของเมล็ด (MC) อัตราการป้อน (FR) และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง (GM) (สมชาย และวินิต, 2550) จากปัจจัยการออกแบบชุดขนาดที่ใช้ในการศึกษามีเป็นจำนวนมาก ถ้าใช้แผนการทดลองแบบปกติทั่วไปต้องใช้แปลงทดลองที่มีขนาดใหญ่มากและเสียค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง รวมถึงปัญหาในการจัดการตัวอย่างให้แล้วเสร็จภายในวันที่ทดสอบเพื่อไม่ให้ตัวอย่างเปลี่ยนแปลงมากเกินไป จากข้อจำกัดที่กล่าวมาข้างต้น จึงใช้แผนการทดลองแบบสุ่ม โดยการสุ่มตรวจวัดการออกแบบ

ชุดขนาดแบบไหลตามแกนของเครื่องเกี่ยวนวดที่มีขนาดการออกแบบที่แตกต่างกัน โดยดำเนินการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดความยาวชุดขนาด 6 ฟุต ทำการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดจำนวน 17 เครื่อง ในเขตพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ โดยศึกษากับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พร้อมทั้งวัดขนาดของปัจจัยการออกแบบและการทำงานและการปรับแต่ง โดยมีค่าชี้ผลคือ ความสูญเสียจากชุดขนาด

ความสูญเสียจากชุดขนาด ทำการทดสอบในสภาพปฏิบัติงานจริง โดยใช้ถุงตาข่ายรองรับวัสดุที่ถูกขับทิ้งจากช่องขับฟาง (รูปที่ 2) จากนั้นทำการแยกสิ่งเจือปนอื่นออกเพื่อหาเมล็ดที่ถูกขับทิ้ง โดยในแต่ละเครื่องทำการทดสอบ 3 ซ้ำ โดยในแต่ละซ้ำให้เครื่องเกี่ยวนวดเป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 15 เมตร เพื่อให้เครื่องมีการดำเนินงานที่สม่ำเสมอก่อนการเก็บข้อมูลเป็นระยะทาง 10 เมตร

จากข้อมูลที่ได้นำมาสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณ (multiple linear regression) ดังแสดงในสมการที่ 1 แล้วนำสมการมาวิเคราะห์หาร้อยละของอิทธิพลของแต่ละปัจจัยที่มีต่อความสูญเสียจากชุดขนาดโดยใช้ผลต่างของสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) หรือวิธี Best subset regression (Draper and Smith, 1998)

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_n X_n \quad \dots (1)$$

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม

$X_1, X_2, \dots, X_n$ = ตัวแปรอิสระใดๆ

$B_0, B_1, \dots, B_n$ = ค่าคงที่ใดๆ



รูปที่ 2. การเก็บตัวอย่างความสูญเสียจากชุดนวด

ผลและการวิจารณ์ผล

การศึกษานี้ได้ดำเนินการทดสอบและเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2553 โดยทำการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนจำนวน 17 เครื่อง พบว่าแปลงที่ทดสอบมีความสูงต้นข้าวเฉลี่ยในช่วง 79.6 ถึง 111.5 เซนติเมตร มีมุมเอียงต้นข้าวจากแนวตั้งเฉลี่ยระหว่าง 7.7 ถึง 9.1 องศา มีความหนาแน่นต้นข้าวเฉลี่ยในช่วง 165,867 ถึง 656,267 ต้นต่อไร่ ความชื้นของฟางเฉลี่ยระหว่าง 58.50 ถึง 66.66 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก แปลงที่ทำการทดสอบมีผลผลิตรวมอยู่ในช่วง 212 ถึง 535 กิโลกรัมต่อไร่ ดังแสดงในตารางที่ 1

ผลการวัดลักษณะการออกแบบชุดนวดและสภาพการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดพบว่า มีเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (ไม่รวมความยาวซี่นวด) (RD) ระหว่าง 445 ถึง 559 มิลลิเมตร มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) อยู่ในช่วง 13 ถึง 18 มิลลิเมตร ใช้ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวตั้ง (CC) มีค่า

ระหว่าง 10.0 ถึง 30.0 มิลลิเมตร มีระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ (SC) อยู่ในช่วง 5.7 ถึง 76.2 มิลลิเมตร ใช้ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวตั้ง (UC) ระหว่าง 131.1 ถึง 213.8 มิลลิเมตร มีจำนวนซี่นวด (NT) ในช่วง 128 ถึง 185 ซี่ โดยซี่นวดมีความสูง (HT) ระหว่าง 76.2 ถึง 114.3 มิลลิเมตร มีมุมครีบกวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด (LI) ในช่วง 56.7 ถึง 70.3 องศา ใช้ความเร็วลูกนวด (RS) ระหว่าง 14.2 ถึง 20.8 เมตรต่อวินาที มีอัตราการป้อน (FR) ในช่วง 4.9 ถึง 17.0 ต้นต่อชั่วโมง เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ด (MC) เฉลี่ยระหว่าง 16.50 ถึง 25.91 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก และมีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง (GM) เฉลี่ยในช่วง 0.21 ถึง 0.70 มีผลทำให้เกิดความสูญเสียจากชุดนวดเฉลี่ยระหว่าง 0.91 ถึง 11.50 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1. สภาพข้าวที่ทำการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

เครื่องที่	ความสูงต้นข้าว (เซนติเมตร)	มุมเอียงต้นข้าวจาก แนวตั้ง (องศา)	ความหนาแน่นต้น ข้าว (ต้นต่อไร่)	ความชื้นของฟาง (เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก)	ผลผลิตรวม (กิโลกรัมต่อไร่)
1	88.5	8.7	477,600	61.59	251
2	79.6	9.1	343,200	59.93	266
3	101.7	8.0	511,200	66.23	535
4	105.7	7.9	402,933	65.73	212
5	96.6	8.4	431,200	63.74	367
6	111.5	7.7	329,600	64.93	294
7	86.5	8.7	426,133	64.08	359
8	90.1	9.0	322,933	61.74	371
9	91.8	8.5	370,667	66.66	254
10	83.9	8.8	656,267	63.53	499
11	91.9	8.4	291,733	60.51	280
12	83.9	9.0	578,400	63.83	375
13	86.8	8.7	165,867	63.14	200
14	108.9	7.8	195,200	59.37	499
15	81.6	8.9	171,467	64.48	314
16	88.6	8.6	489,867	58.50	466
17	83.7	8.8	406,667	61.27	464
ค่าเฉลี่ย	91.8	8.5	386,526	62.90	353
STD*	9.7	0.4	136,537	2.44	107

* STD หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 2. การออกแบบชุดนวด สภาพการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวด และความสูญเสียจากชุดนวด

เครื่องที่	RD	RC	CC	SC	UC	NT	HT	LI	RS	MC	FR	GM	TL
1	533	15	30.0	18.4	148.4	132	101.6	69.4	14.2	25.91	5.7	0.49	5.65
2	457	15	17.5	41.1	131.1	128	88.9	70.3	19.7	18.21	4.9	0.41	1.95
3	559	16	10.0	5.7	185.7	175	114.3	66.2	15.6	23.18	7.2	0.68	4.78
4	508	16	20.0	41.1	211.1	140	88.9	69.4	14.2	23.45	6.7	0.45	6.28
5	508	18	25.0	23.4	148.4	132	101.6	69.1	16.1	22.96	7.2	0.66	3.46
6	457	16	20.0	31.1	141.1	185	88.9	65.2	20.8	22.20	11.0	0.45	1.54
7	533	18	20.0	13	138.0	170	101.6	68.2	17.9	24.94	10.1	0.53	3.41
8	457	16	15.0	76.2	203.2	132	101.6	67.5	15.6	23.45	9.9	0.59	3.26
9	521	16	23.0	31.1	161.1	128	88.9	69.1	16.3	24.61	7.6	0.50	4.43
10	559	16	25.4	55.8	193.8	128	76.2	56.7	16.6	25.82	15.0	0.40	11.50
11	559	16	25.0	68.8	213.8	132	76.2	69.1	15.0	21.00	7.5	0.38	3.18
12	445	13	15.0	46.1	131.1	128	88.9	63.8	16.3	22.84	10.8	0.40	3.75
13	559	16	25.4	53.8	193.8	132	76.2	68.5	17.1	24.86	6.3	0.70	4.24
14	445	14	15.0	44.1	131.1	185	88.9	64.2	16.4	16.50	5.0	0.62	0.91
15	508	16	15.0	10.7	135.7	132	114.3	67.2	17.0	25.62	7.5	0.48	2.57
16	546	18	20.0	31.1	151.1	165	88.9	63.4	16.3	21.47	16.0	0.21	4.24
17	546	18	25.0	16.1	151.1	170	88.9	63.8	17.5	22.49	17.0	0.44	5.87
ค่าเฉลี่ย	512	16	20.4	35.7	162.9	147	92.6	66.5	16.6	22.91	9.1	0.49	4.18
STD	43	1	5.3	20.4	30.1	22	11.7	3.4	1.7	2.57	3.8	0.13	2.40

* STD หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากข้อมูลในตารางที่ 2 เมื่อนำมาสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณโดยใช้รูปแบบของสมการที่ 1 ทำให้ได้สมการถดถอยดังแสดงในสมการที่ 2 ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.910

$$\begin{aligned}
 TL = & 47.236 - 0.009(RD) - 0.194(RC) + 0.119(CC) - 0.089(SC) \\
 & + 0.054(UC) - 0.049(NT) - 0.024(HT) - 0.492(LI) \\
 & - 0.111(RS) + 0.021(MC) + 0.033(FR) - 0.356(GM) \quad \dots(2)
 \end{aligned}$$

เมื่อนำสมการที่ 2 มาวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยเนื่องจากการออกแบบ การทำงานและการปรับแต่งชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากชุดขนาด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า มุมครีบกวงเดือน (LI) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดขนาดมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สมชาย (2550) โดยมีอิทธิพลต่อความสูญเสียร้อยละ 39.06 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียรองลงมาเป็นปัจจัยเนื่องจากการออกแบบชุดขนาดคือ จำนวนซี่นวด (NT) ระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ (SC) และ ระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดบนกับปลายซี่นวดในดิ่ง (UC) มีอิทธิพลค่าเท่ากับร้อยละ 17.88 16.58 และ 16.05 ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยทั้งสี่นี้มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดขนาดเกือบร้อยละ 90 ส่วนปัจจัยการออกแบบชุดขนาดประกอบด้วย ระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง (CC) ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงขนาด (RC) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงซี่นวด (HT) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดขนาดร้อยละ 5.33 1.52 1.41 และ 0.63 ตามลำดับ นอกจากนี้ปัจจัยเนื่องจากการทำงานประกอบด้วย ความเร็วลูกนวด (RS) อัตราการป้อน (FR) ความชื้นของเมล็ด (MC) และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง (GM) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดขนาดร้อยละ 0.89 0.24 0.21 และ 0.21 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปัจจัยเนื่องจากการออกแบบที่ทำการศึกษาเทียบกับปัจจัยเนื่องจากการทำงานที่ทำการศึกษาพบว่า ปัจจัยเนื่องจากการออกแบบชุดขนาดมีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดขนาดมากกว่าปัจจัยเนื่องจากการทำงาน โดยปัจจัยเนื่องจากการออกแบบชุดขนาดมีอิทธิพลต่อความสูญเสียร้อยละ 59.40 ส่วนปัจจัยเนื่องจากการทำงานและการปรับแต่งชุดขนาดมีอิทธิพลต่อความสูญเสียร้อยละ 40.60 ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ปัจจัยการออกแบบชุดขนาดมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อความสูญเสียจากชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวเก็บเกี่ยวข้าวแบบไหลตามแกน

ตารางที่ 3. อิทธิพลของปัจจัยการออกแบบและการทำงานของชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดขนาด

ปัจจัย	ร้อยละที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดขนาด
RD	1.41
RC	1.52
CC	5.33
SC	16.58
UC	16.05
NT	17.88
HT	0.63
LI	39.06
RS	0.89
MC	0.21
FR	0.24
GM	0.21

ตารางที่ 4. ผลของปัจจัยการออกแบบชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากการนวด

ปัจจัย	ร้อยละที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดขนาด
RD	2.40
RC	2.58
CC	9.07
SC	28.20
UC	27.31
NT	30.43
HT	1.07

จากสมการที่ 2 เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ โดยให้ปัจจัยด้านการทำงานและการปรับแต่งคงที่ สามารถแสดงได้ในตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยการออกแบบชุดนวดแบบไหลตามแกนที่ทำการศึกษามีการแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างมากโดยมีจำนวนขึ้นนวด (NT) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 30.43 ซึ่งจำนวนขึ้นนวดนี้มีผลต่อการนวดเพื่อให้เมล็ดออกจากรวงและการตีเพื่อคัดแยกเมล็ดออกจากฟาง รongลงมาคือ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับ (SC) และระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในดิ่ง (UC) ซึ่งปัจจัยทั้งสองมีผลต่อการสางฟางเพื่อแยกเมล็ดให้หลุดออกจากฟางซึ่งส่งผลต่อการคัดแยกเมล็ดให้ออกจากฟางในชุดนวด โดยปัจจัยทั้งสองมีอิทธิพลเท่ากับร้อยละ 28.20 และ 27.31 ตามลำดับ

ส่วนกลุ่มที่สองประกอบด้วย ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่ง (CC) ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) เส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงขึ้นนวด (HT) เป็นกลุ่มของปัจจัยการออกแบบที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างน้อยโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.07 2.58 2.40 และ 1.07 ตามลำดับ แสดงว่าเครื่องเกี่ยวนวดที่ทำการทดสอบใช้ปัจจัยเหล่านี้ค่อนข้างเหมาะสมดีแล้ว

ดังนั้นในการศึกษาปัจจัยการออกแบบชุดนวดแบบเฉพาะปัจจัยนั้นๆ ควรพิจารณาเน้นการศึกษาปัจจัยจำนวนขึ้นนวด ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับ และระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในดิ่งเนื่องจากมีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิค่อนข้างสูง

สรุป

จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยเนื่องจากการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนมีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 59.4 ส่วนปัจจัยเนื่องจากการทำงานและการปรับแต่งมีอิทธิพลต่อความสูญเสียร้อยละ 40.6 ดังนั้นจึงควรมีการพิจารณาเน้นศึกษาปัจจัยจากการออกแบบชุดนวดเพื่อลดความสูญเสียจากการใช้เครื่องเกี่ยวนวดต่อไป

สำหรับปัจจัยที่ทำการศึกษา พบว่า สามารถแบ่งปัจจัยการออกแบบชุดนวดได้สองกลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างสูง โดย จำนวนขึ้นนวดมีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดมากที่สุด รองลงมาคือ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับ และระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในดิ่งตามลำดับ กลุ่มที่สองประกอบด้วย ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่ง ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด เส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวด และ ความสูงขึ้นนวด มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างน้อย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยขอนแก่น จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ รวมทั้งศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- วินิต ชินสุวรรณ. 2553. การศึกษาประเมินประสิทธิภาพเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพื่อลดความสูญเสียและเพิ่มศักยภาพในการส่งออก. รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.).
- วินิต ชินสุวรรณ. 2549. ปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวในประเทศไทย. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการของสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 ประจำปี 2549; 23-24 มกราคม 2549 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม.
- วินิต ชินสุวรรณ, นิพนธ์ ป้องจันทร์, สมชาย ขวนอุดม, วราจิต พยอม. 2546. ผลของความเอียงของแถบขึ้นนวดและระยะห่างช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดที่มีต่อสมรรถนะการนวดของเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกน. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย (ว.สวท.). 10(1): 15-20.
- วินิต ชินสุวรรณ, สมชาย ขวนอุดม, วราจิต พยอม, นิพนธ์ ป้องจันทร์. 2547. ระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ความเร็วลูกนวดและอัตราการป้อน ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องเกี่ยวนวดในการเก็บเกี่ยวข้าวเหนียว. ว.สวท. 11(1): 3-6.
- สมชาย ขวนอุดม, วินิต ชินสุวรรณ. 2550. พารามิเตอร์การทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากระบบการนวด. วารสารวิจัย มข. 12(4): 442-450.
- Draper, N.R., Smith, H. 1998. **Applied Regression Analysis**. 3^{ed}, USA: John Wiley & Sons, Inc.



ปัจจัยการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อ ความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ

Design Factors Affecting Harvesting Losses of Threshing Unit of Axial Flow Combine Harvesters when Harvest Thai Hom Mali Rice

สมชาย ชวนอุดม^{1,2*} และวินิต ชินสุวรรณ^{1,2}

Somchai Chuan-udom^{1,2*} and Winit Chinsuwan^{1,2}

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*Correspondent author: somchai.chuan@gmail.com

Received April 20, 2011

Accepted July 1, 2011

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปัจจัยการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวด (RD) ระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ (SC) จำนวนซี่นวด (NT) และความสูงซี่นวด (HT) มีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มลดลง ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวตั้ง (CC) และระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวตั้ง (UC) มีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

Abstract

The objective of this study was to study design factors affecting to harvesting losses of threshing unit of axial flow combine harvesters when harvest Thai Hom Mali rice. The results indicated that the increases of the rotor diameter (RD), the concave rod clearance (RC), the side concave clearance (SC), the number of peg tooth (NT), and the height of peg tooth (HT) decreased threshing unit losses, whereas the increase of the concave clearance (CC) and the upper concave clearance (UC) increased the loss.

คำสำคัญ: เครื่องเกี่ยวนวดข้าว ชุดนวด ปัจจัยการออกแบบ

Keyword: rice combine harvester, threshing unit, design factors

1. บทนำ

เครื่องเกี่ยวนวดกำลังมีบทบาทเป็นอย่างมาก ในการเก็บเกี่ยวข้าวในประเทศไทย และมีการ

ขยายการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีเครื่องเกี่ยว
นวดใช้งานมากกว่า 10,000 เครื่อง (1) และเกือบ
ทั้งหมดเป็นเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่พัฒนาขึ้น

ภายในประเทศ ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวข้าวได้ทุกพื้นที่ในประเทศ โดยเฉพาะกับข้าวหอมมะลิซึ่งเป็นข้าวที่ผลผลิตและพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดในประเทศไทย และเครื่องเกี่ยวนวดที่ใช้งานใช้ชุดนวดแบบไหลตามแกน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1. ชุดนวดแบบไหลตามแกน

ในการเก็บเกี่ยวข้าวความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยมีความสูญเสียจากชุดนวดเป็นปัญหาที่สำคัญยิ่งของเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหลตามแกน ซึ่งความสูญเสียในส่วนนี้เกิดจากการสภาพทำงาน การปรับแต่ง และการออกแบบชุดนวดที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาปัจจัยจากการทำงานและการปรับแต่งชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนแบบไทยของ Chuan-udom and Chinsuwan (2) พบว่าความเร็วลูกนวด มุมครีบบวงเคียน ความชื้นของเมล็ด อัตราการป้อน และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง มีผลที่สำคัญต่อความสูญเสียจากชุดนวด นอกจากนี้ปัจจัยด้านการทำงานและการปรับแต่งแล้วยังมีปัจจัยด้านการออกแบบชุดนวดอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญที่ส่งผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด ถึงแม้ว่าผู้ผลิตเครื่องเกี่ยวนวดในประเทศไทยใช้ชุดนวดแบบไหลตามแกนเหมือนกันแต่มีการออกแบบขนาดและระยะต่างๆ ของชิ้นส่วนภายในชุดนวด

แตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยด้านการออกแบบเหล่านี้ส่งผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด จากการศึกษาของ วินิต ชินสุวรรณ และคณะ (3) ศึกษาผลของมุมเอียงแถบขึ้นนวดและระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวดแบบไหลตามแกนสำหรับข้าวหอมมะลิพบว่า มุมเอียงแถบขึ้นนวด ไม่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด แต่แบบขึ้นนวด แบบตรงสร้างได้ง่ายกว่า ส่วนระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดควรใช้ในช่วง 17 ถึง 20 มิลลิเมตร วินิต ชินสุวรรณ และคณะ (4) ศึกษาระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด สำหรับเครื่องเกี่ยวนวดในการเก็บเกี่ยวข้าวเหนียว พบว่าควรใช้ระยะช่องว่าง 17 ถึง 22 มิลลิเมตร และสมชาย ชวนอุดม และวินิต ชินสุวรรณ (5) ศึกษา ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดและจำนวนสันตะแกรงนวด ในการนวดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 พบว่า ควรใช้ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ในช่วง 15 ถึง 20 มิลลิเมตร และจำนวนสันตะแกรงนวดไม่มีผลต่อความสูญเสีย

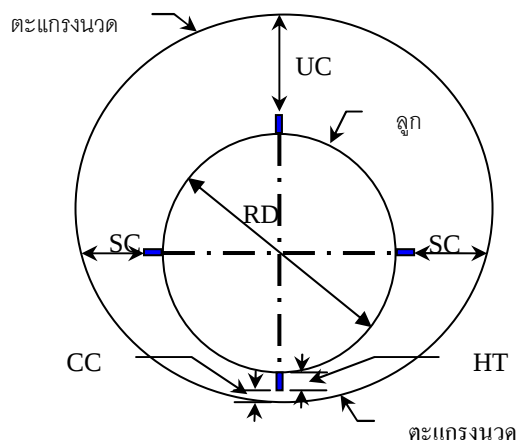
จากการศึกษาที่ผ่านมาเน้นศึกษาเฉพาะปัจจัยด้านการทำงานของชุดนวด ส่วนปัจจัยที่สำคัญคือปัจจัยด้านการออกแบบชุดนวดแบบไหลตามแกนที่ผ่านมาเป็นการศึกษาเฉพาะในส่วนของระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด มุมเอียงแถบขึ้นนวด และจำนวนสันตะแกรงนวด แต่ยังมีปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญอีกหลายปัจจัยที่ยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อยโดยเฉพาะในชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนแบบไทย นอกจากนี้ในการศึกษาที่ผ่านมาเป็นการศึกษาแยกเฉพาะปัจจัยหนึ่งๆ เท่านั้น ซึ่งปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษาอาจมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดไม่มากนัก ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหล

ตามเกณฑ์ที่มีผลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ ซึ่งเป็นข้าวที่สำคัญของประเทศไทย สำหรับการนำไปสู่การออกแบบชุดนวดที่สามารถลดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดต่อไป

2. วิธีการวิจัย

จากปัจจัยการทำงานของชุดนวดที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนมาก ถ้าใช้แผนการทดลองแบบปกติทั่วไปต้องใช้แปลงทดลองที่มีขนาดใหญ่มาก และเสียค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง รวมถึงปัญหาในการจัดการตัวอย่างให้แล้วเสร็จภายในวันที่ทดสอบเพื่อไม่ให้ตัวอย่างเปลี่ยนแปลงสภาพมากเกินไป อีกทั้งเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ใช้ในประเทศไทยมีรูปแบบของชุดนวดเหมือนกันแต่มีระยะต่างๆ ภายในชุดนวดแตกต่างกัน จากข้อจำกัดที่กล่าวมาข้างต้นและสภาพเครื่องเกี่ยวนวดที่ใช้งานในประเทศไทย จึงใช้แผนการทดลองแบบสุ่ม โดยการสุ่มตรวจวัดปัจจัยการออกแบบ การทำงานและการปรับแต่งชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกน ได้ดำเนินการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในเขตพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จำนวน 17 เครื่อง ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบไปด้วย เส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวด (ไม่รวมชิ้นนวด) (RD) ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวด (CC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายชิ้นนวดในแนวระดับ (SC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชิ้นนวดในแนวตั้ง (UC) จำนวนชิ้นนวด (NT) และความสูงชิ้นนวด (HT) โดยมีรูปแสดงระยะของชุดนวดที่ศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 2 นอกจากนี้ยังมีปัจจัยด้านการทำงานและการปรับแต่งชุดนวดที่สำคัญที่มีผลต่อความสูญเสียประกอบด้วย มุมกริ

บงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด (LI) ความเร็วเชิงเส้นปลายชิ้นนวด (RS) ความชื้นของเมล็ด (MC) อัตราการป้อน (FR) และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง (GM) (6)



รูปที่ 2. ตำแหน่งการวัดระยะต่างๆ ในชุดนวด



รูปที่ 3. การเก็บตัวอย่างความสูญเสียจากชุดนวด

ในการเก็บข้อมูลความสูญเสียจากชุดนวดทำการทดสอบในสภาพปฏิบัติงานจริง โดยใช้ถุงตาข่ายรองรับวัสดุที่ถูกขับทิ้งจากช่องขับฟาง (รูปที่ 3) จากนั้นทำการแยกสิ่งเจือปนอื่นออกเพื่อหาเมล็ดที่ถูกขับทิ้ง โดยในแต่ละเครื่องทำการทดสอบ 3 ซ้ำ โดยในแต่ละซ้ำให้เครื่องเกี่ยวนวดเป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 15 เมตร เพื่อให้เครื่องมี

ภาพการทำงานที่สม่ำเสมอก่อนการเก็บข้อมูล
เป็นระยะทาง 10 เมตร

จากข้อมูลที่ได้นำมาสร้างสมการถดถอยเชิง
เส้นตรงพหุคูณ (multiple linear regression) ดัง
แสดงในสมการที่ 1 แล้วนำสมการมาวิเคราะห์หา
ความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยที่มีต่อความสูญเสีย
จากชุดนวด

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n \dots\dots\dots [1]$$

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม

$X_1, X_2, \dots, X_n$ = ตัวแปรอิสระใดๆ

$B_0, B_1, \dots, B_n$ = ค่าคงที่ใดๆ

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

การศึกษานี้ได้ดำเนินการทดสอบและเก็บ
ข้อมูลในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2553 ทำการ
ทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกน
จำนวน 17 เครื่อง โดยมีสภาพข้าว ขนาดของปัจจัย
การออกแบบชุดนวด การทำงานและการปรับแต่ง
ชุดนวด และความสูญเสียจากชุดนวด ดังแสดงใน
ตารางที่ 1 และ 2

จากข้อมูลในตารางที่ 2 เมื่อนำมาสร้าง
สมการถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณโดยใช้รูปแบบ
ของสมการที่ 1 ทำให้ได้สมการถดถอยดังแสดงใน

ตารางที่ 1. สภาพข้าวที่ทำการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

เครื่อง ที่	ความสูง ต้นข้าว (เซนติเมตร)	มุมเอียงต้นข้าว จากแนวดิ่ง (องศา)	ความหนาแน่น ต้นข้าว (ต้นต่อไร่)	ความชื้นของฟาง (ร้อยละฐานเปียก)	ผลผลิตรวม (กิโลกรัมต่อไร่)
1	88.5	8.7	477,600	61.59	251
2	79.6	9.1	343,200	59.93	266
3	101.7	8.0	511,200	66.23	535
4	105.7	7.9	402,933	65.73	212
5	96.6	8.4	431,200	63.74	367
6	111.5	7.7	329,600	64.93	294
7	86.5	8.7	426,133	64.08	359
8	90.1	9.0	322,933	61.74	371
9	91.8	8.5	370,667	66.66	254
10	83.9	8.8	656,267	63.53	499
11	91.9	8.4	291,733	60.51	280
12	83.9	9.0	578,400	63.83	375
13	86.8	8.7	165,867	63.14	200
14	108.9	7.8	195,200	59.37	499
15	81.6	8.9	171,467	64.48	314
16	88.6	8.6	489,867	58.50	466
17	83.7	8.8	406,667	61.27	464

สมการที่ 2 ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.910

$$TL = 47.236 - 0.009 (RD) - 0.194(RC) + 0.119(CC) - 0.089(LC) + 0.054(UC) - 0.049(NT) - 0.024(HT) - 0.492(LI) - 0.111(RS) + 0.021(MC) + 0.033(FR) - 0.356(GM) \\ \dots\dots\dots[2]$$

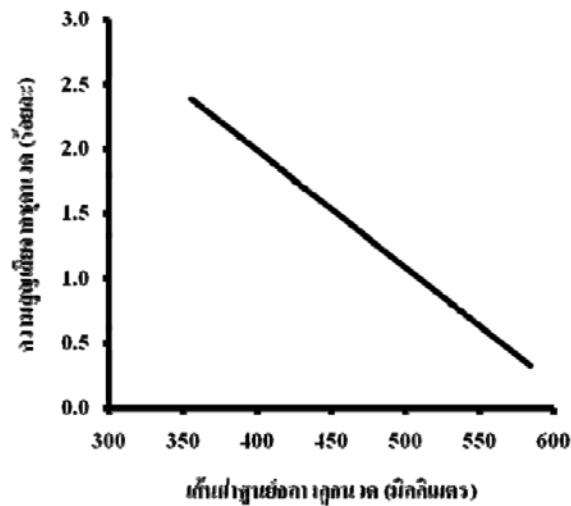
จากสมการที่ 2 เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการออกแบบชุดนวดแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ โดยที่การวิเคราะห์กำหนดให้การทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดใช้ความเร็วลูกนวด (เชิงเส้นปลายขึ้นนวด) เท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที มีมุมครีบบงเดือนจากแนวเพลาลูกนวดเท่ากับ 68 องศา เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับร้อยละ 23

ฐานเปียก ใช้อัตราการป้อนเท่ากับ 10 ต้นต่อชั่วโมง และเก็บเกี่ยวข้าวที่มีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมที่มีผลต่อการทำงาน (7) การวิเคราะห์ที่ได้ผลดังนี้

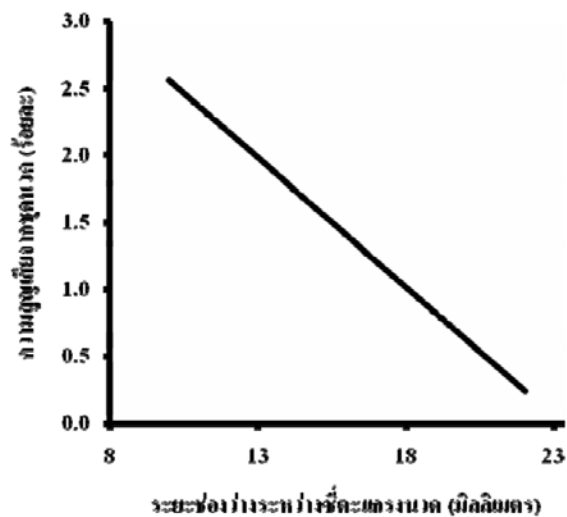
รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวด (ไม่รวมความยาวขึ้นนวด) ที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อชุดนวดมีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวตั้งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในแนวตั้งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนขึ้นนวดเท่ากับ 175 ซี่ และขึ้นนวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) พบว่า

ตารางที่ 2. การออกแบบชุดนวด สภาพการทำงาน of เครื่องเกี่ยวนวด และความสูญเสียจากชุดนวด

No.	RD (mm)	RC (mm)	CC (mm)	SC (mm)	UC (mm)	NT	HT (mm)	LI (degree)	RS (m/s)	MC (%wb)	FR (T/h)	GM	TL (%)
1	533	15	30.0	18.4	148.4	132	101.6	69.4	14.2	25.91	5.7	0.49	5.65
2	457	15	17.5	41.1	131.1	128	88.9	70.3	19.7	18.21	4.9	0.41	1.95
3	559	16	10.0	5.7	185.7	175	114.3	66.2	15.6	23.18	7.2	0.68	4.78
4	508	16	20.0	41.1	211.1	140	88.9	69.4	14.2	23.45	6.7	0.45	6.28
5	508	18	25.0	23.4	148.4	132	101.6	69.1	16.1	22.96	7.2	0.66	3.46
6	457	16	20.0	31.1	141.1	185	88.9	65.2	20.8	22.20	11.0	0.45	1.54
7	533	18	20.0	13.0	138.0	170	101.6	68.2	17.9	24.94	10.1	0.53	3.41
8	457	16	15.0	76.2	203.2	132	101.6	67.5	15.6	23.45	9.9	0.59	3.26
9	521	16	23.0	31.1	161.1	128	88.9	69.1	16.3	24.61	7.6	0.50	4.43
10	559	16	25.4	55.8	193.8	128	76.2	56.7	16.6	25.82	15.0	0.40	11.50
11	559	16	25.0	68.8	213.8	132	76.2	69.1	15.0	21.00	7.5	0.38	3.18
12	445	13	15.0	46.1	131.1	128	88.9	63.8	16.3	22.84	10.8	0.40	3.75
13	559	16	25.4	53.8	193.8	132	76.2	68.5	17.1	24.86	6.3	0.70	4.24
14	445	14	15.0	44.1	131.1	185	88.9	64.2	16.4	16.50	5.0	0.62	0.91
15	508	16	15.0	10.7	135.7	132	114.3	67.2	17.0	25.62	7.5	0.48	2.57
16	546	18	20.0	31.1	151.1	165	88.9	63.4	16.3	21.47	16.0	0.21	4.24
17	546	18	25.0	16.1	151.1	170	88.9	63.8	17.5	22.49	17.0	0.44	5.87



รูปที่ 4. ผลของเส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด



รูปที่ 5. ผลของระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด

เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวดมีขนาดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง ทั้งนี้เนื่องจากลูกนวดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นทำให้ต้องใช้ตะแกรงนวดที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเช่นกัน ตะแกรงที่มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้มีพื้นที่ในการนวด และคัดแยกเมล็ดให้ออกจากฟาง และเมล็ด

สามารถร่วงลงไปยังชุดทำความสะอาดได้มากขึ้น ส่งผลต่อความสูญเสียที่ลดลง

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกินร้อยละ 1 จะได้ว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวดควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) ระยะ

ระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวลบนกับปลายชิ้นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนชิ้นวดเท่ากับ 175 ซี และชิ้นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) ดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่า เมื่อระยะช่องว่างระหว่างซีตะแกรงนวลเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวลลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วินิต ชินสุวรรณ และคณะ (3) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระยะช่องว่างระหว่างซีตะแกรงนวลเป็นการเพิ่มพื้นที่ช่องว่างเพื่อให้เมล็ดที่ถูกนวลแล้วหลุดผ่านตะแกรงนวลออกไปได้มากขึ้นก่อนที่จะถูกใบพัดขับฟางขับทิ้งออกไปกับฟาง ซึ่งส่งผลต่อความสูญเสียจากชุดนวลที่ลดลงโดยเฉพาะความสูญเสียจากการคัดแยกเมล็ดออกจากฟาง

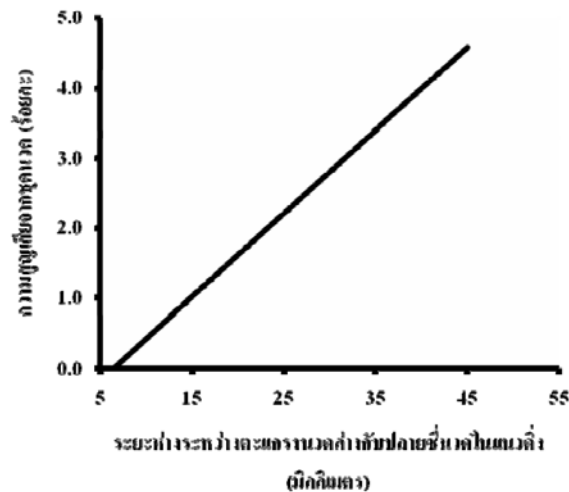
เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวลเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกินร้อยละ 1 จะได้ว่าระยะช่องว่างระหว่างซีตะแกรงนวลควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 18 มิลลิเมตร แต่ระยะช่องว่างนี้ไม่ควรมีระยะเกินกว่า 20 มิลลิเมตร เพราะจะมีผลต่อวัสดุที่ไม่ใช่เมล็ดร่วงลงสู่ชุดทำความสะอาดมากขึ้นซึ่งจะทำให้ยากต่อการทำความสะอาด (3)

รูปที่ 6 แสดงผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวดิ่งที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวล เมื่อลูกนวลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซีตะแกรงนวลเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวลบนกับปลายชิ้นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนชิ้นวด

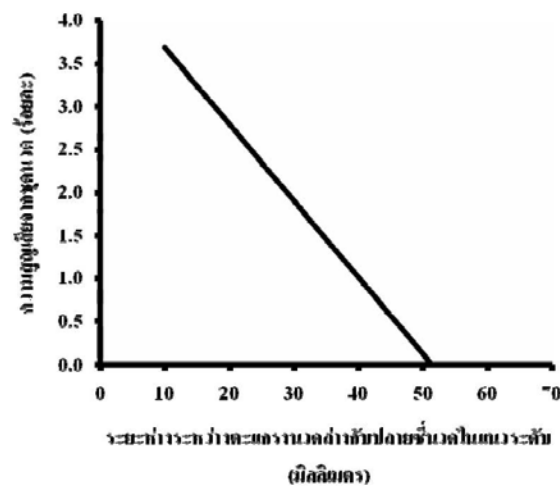
เท่ากับ 175 ซี และชิ้นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) พบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวลเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Joshi and Singh (8) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระยะห่างนี้ทำให้มีความรุนแรงในการนวลลดลงส่งผลให้ความสามารถในการนวลเพื่อให้เมล็ดหลุดออกจากวงลดลงและรวงนั้นก็ถูกขับทิ้งโดยใบพัดขับฟางมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวลที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวลเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกินร้อยละ 1 จะได้ว่าระยะห่างระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวดิ่งควรมีขนาดไม่เกิน 15 มิลลิเมตร

ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวระดับที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวล เมื่อลูกนวลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซีตะแกรงนวลเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวลบนกับปลายชิ้นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนชิ้นวดเท่ากับ 175 ซี และชิ้นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) ดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างตะแกรงนวลล่างกับปลายชิ้นวดในแนวระดับเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวลลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระยะห่างนี้เป็นการสาងฟางให้คลายออกจากกันเพื่อลดการอุ้มเมล็ดที่ถูกนวลแล้วจากฟางก่อนที่จะถูกขับทิ้งที่ช่องขับฟาง เป็นการทำงานรวมกับการฟาดตีให้เมล็ดหลุดออกจากวงของชิ้นวดกับตะแกรงนวลล่างในแนวดิ่งสลับกับ



รูปที่ 6. ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงมวลถ่วงกับปลายชิ้นในแนวดิ่งที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด



รูปที่ 7. ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงมวลถ่วงกับปลายชิ้นในแนวระดับที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด

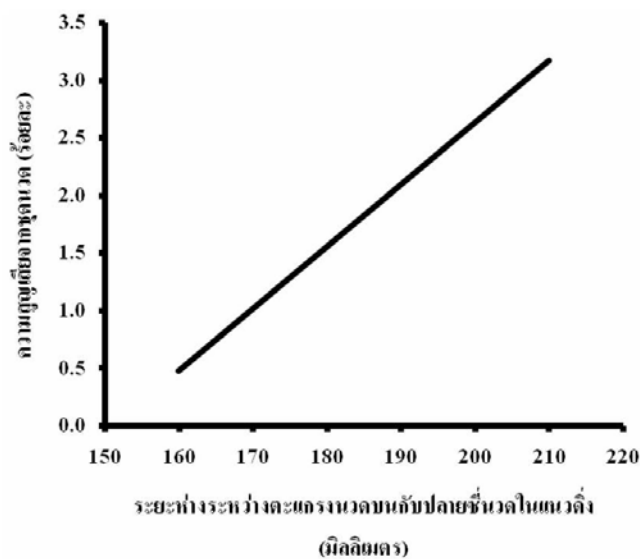
การวางของชิ้นกับตะแกรงมวลถ่วงในแนวระดับ แต่ระยะห่างนี้ควรมีระยะที่จำกัดเพราะถ้ามีระยะที่ยาวมากจะส่งผลต่อโครงสร้างของชุดนวด และเครื่องเกี่ยวนวดด้วย อาจทำให้ในการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดลำบากขึ้น รวมทั้งราคาที่จะสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ไม่เกินร้อยละ 1 จะได้ว่าระยะห่างระหว่างตะแกรงมวลถ่วงกับปลายชิ้นในแนวระดับควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 40 มิลลิเมตร

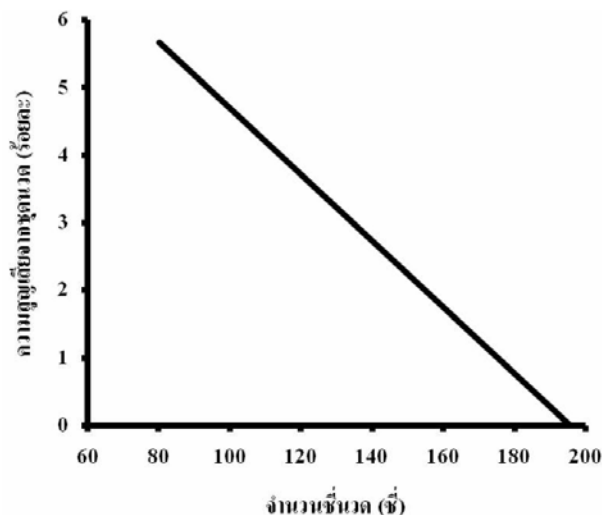
รูปที่ 8 แสดงผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายชิ้นในแนวดิ่งที่มีผล

ต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีจำนวนขึ้นนวดเท่ากับ 175 ซี่ และขึ้นนวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร

(3.5 นิ้ว) พบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในการนวดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีฟางค่อนข้างยาวดังนั้นในจังหวะการหมุนตีฟางให้ขึ้นไปด้านบนของลูกนวดซึ่งเป็นช่วงของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่ง ถ้ามีระยะนี้มากอาจ



รูปที่ 8. ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่งที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด



รูปที่ 9. ผลของจำนวนขึ้นนวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด

ส่งผลต่อการม้วนของฟางที่ยาวให้เป็นก้อนซึ่งก้อนฟางที่มีม้วนนี้จะอุ้มเอาเมล็ดข้าวเข้าไปด้วยทำให้เมล็ดไม่หลุดร่วงไปผ่านตะแกรงนวดไปยังชุดทำความสะอาด แต่ถูกอุ้มและถูกขับทิ้งไปกับฟางจึงส่งผลต่อความสูญเสียที่เพิ่มขึ้น แต่ระยะนี้ไม่ควรมีระยะที่แคบมากเกินไปเพราะต้องเผื่อไว้สำหรับช่องว่างระยะขึ้นนวดกับใบของกรีดวงเดือนที่ยึดอยู่กับตะแกรงนวดบน

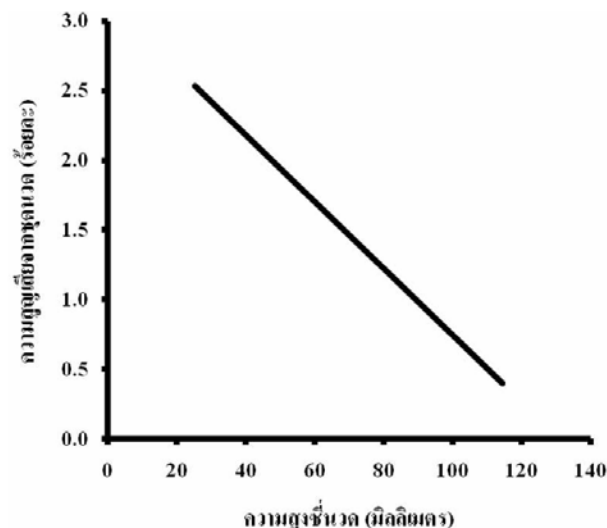
เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ไม่เกินร้อยละ 1 จะได้ว่าระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในแนวตั้งควรมีขนาดไม่เกิน 170 มิลลิเมตร

ผลของจำนวนขึ้นนวดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวตั้งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะช่องว่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนว

ระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในแนวตั้งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร และขึ้นนวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) ดังแสดงในรูปที่ 9 พบว่า เมื่อจำนวนขึ้นนวดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนขึ้นนวดเป็นการเพิ่มความรุนแรงในการฟาดตีให้เมล็ดข้าวหลุดออกจากรวงได้ดีขึ้นจึงส่งผลต่อความสูญเสียที่ลดลง โดยเฉพาะความสูญเสียจากการนวด รวมทั้งอาจจะเป็นการฟาดตีให้ฟางขาดเป็นท่อนที่สั้นส่งผลต่อการคัดแยกเมล็ดให้ออกจากฟางที่ง่ายขึ้นทำให้ความสูญเสียจากการคัดแยกเมล็ดออกจากฟางลดลง แต่จำนวนขึ้นนวดที่มากขึ้นจะส่งผลต่อการใช้พลังงานในการนวดที่สูงขึ้นเช่นกัน

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ไม่เกินร้อยละ 1 จะได้ว่าจำนวนขึ้นนวดควรมีจำนวนไม่น้อยกว่า 175 ซี่

รูปที่ 10 แสดงผลของความสูงขึ้นนวดที่มีผล



รูปที่ 10. ผลของความสูงขึ้นนวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด

ต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดเท่ากับ 170 มิลลิเมตร และมีจำนวนขึ้นนวดเท่ากับ 175 ซี่ พบว่า เมื่อความสูงของขึ้นนวดมีค่าเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของความสูงของขึ้นนวดเป็นการเพิ่มความรุนแรงในการฟาดตีให้เมล็ดหลุดออกจากรวง และอาจเป็นการช่วยเพิ่มการสาางฟางและหรือแยกเมล็ดให้ออกจากฟางสลับกับการฟาดตีได้ดีขึ้น แต่ความสูงของขึ้นนวดอาจส่งผลต่อการใช้พลังงานในการนวดที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกินร้อยละ 1 จะได้ว่าความสูงของขึ้นนวดควรมีความสูงไม่น้อยกว่า 88 มิลลิเมตร หรือประมาณ 3.5 นิ้ว

จากความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการออกแบบชุดนวดกับความสูญเสียจากชุดนวดดังที่กล่าวมาข้างต้น ในการออกแบบชุดนวดสำหรับการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ ควรพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ประกอบการออกแบบ เช่น ถ้าต้องการลดขนาดลูกนวดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 500 มิลลิเมตร หรือประมาณ 20 นิ้ว ควรพิจารณาปรับค่าปัจจัยอื่นๆ ตามความเหมาะสมโดยอาจจะลดระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่ง และระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวด หรือเพิ่มระยะห่างระหว่างตะแกรง

นวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับและจำนวนขึ้นนวด เป็นต้น เพื่อลดความสูญเสียจากชุดนวด

4. สรุป

จากความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการออกแบบชุดนวดกับความสูญเสียจากชุดนวด ถ้าต้องการให้มีความสูญเสียจากชุดนวดไม่เกินร้อยละ 1 เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ควรใช้ลูกนวดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ไม่รวมความยาวขึ้นนวด) ไม่น้อยกว่า 500 มิลลิเมตร หรือขนาดลูกนวดไม่ต่ำกว่า 20 นิ้ว ระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดควรใช้ไม่น้อยกว่า 18 มิลลิเมตร แต่ไม่ควรมีระยะห่างเกิน 20 มิลลิเมตร เพราะจะทำให้มีเศษฟางตกลงไปยังชุดทำความสะอาดมากเกินไป ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวดิ่งควรใช้ระหว่างห่างไม่เกิน 15 มิลลิเมตร สำหรับระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับควรใช้ระยะห่างไม่น้อยกว่า 40 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดควรใช้ระยะห่างไม่เกิน 170 มิลลิเมตร และสำหรับชุดนวดที่มีความยาว 1.80 เมตร (6 ฟุต) ควรมีจำนวนขึ้นนวดไม่น้อยกว่า 175 ซี่ โดยขึ้นนวดควรมีความสูงไม่น้อยกว่า 88 มิลลิเมตร หรือ 3.5 นิ้ว

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยขอนแก่น จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ รวมทั้งศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์วิจัยและการสนับสนุนต่างๆ

6. เอกสารอ้างอิง

- (1) Chinsuwan, W. A Study on assessment of performance of rice combine harvesters for reducing harvest losses and increasing potentiality in export. Final report, National Science and Technology Development Agency (NSTDA). 2010. Thai.
- (2) Chuan-udom S, Chinsuwan W. Threshing unit losses prediction for Thai axial flow rice combine harvester. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA). 2009; 40(1): 50-4.
- (3) Chinsuwan W, Pongjan N, Chuan-udom S, Phayom W. Effects of threshing bar inclination and clearance between concave rod on performance of axial flow rice thresher. TSAE J. 2003; 10(1): 15-20. Thai.
- (4) Chinsuwan W, Chuan-udom S, Phayom W, Pongjan N. Optimum Concave Rod Spacing, Threshing Speed and Feed Rate for Harvesting Glutinous Rice Using Combine Harvester. TSAE J. 2004; 11(1): 3-6. Thai.
- (5) Chuan-udom S, Chinsuwan W. Effects of concave rod clearance and number of concave bar on threshing performance of an axial flow rice threshing unit for Chainat 1 variety. TSAE J. 2009; 14(11): 1037-45. Thai.
- (6) Chuan-udom S, Chinsuwan W. Operating parameters affecting threshing system losses of an axial flow rice combine harvester. KKU Res J. 2007; 12(4): 442-50. Thai.
- (7) Chuan-udom S. Prediction of threshing system losses on axial flow rice combine harvesters [PhD Thesis]. Khon Kaen: Khon Kaen University; 2007. Thai.
- (8) Joshi HC, Singh KN. Development of Pantnagar-IRRI multi-crop thresher. AMA. 1980; 11(4): 53-63.