

ลักษณะชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวนวดแบบไหลตามแกนที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

Threshing unit feature of axial flow combine harvesters influencing harvesting losses during harvest of
Chainat 1 rice

สมชาย ชวนอุดม¹ และวินิต ชินสุวรรณ¹
Somchai Chuan-Udom¹ and Winit Chinsuwan¹

Abstract

The objective of this research was to study the axial flow threshing unit feature of combine harvesters on harvesting losses during harvesting of Chainat 1 rice, which losses high yields from an axial flow threshing unit. The data from 17 combine harvesters used in irrigation area of Khon Kaen, Kalasin and Mahasarakham provinces were collected. The result of the study indicated that the concave opening (rod spacing) (RC) was the most influenced factor on losses equal to 27.54%. The second, third and fourth influence on the losses were the clearance between the lower concave and the tip of the spike tooth in horizontal (SC), concave clearance (CC) and the clearance between the upper concave and tip of the spike tooth in vertical (UC) which were 25.86%, 20.29% and 15.27% respectively. The number of spike tooth (NT), the rotor diameter (RD), and the height of spike teeth (HT) had little influenced on losses equal to 9.14%, 1.90%, and 0.22%, respectively.

Keywords: Combine harvester, harvesting, losses

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์ที่มีความสูญเสียจากชุดขนาดแบบไหลตามแกนค่อนข้างสูง โดยทำการเก็บข้อมูลเครื่องเกี่ยวนวดข้าวจำนวน 17 เครื่อง ในเขตพื้นที่ชลประทานจังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม ผลการศึกษาพบว่า ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดขนาดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 27.54 รองลงมาคือ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ (SC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวตั้ง (CC) และ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวตั้ง (UC) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดขนาดเท่ากับร้อยละ 25.86 20.29 และ 15.27 ตามลำดับ ส่วนจำนวนซี่นวด (NT) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงซี่นวด (HT) เป็นปัจจัยการออกแบบที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดขนาดค่อนข้างน้อยโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.14 1.90 และ 0.22 ตามลำดับ

คำสำคัญ: เครื่องเกี่ยวนวด การเก็บเกี่ยว ความสูญเสีย

บทนำ

ในปัจจุบันการใช้งานเครื่องเกี่ยวนวดได้แผ่หลายไปทุกภูมิภาคของประเทศ คาดว่าปัจจุบันมีเครื่องเกี่ยวนวดใช้งานในประเทศมากกว่า 10,000 เครื่อง (วินิต, 2553) ความสูญเสียจากชุดขนาดเป็นความสูญเสียที่สำคัญประการหนึ่งของเครื่องเกี่ยวนวดที่เกิดจากสภาพการทำงานที่มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงเนื่องจากสภาพของพืช การใช้งานและการปรับแต่งเครื่องที่แตกต่างกัน (วินิต, 2549) จากการศึกษาปัจจัยการทำงานและการปรับแต่งของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนของสมชาย และวินิต (2550) พบว่า ความเร็วลูกนวด มุมครีบริวเดียน ความชันของเมล็ด อัตราการป้อน และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟางมีผลต่อความสูญเสียจากชุดขนาดสำหรับข้าวหอมมะลิ ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ปัจจัยการทำงานและการปรับแต่งชุดขนาดที่มีผลต่อความสูญเสียประกอบไปด้วย ความเร็วลูกนวด มุมครีบริวเดียน ความชันของเมล็ดและอัตราการป้อน

นอกจากปัจจัยด้านการใช้งานและการปรับแต่งแล้วยังมีปัจจัยด้านการออกแบบชุดขนาดอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความสูญเสียจากชุดขนาด ถึงแม้ว่าผู้ผลิตเครื่องเกี่ยวนวดในประเทศไทยใช้ชุดขนาดแบบไหลตามแกนเหมือนกันแต่มีการออกแบบขนาดและระยะต่างๆ ของชิ้นส่วนภายในชุดขนาดแตกต่างกัน ซึ่งระยะเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อความสูญเสียจากชุดขนาด

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา

¹ Faculty of Engineering, Department of Agricultural Engineering, Khon Kaen University/ Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education

จากการศึกษาของ วินิต และคณะ (2546) ศึกษาผลของความเอียงของแถบขึ้นนวดและระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนสำหรับข้าวหอมมะลิที่มีต่อความสูญเสีย พบว่า ความเอียงของแถบขึ้นนวดไม่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวด ส่วนระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวดควรใช้ในช่วง 17 ถึง 20 มิลลิเมตร

จากการศึกษาที่ผ่านมาเน้นศึกษาเฉพาะปัจจัยด้านการดำเนินงานของชุดนวด ส่วนปัจจัยด้านการออกแบบภายในชุดนวดที่ผ่านมา ยังไม่มีการศึกษาหรือมีการศึกษาค่อนข้างน้อยโดยเฉพาะระยะต่างๆ ภายในชุดนวด ซึ่งปัจจัยนั้นอาจมีผลอย่างรุนแรงต่อความสูญเสียจากชุดนวดแบบไหลตามแกนสำหรับการเก็บเกี่ยวข้าวในประเทศไทย นอกจากนี้ในการศึกษาที่ผ่านมาเป็นการศึกษาแยกเฉพาะปัจจัยหนึ่งๆ เท่านั้น ซึ่งปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษาอาจมีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดไม่มากนักหรือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดไม่สำคัญที่สุด ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์ไม่ไวแสงที่สำคัญของไทยที่มีความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างสูง (สมชาย และ วินิต, 2553)

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ทำการศึกษาปัจจัยการออกแบบชุดนวดแบบไหลตามแกนประกอบไปด้วย เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (ไม่รวมขึ้นนวด) (RD) ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวด (CC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับ (SC) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในแนวตั้ง (UC) จำนวนขึ้นนวด (NT) และความสูงขึ้นนวด (HT) โดยมีภาพแสดงระยะของชุดนวดที่ศึกษา ดังแสดงใน Figure 1

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยด้านการดำเนินงานและการปรับแต่งชุดนวดที่มีผลต่อความสูญเสียประกอบด้วย มุมครีบบวงเดือนจากแนวเพลาลูกนวด (LI) ความเร็วเชิงเส้นปลายขึ้นนวด (RS) ความชันของเมล็ด (MC) อัตราการป้อน (FR) และอัตราส่วนเมล็ดต่อฟาง (GM) (สมชาย ชวนอุดม และวินิต ชินสุวรรณ, 2550) การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่ม โดยการสุ่มตรวจวัดการออกแบบชุดนวดแบบไหลตามแกนของเครื่องเกี่ยวนวดที่มีขนาดการออกแบบที่แตกต่างกัน โดยดำเนินการทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดขนาดความยาวชุดนวด 6 ฟุต ทำการทดสอบจำนวน 17 เครื่อง ในเขตพื้นที่ชลประทานจังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม โดยศึกษากับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างสูง พร้อมทั้งวัดขนาดของปัจจัยการออกแบบและการดำเนินงานและการปรับแต่ง โดยมีค่าชี้ผลคือ ความสูญเสียจากชุดนวด (TL)

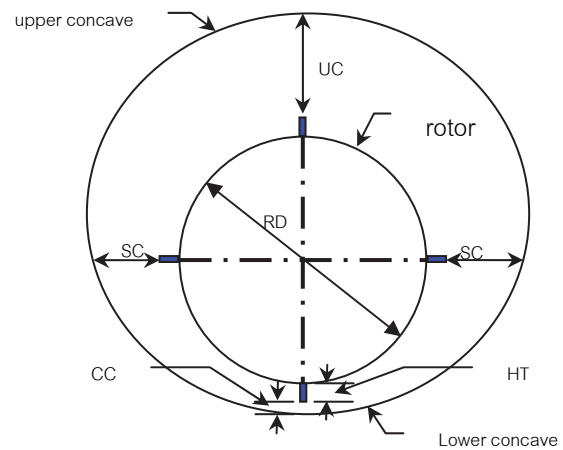


Figure 1 Measuring position in the threshing unit

ความสูญเสียจากชุดนวดทำการทดสอบโดยใช้ถุงตาข่ายรองรับวัสดุที่ถูกขับทิ้งจากช่องขับฟาง (Figure 2) จากนั้นทำการแยกสิ่งเจือปนอื่นออกเพื่อหาเมล็ดที่ถูกขับทิ้ง โดยในแต่ละเครื่องทำการทดสอบ 3 ซ้ำ โดยในแต่ละซ้ำให้เครื่องเกี่ยวนวดเป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 15 เมตร เพื่อให้เครื่องมีภาวะการทำงานที่สม่ำเสมอก่อนการเก็บข้อมูลเป็นระยะทาง 10 เมตร

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

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n \quad \dots (1)$$

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม
 X_1, X_2, \dots, X_n = ตัวแปรอิสระใดๆ
 B_0, B_1, \dots, B_n = ค่าคงที่ใดๆ

ผลและการวิจารณ์ผล

ผลการทดสอบสามารถแสดงได้ใน Table 1 เมื่อนำข้อมูลมาสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณโดยใช้รูปแบบของสมการที่ 1 ทำให้ได้สมการถดถอยดังแสดงในสมการที่ 2 ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.729

Table 1 Relationship between conditions of axial flow threshing unit and losses of 17 rice combine harvesters

No.	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

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

เมื่อนำสมการที่ 2 มาวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุนนวดดังแสดงใน Table 2 พบว่า เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อิทธิพลของปัจจัยที่มีต่อความสูญเสียจากชุนนวด 5 อันดับแรกเป็นปัจจัยเนื่องจากการออกแบบโดยมี RC มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุนนวดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 22.80 รองลงมาได้แก่ SC, CC, UC และ NT โดยมีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุนนวดเท่ากับร้อยละ 21.41, 16.80, 12.64 และ 7.57 ตามลำดับ เฉพาะปัจจัยการออกแบบทั้ง 5 ปัจจัยนี้มีผลต่อความสูญเสียจากชุนนวดประมาณร้อยละ 80 ส่วนปัจจัยการออกแบบชุนนวดที่เหลือประกอบด้วย RD และ HT มีอิทธิพลต่อความสูญเสียร้อยละ 1.57 และ 0.18 ตามลำดับ สำหรับปัจจัยการทำงานของชุนนวดประกอบด้วย LI, MC, FR, RS และ GM มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุนนวดร้อยละ 7.11, 5.72, 3.41, 0.42 และ 0.37 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปัจจัยเนื่องจากการออกแบบเทียบกับปัจจัยเนื่องจากการทำงานพบว่า ปัจจัยการออกแบบชุนนวดมีอิทธิพลต่อความสูญเสียประมาณร้อยละ 83 ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก ส่วนปัจจัยเนื่องจากการทำงานมีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุนนวดค่อนข้างน้อยประมาณร้อยละ 17 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปัจจัยการออกแบบชุนนวดมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะความสูญเสียจากชุนนวดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นวดยาก

จากสมการที่ 2 เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยการออกแบบชุนนวดสามารถวิเคราะห์ได้ดังแสดงใน Table 3 พบว่า ปัจจัยการออกแบบชุนนวด 7 ปัจจัย สามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุนนวดค่อนข้างมากโดยมี RC ซึ่งมีผลต่อการลดผ่านตะแกรงนวดของเมล็ด มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุนนวดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 27.54 รองลงมาคือ SC, CC และ UC ซึ่งมีผลต่อการนวดและการสางให้เมล็ดแยกออกจากฟางมีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุนนวดเท่ากับร้อยละ 25.86, 20.29 และ 15.27 ตามลำดับ

ส่วน NT, RD และ HT เป็นกลุ่มของปัจจัยการออกแบบที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุนนวดค่อนข้างน้อยโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.14, 1.90 และ 0.22 ตามลำดับ แสดงว่าเครื่องเกี่ยวนวดที่ทำการทดสอบใช้ปัจจัยเหล่านี้ค่อนข้างเหมาะสมดีแล้วเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ดังนั้นในการศึกษาปัจจัยการออกแบบชุนนวดแบบเฉพาะปัจจัยนั้นๆ ควรพิจารณาเน้นการศึกษาปัจจัย ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวระดับ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายขึ้นนวดในแนวตั้ง และระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายขึ้นนวดในตั้ง เนื่องจากมีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุนนวดค่อนข้างสูงเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 หรือข้าวพันธุ์ไม่วาง

Table 2 Effects of design construction of axial flow threshing unit and adjustment on threshing unit losses

Factors	Affects of factors on threshing unit losses (%)
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

Table 3 Effects of design construction of axial flow threshing unit on threshing unit losses

Factors	Affects of factors on threshing unit losses (%)
RD	1.90
RC	27.54
CC	20.29
SC	25.86
UC	15.27
NT	9.14
HT	0.22

สรุป

จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยเนื่องจากการออกแบบชุดขนาดของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวแบบไหลตามแกนมีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดขนาดเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ค่อนข้างสูงถึงเกือบร้อยละ 83 ส่วนปัจจัยเนื่องจากการทำงานและการปรับแต่งมีอิทธิพลต่อความสูญเสียค่อนข้างน้อยประมาณร้อยละ 17

สำหรับปัจจัยที่ทำการศึกษามีสามารถแบ่งได้สองกลุ่มคือ กลุ่มของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูญเสียค่อนข้างสูง โดยระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงขนาด มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดขนาดมากที่สุด รองลงมาคือระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดล่างกับปลายที่ขนาดในแนวระดับ ระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดล่างกับปลายที่ขนาดในแนวตั้ง และระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดบนกับปลายที่ขนาดในแนวตั้ง ตามลำดับ ดังนั้นจึงควรมีการพิจารณาเน้นศึกษาปัจจัยดังกล่าวเพื่อลดความสูญเสียจากการเกี่ยวเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 หรือข้าวพันธุ์ไม่ไวแสง และกลุ่มที่สองประกอบด้วย จำนวนซี่ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางลูกขนาด และความสูงซี่ขนาด มีอิทธิพลต่อความสูญเสียค่อนข้างน้อย

คำขอขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา รวมทั้งศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- วินิต ชินสุวรรณ. 2553. การศึกษาประเมินประสิทธิภาพเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวเพื่อลดความสูญเสียและเพิ่มศักยภาพในการส่งออก. รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
- วินิต ชินสุวรรณ. 2549. ปัจจัยที่มีผลต่อความสูญเสียจากการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดข้าวในประเทศไทย. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการของสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 ประจำปี 2549; 23-24 มกราคม 2549 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม.
- วินิต ชินสุวรรณ นิพนธ์ ป็องจันทร์ สมชาย ขวนอุดม และ วราจิต พยอม. 2546. ผลของความเฉียงของแถบซี่ขนาดและระยะห่างช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงขนาดที่มีต่อสมรรถนะการเกี่ยวขนาดของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวแบบไหลตามแกน. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย (ว.สวทช.). 10(1):15-20.
- สมชาย ขวนอุดม และ วินิต ชินสุวรรณ. 2550. พารามิเตอร์การทำงานของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีผลต่อความสูญเสียจากระบบการเกี่ยว. วารสารวิจัย มข. 12(4): 442-450.
- สมชาย ขวนอุดม และ วินิต ชินสุวรรณ. 2553. ความสูญเสียจากการเกี่ยวเกี่ยวข้าวโดยใช้เครื่องเกี่ยวขนาด. ว.สวทช. 16(1): 3-8.