KKU Res J. 2011; 16(5): 622-633
http://resjournal.kku.ac.th

ปัจจัยการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ

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]*

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2]ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว 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 ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง (CC) และระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง (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

เครื่องเกี่ยวนวดกำลังมีบทบาทเป็นอย่างมากในการเก็บเกี่ยวข้าวในประเทศไทย และมีการขยายการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีเครื่องเกี่ยวนวดใช้งานมากกว่า 10,000 เครื่อง (1) และเกือบทั้งหมดเป็นเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่พัฒนาขึ้น

ภายในประเทศ ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวข้าวได้ทุกพันธุ์ในประเทศโดยเฉพาะกับข้าวหอมมะลิซึ่งเป็นข้าวที่ผลผลิตและพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดในประเทศไทย และเครื่องเกี่ยวนวดที่ใช้งานใช้ชุดนวดแบบไหลตามแกน ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1. ชุดนวดแบบไหลตามแกน

ในการเก็บเกี่ยวข้าวความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งที่สำคัญ โดยมีความสูญเสียจากชุดนวดเป็นปัญหาที่สำคัญยิ่งของเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหลตามแกน ซึ่งความสูญเสียในส่วนนี้เกิดจากการสภาพทำงาน การปรับแต่ง และการออกแบบชุดนวดที่แตกต่างกัน

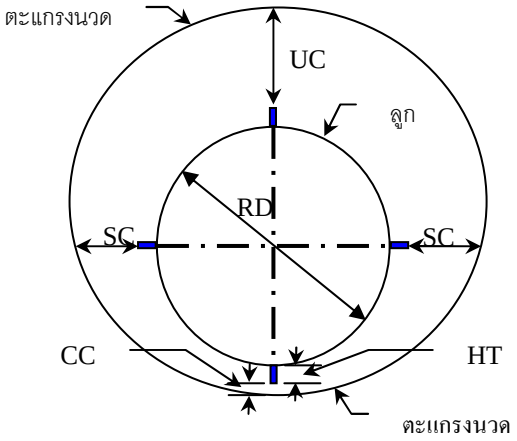
จากการศึกษาปัจจัยจากการทำงานและการปรับแต่งชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนแบบไทยของ Chuan-udom and Chinsuwan (2) พบว่าความเร็วลูกนวด มุมครีบวงเดือน ความชื้นของเมล็ด อัตราการป้อน และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง มีผลที่สำคัญต่อความสูญเสียจากชุดนวด นอกจากปัจจัยด้านการทำงานและการปรับแต่งแล้วยังมีปัจจัยด้านการออกแบบชุดนวดอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญที่ส่งผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด ถึงแม้ว่าผู้ผลิตเครื่องเกี่ยวนวดในประเทศไทยใช้ชุดนวดแบบไหลตามแกนเหมือนกันแต่มีการออกแบบขนาดและระยะต่างๆ ของชิ้นส่วนภายในชุดนวดแตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยด้านการออกแบบเหล่านี้ส่งผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด จากการศึกษาของ วินิต ชินสุวรรณ และคณะ (3) ศึกษาผลของมุมเอียงแถบซี่นวดและระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวดแบบไหลตามแกนสำหรับข้าวหอมมะลิพบว่า มุมเอียงแถบซี่นวด ไม่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด แต่แบบซี่นวด แบบตรงสร้างได้ง่ายกว่า ส่วนระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดควรใช้ในช่วง 17 ถึง 20 มิลลิเมตร วินิต ชินสุวรรณ และคณะ (4) ศึกษาระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด สำหรับเครื่องเกี่ยวนวดในการเก็บเกี่ยวข้าวเหนียว พบว่าควรใช้ระยะช่องว่าง 17 ถึง 22 มิลลิเมตร และสมชาย ชวนอุดม และวินิต ชินสุวรรณ (5) ศึกษาระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดและจำนวนสันตะแกรงนวด ในการนวดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 พบว่า ควรใช้ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดในช่วง 15 ถึง 20 มิลลิเมตร และจำนวนสันตะแกรงนวดไม่มีผลต่อความสูญเสีย

จากการศึกษาที่ผ่านมาเน้นศึกษาเฉพาะปัจจัยด้านการทำงานของชุดนวด ส่วนปัจจัยที่สำคัญคือปัจจัยด้านการออกแบบชุดนวดแบบไหลตามแกนที่ผ่านมาเป็นการศึกษาเฉพาะในส่วนของระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด มุมเอียงแถบซี่นวดและจำนวนสันตะแกรงนวด แต่ยังมีปัจจัยการออกแบบชุดนวดที่สำคัญอีกหลายปัจจัยที่ยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อยโดยเฉพาะในชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนแบบไทย นอกจากนี้ในการศึกษาที่ผ่านมาเป็นการศึกษาแยกเฉพาะปัจจัยหนึ่งๆ เท่านั้น ซึ่งปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษาอาจมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดไม่มากนัก ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหล

ตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ ซึ่งเป็นข้าวที่สำคัญของประเทศไทย สำหรับการนำไปสู่การออกแบบชุดนวดที่สามารถลดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดต่อไป

2. วิธีการวิจัย

จากปัจจัยการทำงานของชุดนวดที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนมาก ถ้าใช้แผนการทดลองแบบปกติทั่วไปต้องใช้แปลงทดลองที่มีขนาดใหญ่มากและเสียค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง รวมถึงปัญหาในการจัดการตัวอย่างให้แล้วเสร็จภายในวันที่ทดสอบเพื่อไม่ให้ตัวอย่างเปลี่ยนสภาพมากเกินไป อีกทั้งเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ใช้ในประเทศไทยมีรูปแบบของชุดนวดเหมือนกันแต่มีระยะต่างๆ ภายในชุดนวดแตกต่างกัน จากข้อจำกัดที่กล่าวมาข้างต้นและสภาพเครื่องเกี่ยวนวดที่ใช้งานในประเทศ จึงใช้แผนการทดลองแบบสุ่ม โดยการสุ่มตรวจวัดปัจจัยการออกแบบ การทำงานและการปรับแต่งชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกน ได้ดำเนินการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในเขตพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จำนวน 17 เครื่อง ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบไปด้วย เส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวด (ไม่รวมซี่นวด) (RD) ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวด (CC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ (SC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง (UC) จำนวนซี่นวด (NT) และความสูงซี่นวด (HT) โดยมีรูปแสดงระยะของชุดนวดที่ศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 2 นอกจากนี้ยังมีปัจจัยด้านการทำงานและการปรับแต่งชุดนวดที่สำคัญที่มีผลต่อความสูญเสียประกอบด้วย มุมครีบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด (LI) ความเร็วเชิงเส้นปลายซี่นวด (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

ภาวการณ์ทำงานที่สม่ำเสมอก่อนการเก็บข้อมูลเป็นระยะทาง 10 เมตร

จากข้อมูลที่ได้นำมาสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณ (multiple linear regression) ดังแสดงในสมการที่ 1 แล้วนำสมการมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด

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

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม

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

$B_0, B_1, \ldots, B_n$ = ค่าคงที่ใดๆ

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

การศึกษานี้ได้ดำเนินการทดสอบและเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2553 ทำการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกน จำนวน 17 เครื่อง โดยมีสภาพข้าว ขนาดของปัจจัยการออกแบบชุดนวด การทำงานและการปรับแต่งชุดนวด และความสูญเสียจากชุดนวด ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2

จากข้อมูลในตารางที่ 2 เมื่อนำมาสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณโดยใช้รูปแบบของสมการที่ 1 ทำให้ได้สมการถดถอยดังแสดงใน

ตารางที่ 1. สภาพข้าวที่ทำการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

เครื่องที่	ความสูงต้นข้าว (เซนติเมตร)	มุมเอียงต้นข้าวจากแนวดิ่ง (องศา)	ความหนาแน่นต้นข้าว (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

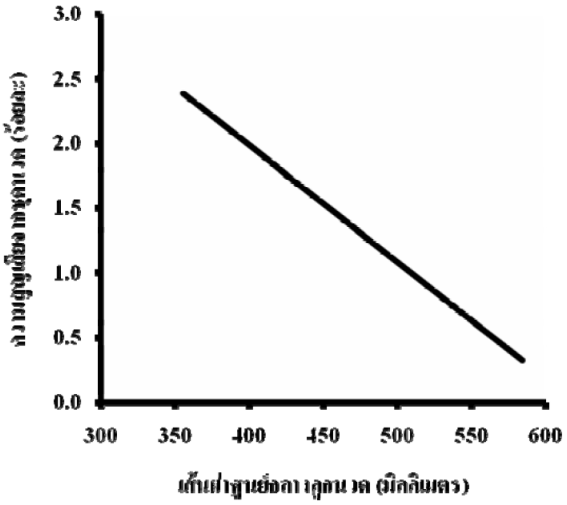
$$TL = 47.236 - 0.009(RD) - 0.194(RC) + 0.119(CC) - 0.089(LC) + 0.054(UC) - 0.049(NT) - 0.024(HT) - 0.492(LI) - 0.111(RS) + 0.021(MC) + 0.033(FR) - 0.356(GM) \quad \text{.....[2]}$$

จากสมการที่ 2 เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการออกแบบชุดนวดแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ โดยที่การวิเคราะห์กำหนดให้การทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดใช้ความเร็วลูกนวด (เชิงเส้นปลายซี่นวด) เท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที มีมุมครีบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวดเท่ากับ 68 องศา เก็บเกี่ยวข้าวที่ความชื้นของเมล็ดเท่ากับร้อยละ 23 ฐานเปียก ใช้อัตราการป้อนเท่ากับ 10 ตันต่อชั่วโมง และเก็บเกี่ยวข้าวที่มีอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางเท่ากับ 0.6 ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมที่มีผลต่อการทำงาน (7) การวิเคราะห์ได้ผลดังนี้

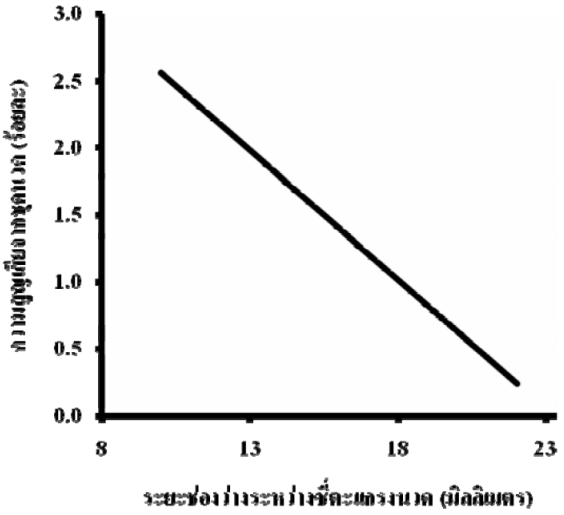
รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวด (ไม่รวมความยาวซี่นวด) ที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อชุดนวดมีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนซี่นวดเท่ากับ 175 ซี่ และซี่นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) พบว่า

ตารางที่ 2. การออกแบบชุดนวด สภาพการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวด 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 ทั้งนี้เนื่องมาจากลูกนวดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นทำให้ต้องใช้ตะแกรงนวดที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเช่นกัน ตะแกรงที่มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้มีพื้นที่ในการนวดและคัดแยกเมล็ดให้ออกจากฟาง และเมล็ดสามารถร่วงลงไปยังชุดทำความสะอาดได้มากขึ้น ส่งผลต่อความสูญเสียที่ลดลง

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

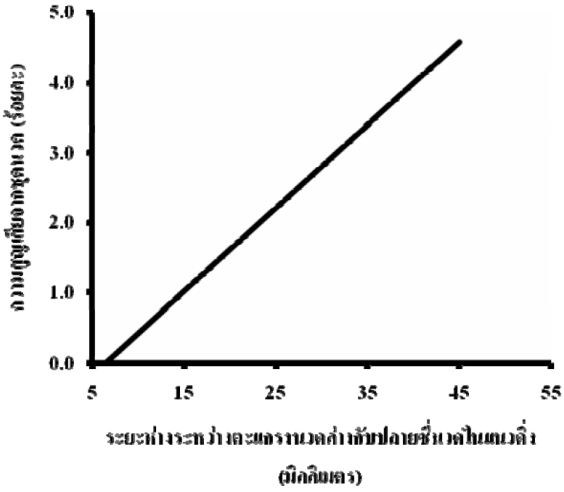
ระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนซี่นวดเท่ากับ 175 ซี่ และซี่นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) ดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่า เมื่อระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วินิต ชินสุวรรณ และคณะ (3) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเป็นการเพิ่มพื้นที่ช่องว่างเพื่อให้เมล็ดที่ถูกนวดแล้วหลุดผ่านตะแกรงนวดออกไปได้มากขึ้นก่อนที่จะถูกใบพัดขับฟางขับทิ้งออกไปกับฟาง ซึ่งส่งผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดที่ลดลงโดยเฉพาะความสูญเสียจากการคัดแยกเมล็ดออกจากฟาง

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกินร้อยละ 1 จะได้ว่าระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 18 มิลลิเมตร แต่ระยะช่องว่างนี้ไม่ควรมีระยะเกินกว่า 20 มิลลิเมตร เพราะจะมีผลต่อวัสดุที่ไม่ใช่เมล็ดร่วงลงสู่ชุดทำความสะอาดมากขึ้นซึ่งจะทำให้ยากต่อการทำความสะอาด (3)

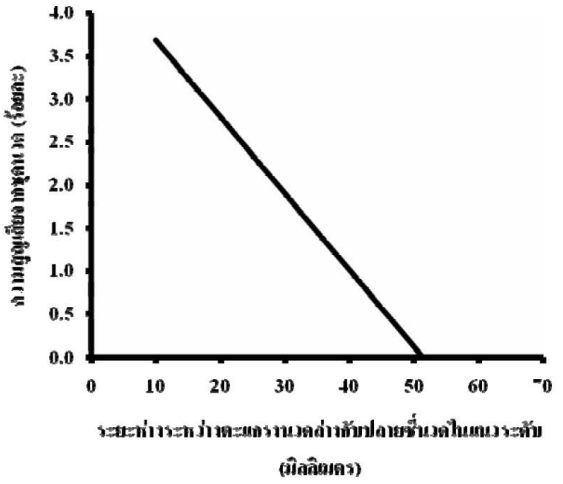
รูปที่ 6 แสดงผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนซี่นวดเท่ากับ 175 ซี่ และซี่นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) พบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Joshi and Singh (8) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระยะห่างนี้ทำให้มีความรุนแรงในการนวดลดลงส่งผลให้ความสามารถในการนวดเพื่อทำให้เมล็ดหลุดออกจากรวงลดลงและร่วงนั้นก็ถูกขับทิ้งโดยใบพัดขับฟางมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกินร้อยละ 1 จะได้ว่าระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งควรมีขนาดไม่เกิน 15 มิลลิเมตร

ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร มีจำนวนซี่นวดเท่ากับ 175 ซี่ และซี่นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) ดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระยะห่างนี้เป็นการสางฟางให้คลายออกจากกันเพื่อลดการอุ้มเมล็ดที่ถูกนวดแล้วจากฟางก่อนที่จะถูกขับทิ้งที่ช่องขับฟาง เป็นการทำงานรวมกับการฟาดตีให้เมล็ดหลุดออกจากรวงของซี่นวดกับตะแกรงนวดล่างในแนวดิ่งสลับกับ



รูปที่ 6. ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด



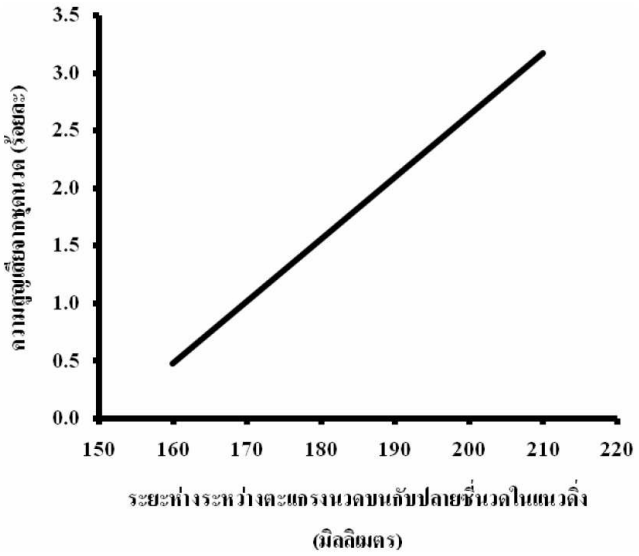
รูปที่ 7. ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด

การสางฟางของซี่นวดกับตะแกรงนวดล่างในแนวระดับ แต่ระยะห่างนี้ควรมีระยะที่จำกัดเพราะถ้ามีระยะที่ยาวมากจะส่งผลต่อโครงสร้างของชุดนวดและเครื่องเกี่ยวนวดด้วย อาจทำให้ในการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดลำบากขึ้น รวมทั้งราคาที่อาจจะสูงขึ้น

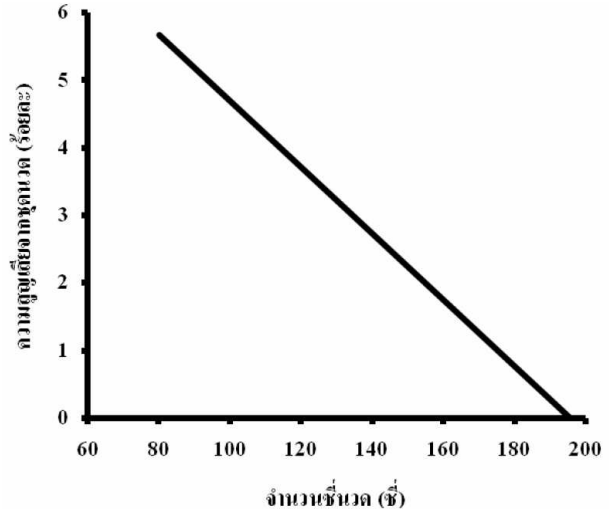
เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกินร้อยละ 1 จะได้ว่าระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 40 มิลลิเมตร

รูปที่ 8 แสดงผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งที่มีผล

ต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีจำนวนซี่นวดเท่ากับ 175 ซี่ และซี่นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) พบว่า เมื่อระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในการนวดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีฟางค่อนข้างยาวดังนั้นในจังหวะการหมุนตีฟางให้ขึ้นไปด้านบนของลูกนวดซึ่งเป็นช่วงของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง ถ้ามีระยะนี้มากอาจ



รูปที่ 8. ผลของระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด



รูปที่ 9. ผลของจำนวนซี่นวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด

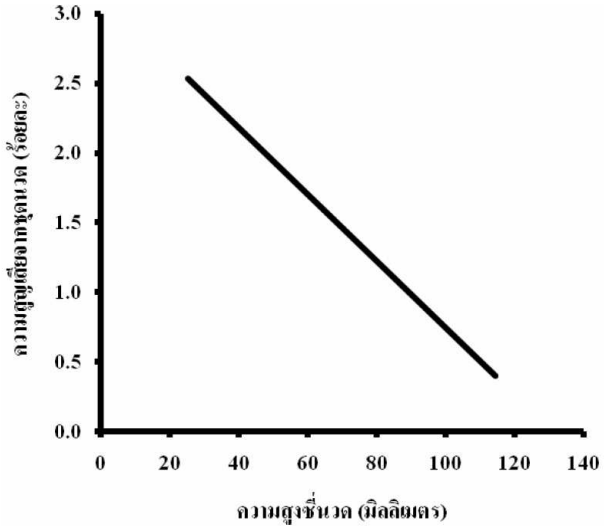
ส่งผลต่อการม้วนของฟางที่ยาวให้เป็นก้อนซึ่งก้อนฟางที่ม้วนนี้จะอุ้มเอาเมล็ดข้าวเข้าไปด้วยทำให้เมล็ดไม่หลุดร่วงไปผ่านตะแกรงนวดไปยังชุดทำความสะอาด แต่ถูกอุ้มและถูกขับทิ้งไปกับฟาง จึงส่งผลต่อความสูญเสียที่เพิ่มขึ้น แต่ระยะนี้ไม่ควรมีระยะที่แคบมากเกินไปเพราะต้องเผื่อไว้สำหรับช่องว่างระยะซี่นวดกับใบของครีบวงเดือนที่ยึดอยู่กับตะแกรงนวดบน

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกินร้อยละ 1 จะได้ว่าระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งควรมีขนาดไม่เกิน 170 มิลลิเมตร

ผลของจำนวนซี่นวดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะช่องว่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 170 มิลลิเมตร และซี่นวดมีความสูงเท่ากับ 88.9 มิลลิเมตร (3.5 นิ้ว) ดังแสดงในรูปที่ 9 พบว่า เมื่อจำนวนซี่นวดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนซี่นวดเป็นการเพิ่มความรุนแรงในการฟาดตีให้เมล็ดข้าวหลุดออกจากรวงได้ดีขึ้นจึงส่งผลต่อความสูญเสียที่ลดลง โดยเฉพาะความสูญเสียจากการนวด รวมทั้งอาจจะเป็นการฟาดตีให้ฟางขาดเป็นท่อนที่สั้นส่งผลต่อการคัดแยกเมล็ดให้ออกจากฟางที่ง่ายขึ้นทำให้ความสูญเสียจากการคัดแยกเมล็ดออกจากฟางลดลง แต่จำนวนซี่นวดที่มากขึ้นจะส่งผลต่อการใช้พลังงานในการนวดที่สูงขึ้นเช่นกัน

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกินร้อยละ 1 จะได้ว่าจำนวนซี่นวดควรมีจำนวนไม่น้อยกว่า 175 ซี่

รูปที่ 10 แสดงผลของความสูงซี่นวดที่มีผล



รูปที่ 10. ผลของความสูงซี่นวดที่มีต่อความสูญเสียจากชุดนวด

ต่อความสูญเสียจากชุดนวด เมื่อลูกนวดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 508 มิลลิเมตร (20 นิ้ว) มีระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดเท่ากับ 18 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งเท่ากับ 15 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับเท่ากับ 40 มิลลิเมตร มีระยะระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดเท่ากับ 170 มิลลิเมตร และมีจำนวนซี่นวดเท่ากับ 175 ซี่ พบว่า เมื่อความสูงของซี่นวดมีค่าเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสูญเสียจากชุดนวดลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของความสูงของซี่นวดเป็นการเพิ่มความรุนแรงในการฟาดตีให้เมล็ดหลุดออกจากรวง และอาจเป็นการช่วยเพิ่มการสางฟางและหรือแยกเมล็ดให้ออกจากฟางสลับกับการฟาดตีได้ดีขึ้น แต่ความสูงของซี่นวดอาจส่งผลต่อการใช้พลังงานในการนวดที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาให้ความสูญเสียจากชุดนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่เกินร้อยละ 1 จะได้ว่าความสูงของซี่นวดควรมีความสูงไม่น้อยกว่า 88 มิลลิเมตร หรือประมาณ 3.5 นิ้ว

จากความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการออกแบบชุดนวดกับความสูญเสียจากชุดนวดดังที่กล่าวมาข้างต้น ในการออกแบบชุดนวดสำหรับการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ ควรพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ประกอบการออกแบบ เช่น ถ้าต้องการลดขนาดลูกนวดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 500 มิลลิเมตร หรือประมาณ 20 นิ้ว ควรพิจารณาปรับค่าปัจจัยอื่นๆ ตามความเหมาะสมโดยอาจจะลดระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง และระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวด หรือเพิ่มระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับและจำนวนซี่นวด เป็นต้น เพื่อลดความสูญเสียจากชุดนวด

4. สรุป

จากความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการออกแบบชุดนวดกับความสูญเสียจากชุดนวด ถ้าต้องการให้มีความสูญเสียจากชุดนวดไม่เกินร้อยละ 1 เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ควรใช้ลูกนวดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ไม่รวมความยาวซี่นวด) ไม่น้อยกว่า 500 มิลลิเมตร หรือขนาดลูกนวดไม่ต่ำกว่า 20 นิ้ว ระยะห่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดควรใช้ไม่น้อยกว่า 18 มิลลิเมตร แต่ไม่ควรมีระยะห่างเกิน 20 มิลลิเมตร เพราะจะทำให้มีเศษฟางตกลงไปยังชุดทำความสะอาดมากเกินไป ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่งควรใช้ระหว่างห่างไม่เกิน 15 มิลลิเมตร สำหรับระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับควรใช้ระยะห่างไม่น้อยกว่า 40 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดควรใช้ระยะห่างไม่เกิน 170 มิลลิเมตร และสำหรับชุดนวดที่มีความยาว 1.80 เมตร (6 ฟุต) ควรมีจำนวนซี่นวดไม่น้อยกว่า 175 ซี่ โดยซี่นวดควรมีความสูงไม่น้อยกว่า 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.