



ผลของความเร็วลูกกวาดเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองต่อการแตกหักและการสูญเสียเมล็ด

Effect of Thresher Speed of Soybean Combine Harvester on Breakage and Loss of Seed

มงคล ตุ่นเข้า^{1*}, ตฤณสิทธิ์ ไกรสินบุรศักดิ์¹, ประสาท แสงพันตา¹, วรณธนะ สมณี¹, อนุชา เชาว์โชติ¹, นิรุติ บุญญา¹

Mongkol Tunhaw^{1*}, Tinnasit Kaisinburasak¹, Prasat Sangphunta¹, Wantana Somnuak¹, Anucha Chowchoot¹, Nirut boonya¹

¹สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, จังหวัดกรุงเทพฯ, 10900

¹Agricultural Engineering Research Institute Department of Agriculture, Bangkok, 10900

*Corresponding author: Tel.: +66-8-2172-3595, Fax: +66-43-255-038, E-mail: mono-jobs@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เพื่อประเมินการสูญเสียและการแตกหักของเมล็ดจากการเกี่ยวเกี่ยวถั่วเหลืองพันธุ์ลพบุรี 84-1 ด้วยเครื่องเกี่ยวนวด ซึ่งปรับปรุงมุมครีบบางเดือน ส่วนประกอบล้อโน้ม ความเร็วรอบตะแกรงคัดและระบบลำเลียงเมล็ด โดยศึกษาความเร็วเชิงเส้นของลูกกวาด 2 ระดับคือ 10.72 m s^{-1} (330rpm) และ 12.83 m s^{-1} (395rpm) ผลการศึกษาพบว่า การสูญเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากการเกี่ยวเกี่ยวไม่หมดและเกิดการร่วงของต้นถั่วที่ถูกตัดแล้วบริเวณหัวเกี่ยวคือ 16.98% และ 14.64% ตามลำดับ การสูญเสียที่เกิดจากระบบนวดพบว่ามีปริมาณการสูญเสีย 1.78% และ 1.62% ปริมาณของเมล็ดแตกหัก 21.98% และ 26.45% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (T-test)

คำสำคัญ: ถั่วเหลือง, เครื่องเกี่ยวนวด

Abstract

The study of the effect of harvesting method using combine harvester on quality losses and seed quality of Lopburi 84-1 soybean was improved the rotation control plate angle, wheel head components, speed around the screening sieve and the grain conveying system. The linear velocity of rotor was set at 10.72 m s^{-1} (330rpm) and 12.83 m s^{-1} (395rpm). Results of the study found that the causes of harvest loss and tumbling were 16.98% and 14.64% the losses of the threshing was 1.78% and 1.62%, while the broken seeds was 21.98% and 26.45% respectively. The result of the t test of the linear velocity of rotor showed that all dimensions were not a significant difference.

Keywords: Soybean, Combine Harvester

1 บทนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย เนื่องจากเมล็ดถั่วเหลืองมีโปรตีนสูง จึงเป็นแหล่งอาหารสำคัญที่ใช้ในการบริโภคและเลี้ยงสัตว์ แต่ผลผลิตถั่วเหลืองในปัจจุบันยังไม่เพียงพอต่อการบริโภคในประเทศที่มีการขยายตัวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะถั่วเหลือง

คุณภาพดีเพื่อการบริโภคและอุตสาหกรรมอาหาร ในขณะที่ผลผลิตในประเทศลดลง ซึ่งการผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทยมี 2 ลักษณะ คือ การผลิตเพื่อใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ และเพื่อการบริโภค โดยในการผลิตเมล็ดพันธุ์นั้นต้องเน้นการผลิตให้ได้เมล็ดถั่วเหลืองมีชีวิต และสามารถงอกได้เมื่อได้รับปัจจัยในการงอกที่เหมาะสม

Received: 26 January, 2024

Revised: 6 September, 2024

Accepted: 6 September, 2024

Available online: 28 December, 2024

ส่วนการผลิตเพื่อบริโภคนั้น เมล็ดไม่จำเป็นต้องมีชีวิตแต่จะเน้นคุณค่าทางโภชนาการและความปลอดภัยต่อการบริโภค อย่างไรก็ตามในการผลิตทั้ง 2 ลักษณะ จำเป็นต้องใช้กระบวนการจัดการหรือวิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี ตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ ปัญหาที่สำคัญของผู้ผลิตหรือผู้ปลูกข้าวเหลืองคือการเก็บเกี่ยวเนื่องจากขั้นตอนการปลูกและการดูแล เกษตรกรมีเครื่องจักรกลที่สามารถนำมาใช้ดำเนินการได้แต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวยังขาดแคลนแรงงานและเครื่องจักรกลที่มีประสิทธิภาพการเก็บเกี่ยวมีผลกระทบอย่างมากต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตข้าวเหลือง ในการเก็บเกี่ยวข้าวเหลืองเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี จะต้องคำนึงถึงระยะสุกแก่ของเมล็ดสภาพแวดล้อมในช่วงเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา รวมถึงกรรมวิธีเก็บเกี่ยวด้วย (นิลบลและละอองดาว, 2553) เพื่อแก้ปัญหาการเก็บเกี่ยวนี้ มีการนำเครื่องเกี่ยววางราย มาทดสอบเก็บเกี่ยวข้าวเหลืองเพื่อทดแทนแรงงาน พบว่ามีความสามารถในการทำงานที่ 1.14 Rai hr^{-1} (สุวรรณ, 2542) ในขณะที่แรงงานคนเก็บเกี่ยวได้ 0.05 Rai hr^{-1} และต้องนำผลผลิตมาตากให้ได้ความชื้นที่เหมาะสมก่อนนำไปนวดด้วยเครื่องนวด จากการศึกษาของสาทิสและคณะ (2536) มีการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวนำมาใช้รับจ้างเกี่ยวข้าวเหลืองในอัตราค่าจ้าง $400 \text{ Baht Rai}^{-1}$ อัตราการทำงาน $2-3 \text{ Rai hr}^{-1}$ และรูปร่างของแปลงมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่ (Field Efficiency) ปัญหาที่สำคัญคือร่องน้ำในแปลงทำให้เกิดการสูญเสียสูง เนื่องจากเกี่ยวไม่หมดหรือข้าวเหลืองที่ได้จะมีดินเจือปนมาด้วย อนุสร (2556) ได้ปรับปรุงเครื่องเกี่ยวนวดข้าวให้เหมาะสมสำหรับใช้ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเหลืองผลการทดสอบพบว่ามีความสามารถในการทำงาน 1 Rai hr^{-1} ความสูญเสียจากการเกี่ยว 4-5% ซึ่งสามารถลดขั้นตอนการนำไปนวดได้ แสดงว่าการเกี่ยวข้าวเหลืองด้วยเครื่องเกี่ยวนวดนั้นมีมานานและพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เป็นที่ยอมรับ แต่อย่างไรก็ตามควรมีการปรับปรุงให้มีความเหมาะสมเพื่อลดความสูญเสียเนื่องจากการเกี่ยว การคัดแยกปริมาณเมล็ดแตกหัก และเพิ่มประสิทธิภาพการทำความสะอาด (อนุชิต, 2539)

การศึกษานี้จึงได้ปรับปรุงเครื่องเกี่ยวนวด เพื่อทดสอบการเกี่ยวเกี่ยวข้าวเหลือง ซึ่งลักษณะของเครื่องเกี่ยวนวดที่ปรับปรุงนี้จะใช้ระบบนวดเป็นแบบซี่นวดและอุปกรณ์โน้มเป็นวงล้อใช้ซี่พลาสติกยึดหยุ่นสปริงตัวเพื่อดิ่งลำต้นพืช การลำเลียงเมล็ดเป็นแบบกระบายลำเลียง เพื่อให้เป็นทางเลือกในการพิจารณาการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวเหลืองทดแทนแรงงานเก็บเกี่ยวที่ขาดแคลน

การเก็บเกี่ยวข้าวเหลืองด้วยเครื่องเกี่ยวที่ปรับปรุงนี้ ต้องประเมินผลจากการทดสอบเพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ประกอบการหรือเกษตรกรได้นำข้อมูลไปใช้เป็นประโยชน์ต่อไป

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

จากค่าชี้ผลของงานวิจัยนี้คือ ปริมาณการสูญเสียของเมล็ดข้าวโดยน้ำหนักและการแตกหักของเมล็ด ซึ่งจะเทียบกับผลผลิต การสูญเสียที่เกิดขึ้นประกอบด้วยจากการตัดหรือเก็บลำเลียงเข้าระบบนวดไม่ได้ เช่น ตัดร่วง ตัดต่ำเกี่ยวเกี่ยวไม่หมด เป็นต้น ส่วนการสูญเสียส่วนท้ายเป็นการสูญเสียที่เกิดจากระบบนวด เช่น นวดไม่หมดยังคงมีเมล็ดติดฝัก หรือเมล็ดที่ปะปนผสมออกมาจากเศษชิ้นต้นข้าวที่ตะแกรงคัดแยกไม่สามารถคัดแยกได้ จะออกตรงบริเวณช่องปล่อยเศษส่วนท้ายของตัวเครื่อง และคุณภาพของเมล็ดข้าวที่ได้จากการเกี่ยวเกี่ยว หมายถึง เปอร์เซนต์การแตกหักของเมล็ดดี ของข้าวเหลืองในถังเก็บเมล็ดโดยได้จากการสุ่มแล้วคัดแยก เมล็ดแตก เมล็ดร้าว หรือปิ่น เป็นต้น

การทดสอบเก็บเกี่ยวข้อมูลได้ดำเนินการในแปลงปลูกของเกษตรกรซึ่งเป็นแปลงขนาดใหญ่ที่มีอายุปลูกและเกี่ยวเกี่ยวเดียวกัน แล้วแบ่งเป็นแปลงย่อยตามแผนการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบข้อมูล ของระดับการทดสอบ โดยมีอุปกรณ์คือ 2.1 เครื่องเกี่ยวนวด คูโบต้า รุ่น DC 70G

เครื่องเกี่ยวนวดข้าว ยี่ห้อคูโบต้า รุ่น DC 70G ซึ่งระบบนวดแบบป้อนตามแนวแกน ได้ปรับปรุงกลไกเพื่อใช้เกี่ยวเกี่ยวข้าวเหลือง ดังนี้คือ

1. ชุดโน้มเกี่ยวล้อโน้มเป็นพลาสติกแบบยืดหยุ่น (Figure 1)



Figure 1 Reel Unit

2. ปรับมุมชุดแผ่นวงเดือนให้มีขนาด 10 องศา (Figure 2)

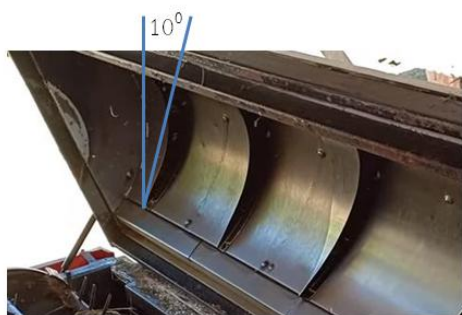


Figure 2 Cylinder cover

3. ปรับรอบการหมุนของลูกนวดจาก 560 รอบต่อนาที แล้วศึกษาความเร็วรอบ 2 ระดับคือ ความเร็วรอบ การหมุน 395 rpm (12.83 m s^{-1}) และความเร็วรอบ 330 rpm (10.72 m s^{-1}) วัดจากเพลาลูกนวดส่วนท้ายด้วยการเปิดฝาครอบช่องปล่องเศษด้วยเครื่องวัดรอบ Digital Tachometer รุ่น AR925 วัดแบบ 3 ซ้ำ สังเกตค่ารอบเครื่องยนต์เป็นข้อมูลประกอบ

4. ปรับเปลี่ยนระบบลำเลียงเมล็ดเป็นแบบกระบวยลำเลียง

5. เปลี่ยนตะแกรงคัดแยกเป็นขนาดรู 11 mm (Figure 3)



Figure 3 Sorting sieve unit

2.2 แปลงทดสอบ

จัดเตรียมแบ่งแปลงถั่วเหลืองสำหรับการทดสอบ ขนาด $10 \times 40 \text{ m}$ ปลุกด้วยวิธีการหยอดในอัตรา $12-15 \text{ kg Rai}^{-1}$ เก็บเกี่ยวที่ระยะอายุการเก็บเกี่ยว ที่ฝึกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 95% (กัณทิมาและคณะ, 2558) กรรมวิธีละ 5 แปลง

2.3 วิธีการทดสอบและเก็บข้อมูล

การดำเนินการทดสอบการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง 2 กรรมวิธีคือ กรรมวิธีที่ 1 เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดที่ความเร็ว รอบลูกนวด 395 rpm (12.83 m s^{-1}) กรรมวิธีที่ 2 เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดที่ความเร็วรอบลูกนวด 330 rpm (10.72 m s^{-1})

2.4 การเก็บข้อมูล

1. ข้อมูลพื้นฐานต้นถั่วเหลืองที่เก็บเกี่ยว ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร 5 ซ้ำ แบบสุ่ม

2. จับเวลาการเคลื่อนที่ขณะเก็บเกี่ยวทั้ง 2 กรรมวิธีที่ระยะการเคลื่อนที่ 40 เมตร

3. เก็บเมล็ดร่วงหล่นการเก็บเกี่ยว โดยมวลในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในพื้นที่ที่เก็บเมล็ดสูญเสียระบบนวด

4. เก็บเมล็ดสูญเสียระบบนวด ด้วยการนำตาข่ายรองรับในระหว่างการเคลื่อนที่รถเกี่ยว 5 เมตร (Figure 4)



Figure 4 Distance of Sample

5. สุ่มผลผลิตในถังเก็บ 500 กรัม เพื่อตรวจสอบคุณภาพเมล็ดและสิ่งเจือปน จากถังบรรจุเมล็ด

6. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย (T-test)

2.5 ค่าชี้ผล

เก็บข้อมูลปริมาณการสูญเสียรวมจากการเก็บเกี่ยวดังนี้

1. การสูญเสียรวม = การสูญเสียหัวเกี่ยว+สูญเสียระบบนวด(1)

2. การสูญเสียหัวเกี่ยว = (มวลเมล็ดถั่วที่ร่วงหล่น+เมล็ดเกี่ยวไม่หมด)/มวลเมล็ดถั่วเหลืองทั้งหมด (2)

3. การสูญเสียระบบนวดรถเกี่ยวนวด = (มวลเมล็ดถั่วที่ร่วงจากช่องปล่อยเศษ)/มวลเมล็ดถั่วเหลืองทั้งหมด (3)

4. ปริมาณเมล็ดตกหัก = มวลเมล็ดเก็บเกี่ยวได้เมล็ดตก/มวลเมล็ดถั่วเหลืองทั้งหมด (4)

5. ปริมาณสิ่งเจือปน = มวลของวัสดุที่ไม่ใช่เมล็ดถั่ว/มวลเมล็ดถั่วเหลืองทั้งหมด (5)

การสูญเสียหัวเกี่ยว คือ มวลของเมล็ดถั่วเหลืองที่ร่วงหล่นเมื่อทำการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวเกี่ยวและที่ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้

การสูญเสียระบบนวด คือ มวลของเมล็ดที่ได้จากร่วงออกจากช่องปล่อยเศษวัสดุรวมกับเมล็ดถั่วที่ร่วงจากตะแกรงโยกคัดทำความสะอาดที่ปะปนออกมา (Figure 5)

มวลเมล็ดถั่วเหลืองทั้งหมดคือน้ำหนักรวมของผลผลิตทั้งหมดของแปลงที่ทดสอบ

ลักษณะของเมล็ดถั่วเหลืองที่นำมาพิจารณาในการคัดแยกตัวอย่าง จะพิจารณาตาม Figure 6



Figure 5 Sample loss

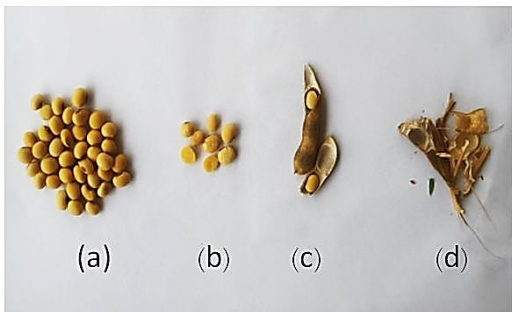


Figure 6 Examples of seeds and impurities (a)=good, (b)=broken, (c)=outstanding, (d)= impurity

3 ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการทดสอบและการเก็บข้อมูลให้ผลดังนี้

3.1 แปลงทดสอบและข้อมูลทั่วไป

แปลงทดสอบปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ลพบุรี 84-1 อัตราเมล็ดพันธุ์ 12-15 kg Rai⁻¹ คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมใช้รอกหยอดระยะระหว่างแถว 50 cm ระหว่างต้น 20 cm ที่ต.ธารเกษม อ.พระพุทธรบาท จ.ลพบุรี ซึ่งสภาพแปลงมีหินในแปลง ซึ่งการทดสอบนี้ จับเวลาการเคลื่อนที่ของการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 40 m (Table 1) ส่วนข้อมูลทั่วไปของต้นถั่วเหลือง (General characteristics) แสดงได้ตาม Table 2 ดังนี้

Table1 Speed of Combine Harvester (40 m)

Treatment	Speed (s)	F	Sig.
(395rpm)	64.42±17.93	0.29	0.65 ^{ns}
(330rpm)	62.59±15.41		

P≤0.05

Table 2 Soybean General Information

General characteristics	Tr1 (12.83 m s ⁻¹) 395rpm.	Tr2 (10.72 m s ⁻¹) 330rpm.
Pods plant ⁻¹	33.22	34.7
Early height (cm)	51.3	49.06
first pod(cm)	9.8	9.22
Seed moisture (%)	11.3	11.32

P≤0.05



Figure 7 Threshing loss

3.2 ผลการของการสูญเสีย

Table 3 Harvest residue in the field

	X	Y	Z
395 rpm	14.64 ±2.61	1.2 ±0.95	0.42 ±0.38
330rpm	16.98 ±1.83	0.97 ±0.45	0.81 ±0.74
F	2.41	1.12	1.22
sig.	0.16 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.30 ^{ns}

P≤0.05, X= loss of front, Y= Loss of screening scree, Z= Not threshing

จากข้อมูลผลของการเก็บปริมาณการสูญเสียของระบบนวด (Table 3) ส่วนด้านท้ายตัวเครื่องเก็บเกี่ยว (Figure 7) ที่ความเร็ว (Table 2) อธิบายได้ว่าที่ความเร็วรอบลูกนวด 395 rpm (12.83 m s⁻¹) พบว่ามีปริมาณการสูญเสียรวมน้อยกว่า ที่ความเร็วรอบลูกนวด 330 rpm (10.72 m s⁻¹) แต่เมื่อพิจารณาถึงลักษณะของการสูญเสียที่เกิดขึ้นพบว่า การสูญเสียดังกล่าวนี้ที่ความเร็วรอบลูกนวด 330 rpm เป็นการสูญเสียที่เกิดจากการนวดไม่หมดมีฝักถั่วเหลืองที่ยังไม่ถูกนวดปะปนออกมา (0.81%) อธิบายได้ว่า

เมื่อใช้ความเร็วรอบลูกนวดที่ต่ำประสิทธิภาพของการนวดในระบบนวดจะลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของวุฒิพลและคณะ (2562)

3.3 การสูญเสียที่หัวเกี่ยว

ผลของการเก็บปริมาณการสูญเสียที่หัวเกี่ยวเครื่องเกี่ยวนวด (Table 3) พบว่าที่ความเร็วรอบลูกนวด 330 rpm มีปริมาณการสูญเสียเมล็ดและฝักที่เก็บเกี่ยวมากกว่าที่ 395 rpm คือ 16.98% ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้ความเร็วรอบลูกนวดที่ต่ำอาจเป็นผลให้ชุดล้อโน้มซึ่งมีกลไกรับกำลังขับเคลื่อนจากเพลาลูกนวดทำให้มีความเร็วลดลง ทำให้ต้นข้าวเหลืองที่ถูกตัดร่วงหล่นและปริมาณการสูญเสียที่หัวเกี่ยวส่วนใหญ่มาจากปริมาณเก็บเกี่ยวไม่หมดเนื่องจากสูงของฝักแรกต่ำ (Figure 8) และพื้นที่แปลงมีหินสอดคล้องกับงานวิจัยของ วินิตและคณะ (2547)

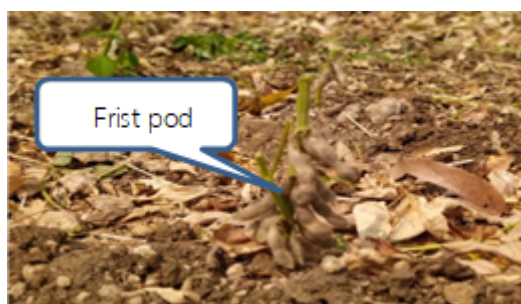


Figure 8 Loss of frist pod

3.4 การแตกหักของเมล็ด

ข้อมูลคุณภาพของเมล็ดในถังเก็บ (Table 4) อธิบายได้ว่าเมื่อความเร็วรอบของลูกนวดลดลง (330 rpm) ปริมาณเมล็ดแตกหักลดลงจาก 26.45% เหลือ 21.98% อธิบายได้เกิดจากหมุนตัวของลูกนวดที่มีจำนวนครั้งของการกระทำ มีผลต่อการแตกหักของเมล็ดข้าวเหลือง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhan et al. (2021)

Table 4 Harvest residue in the field

	a	b	c
395rpm	66.03 ±26.60	26.45 ±36.80	7.52 ±33.40
330rpm	71.88 ±7.72	21.98 ±10.27	6.14 ±14.68
F	1.87	2.13	2.90
sig.	0.21 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.12 ^{ns}

P≤0.05, a= Seeds not broken, b= Seed broken, C= Impurity

4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การทดสอบเก็บเกี่ยวข้าวเหลืองพันธุ์ลพบุรี 84-1 ด้วยเครื่องเกี่ยวนวดที่ปรับปรุงสำหรับการเก็บเกี่ยวข้าวเหลืองครั้งนี้ เมื่อพิจารณาข้อมูลการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการเก็บเกี่ยวพบว่า การสูญเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากการเก็บเกี่ยวไม่หมดและเกิดการร่วงของต้นข้าวที่ถูกตัดแล้วบริเวณหัวเกี่ยว การสูญเสียที่เกิดจากระบบนวดนั้นพบว่ามีปริมาณการสูญเสียน้อยคือไม่เกิน 2% ปริมาณของเมล็ดแตกหักพบว่ามีปริมาณสูงคือ 21.98% และ 26.45% ข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาระบบนวดและทดสอบเพิ่มเติม เพื่อให้เครื่องเกี่ยวนวดสามารถเก็บเกี่ยวในส่วนหัวเกี่ยวและระบบนวดให้มีประสิทธิภาพที่ดี สำหรับการพัฒนาต่อไป อย่างไรก็ตามการศึกษานี้พบว่าความเร็วเชิงเส้นลูกนวด 2 ระดับนี้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (T-test)

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์ลพบุรี กรมวิชาการเกษตร ที่ร่วมทำการทดสอบประสานงานใช้พื้นที่แปลงในเครือข่ายในการทดสอบครั้งนี้

6 เอกสารอ้างอิง

กัณทิมา ทองศรี, นริลักษณ์ วรรณสาย, นิภาภรณ์ พรรณรา, สนอง บัวเกตุ. 2558. การศึกษาช่วงอายุเก็บเกี่ยวและวิธีการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวเหลือง, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53, 218-225. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 3-6 กุมภาพันธ์ 2558, กรุงเทพฯ.

นิลบล ทวีกุล, ละอองดาว แสงหล้า. 2547. วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง. เอกสารวิชาการลำดับที่ 10/2547 สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ, 171 หน้า

วินิต ชินสุวรรณ, นิพนธ์ ป้องจันทร์, สมชาย ขวนอุดม, วราจิต พยอม. 2547. ผลของดัชนีล้อยโน้มที่มีต่อความสูญเสียในการเกี่ยวของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 10(1), 7-9.

วุฒิพล จันทรสระคู, ศักดิ์ชัย อาษาวัง, มงคล ตุนเฮ้า, วรรณะ สมนึก, เอกภาพ ป่านภูมิ, อนุชิต คำสิงห์, สมชาย ขวนอุดม. 2562. ปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียในเครื่องนวดแบบไหลตามแกนของการนวดถั่วเหลือง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 50(3) (พิเศษ), 292-295.

สาทิส เวณจันทร์, จารุวัฒน์ มงคลธนรรค, สมโภชน์ สำราญ, สักร สังกะ. 2536. วิจัยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาการใช้เครื่องนวดข้าวเพื่อใช้เกี่ยวนวดถั่วเหลือง. รายงานการวิจัยกลุ่มงานทดสอบและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตร. กองเกษตรวิศวกรรมกรมวิชาการเกษตร.

สุวรรณ แซ่ซื่อ. 2542. ผลกระทบของเครื่องเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองแบบวางรายต่อการสูญเสียผลผลิตถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 87 หน้า

อนุชิต คำสิงห์. 2539. การศึกษาแนวทางการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวสำหรับเกี่ยวนวดถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตรบัณฑิต วิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 160 หน้า.

อนุสร เวชสิทธิ์. (2556). โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง. กรมวิชาการเกษตร

Su, Z., Ding, Z., Tian, L., Lin, X., Wang, Z. 2021. Design and performance test of variable diameter threshing drum of combine harvester. Food Science & Nutrition, 9(8), 4322-4334.