อิทธิพลของอัตราป้อน และความเร็วรอบใบมีดสับที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดสับใบอ้อย

Effect of feed rate and Cutting speed on the Performance of Cane Leaf Chopping Unit

นิรัติศักดิ์ คงทน[1] สมโภชน์ สุดาจันทร์[1,2,3] และสมนึก ชูศิลป์[1]

Nirattisak Khongthon[1], Somposh Sudajan[1] and Somnuk Chusil[1]

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of feed rate and blade cutting speed on the performance of sugarcane leaf chopping unit for raw fuel. The chopping unit consisted of a feeder, cutting-head, outlet port, power driver unit and main frame. Three levels of feed rate of 110 190 and 260 kg/h and four levels of blade cutting speeds 500, 600, 700 and 800 rpm (5.23, 6.28, 7.33 and 8.37 m/s) were studied. Khon Kaen III variety sugarcane leaf at average moisture of 7.48 % (w.b.) was used in the experiment, performance indicators for the evaluation were; working capacity, percentage weight of chopped leaves, and length of chopped leaves. The results indicated that chopping with feed rate of 260 kg/h for all blade cutting speeds should be recommended. Working capacity, percentage weight of chopped leaves and length of chopped leaves were in the range of 217.79 to 232.29 kg/h, 84.59 to 88.87 %, and 2.07 to 3.43 cm respectively.

Keywords: Sugarcane leaf, biomass, chopping

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราป้อนและความเร็วรอบใบมีดสับ ที่มีผลต่อสมรรถนะในการสับใบอ้อย เพื่อนำไปทำเป็นเชื้อเพลิง ชุดทดสอบสับใบอ้อยมีส่วนประกอบหลักคือ ช่องป้อนวัสดุ ชุดหัวสับ ชุดลำเลียง ชุดถ่ายทอดกำลังและชุดโครงสับ ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ อัตราป้อน 3 ระดับ คือ 110 190 และ 260 กิโลกรัม/ชั่วโมง และความเร็วรอบใบมีดสับ 4 ระดับ คือ 500 600 700 และ 800 รอบ/นาที มีความเร็วเชิงเส้น 5.23 6.28 7.33 และ 8.37 เมตรต่อวินาที ใช้ใบอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ความชื้น 7.48 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) ในการทดสอบ โดยมีค่าชี้ผลคือ ความสามารถในการสับ เปอร์เซ็นต์การสับและขนาดชิ้นใบอ้อยหลังสับ ผลการทดสอบพบว่า การสับใบอ้อยโดยใช้อัตราป้อน 260 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยใช้ความเร็วรอบใบมีดสับในช่วง 500 ถึง 800 รอบ/นาที มีความเหมาะสมในการสับใบอ้อย โดยมีความสามารถในการสับในช่วง 217.79 - 232.29 กิโลกรัม/ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สับได้ขนาดที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 84.59 - 88.87 % และความยาวใบอ้อยที่สับได้อยู่ในช่วง 2.07 – 3.43 เซนติเมตร

คำสำคัญ : ใบอ้อย, เชื้อเพลิงชีวมวล, การสับ

คำนำ

อ้อยเป็นพืชที่มีความสำคัญอันดับต้นๆ ของโลก ทั่วโลกมีพื้นที่เก็บเกี่ยวอ้อยกว่า 28,174,000 เฮกเตอร์ มีผลผลิตอ้อยกว่า 1,912,973,000 ตันในปี 2009 (FAO, 2010) ประเทศที่มีพื้นที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตมากที่สุดคือประเทศบราซิล รองลงมาคือประเทศอินเดียและประเทศไทย ตามลำดับ อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมเกษตรอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ สามารถส่งออกน้ำตาลเป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากบราซิล นำรายได้เข้าประเทศปีละประมาณ 73,000 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายนอกจากจะได้น้ำตาลแล้ว ยังมีผลพลอยได้ที่เป็นชีวมวลคือ ชานอ้อย ซึ่งผลผลิตอ้อย 60 ล้านตัน จะได้ชานอ้อยประมาณ 3 ล้านตัน สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 764 เมกะวัตต์ ปัจจุบันชานอ้อยถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานที่จำเป็นสำหรับกระบวนการผลิตน้ำตาลเกือบ100% จึงทำให้ชีวมวลชนิดนี้ถูกใช้หมด ส่วนใบและยอดอ้อยนั้นเป็นเศษวัสดุที่เกิดบนพื้นที่เพาะปลูกเมื่อมีการเก็บเกี่ยวอ้อย บางส่วนใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ปุ๋ยและคลุมดิน คิดเป็นสัดส่วน 10-30% ส่วนอีก 70-

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

[1] Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพ, 10400

[2] The Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400

[3] ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

[3] The Agricultural Machinery and Postharvest Technology Center, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

90% จะเป็นชีวมวลที่เหลือทิ้งไว้ในไร่ ซึ่งมักจะถูกเผาทิ้ง ใบและยอดอ้อยปริมาณ 17 ล้านตัน สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 4,105 เมกะวัตต์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551) การนำใบและยอดอ้อยไปเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานต้องผ่านการสับลดขนาดและเพิ่มความหนาแน่นให้เหมาะสมต่อการนำไปเป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากขนาดและความหนาแน่นของเชื้อเพลิงมีผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ ซึ่งถ้าขนาดของเชื้อเพลิงมีความเหมาะสมแล้วจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (วรายุทธ, 2538) การนำใบและยอดอ้อยมาใช้เป็นแหล่งพลังงานจำเป็นต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ รวบรวมและขนส่ง อย่างไรก็ตามหากมีการกระจายแหล่งเครื่องมือ/เครื่องจักรในการแปรรูปชีวมวลจากไร่อ้อยเพื่อเพิ่มค่าพลังงานต่อปริมาตรของของใบและยอดอ้อยซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงให้ดียิ่งขึ้น จะสามารถช่วยลดต้นทุนค่าขนส่งและเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรได้ ในการออกแบบสร้างเครื่องจักรสำหรับแปรสภาพชีวมวลจากไร่อ้อยต้องอาศัยข้อมูลจากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องซึ่งมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการลดขนาดใบและยอดอ้อย ได้แก่ นิรัติศักดิ์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาอิทธิพลของชนิดใบมีด จำนวนใบมีด และความเร็วเชิงเส้นใบมีดสับที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดสับใบอ้อย สิงห์รัญ และคณะ (2555) ได้ศึกษาผลของความชื้นใบอ้อย และความเร็วเชิงเส้นปลายใบมีด ที่มีต่อสมรรถนะของชุดสับใบอ้อย นอกจากนี้ยังมีหลายๆ ปัจจัยที่มีความสำคัญยังไม่ได้ศึกษา ได้แก่ อัตราการป้อน ดังนั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยด้านอัตราป้อน และความเร็วรอบใบมีดสับที่มีผลต่อการสับลดขนาดใบอ้อยเพื่อนำไปอัดเม็ดเชื้อเพลิง เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการออกแบบสร้างเครื่องสับลดขนาดใบอ้อยที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้อัดเม็ดเชื้อเพลิง ให้มีแหล่งวัตถุดิบที่เพียงพอต่อความต้องการใช้เชื้อเพลิงในโรงงานน้ำตาล และยังเป็นการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดสอบนี้ใช้ชุดสับใบอ้อย ซึ่งมีส่วนประกอบ คือ ถาดป้อนวัสดุ ชุดหัวสับโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร กว้าง 25 เซนติเมตร หัวสับติดตั้งใบมีดสับ 3 ใบมีด ชุดถาดรองรับวัสดุ ระบบถ่ายทอดกำลังด้วยเฟืองโซ่ โดยใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 30 แรงม้าที่สามารถปรับระดับความเร็วรอบได้ (Figure 1) ใบอ้อยที่นำมาทดสอบเป็นพันธุ์ขอนแก่น 3 จากไร่อ้อย อ. กระนวน จ. ขอนแก่น นำมาตากแดดให้แห้งซึ่งมีความชื้นเฉลี่ย 7.48 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก)

Figure 1 Cane leaf chopping unit

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานโดยการทดสอบปัจจัยด้านอัตราป้อน 3 ระดับ คือ 110 190 และ 260 กิโลกรัม/ชั่วโมง และปัจจัยด้านความเร็วรอบใบมีดสับ 4 ระดับ คือ 500 600 700 และ 800 รอบ/นาที ในการทดสอบนี้ได้พิจารณาที่ความสามารถในการสับ เปอร์เซ็นต์การสับและขนาดชิ้นวัสดุที่ผ่านการสับ การทดสอบใช้คนป้อน 2 คน ทำการทดสอบสับใบอ้อยด้วยอัตราป้อนใบอ้อย 110 กิโลกรัม/ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบใบมีดสับ 500 รอบ/นาที สุ่มเก็บตัวอย่างโดยใช้ภาชนะรองรับที่ช่องทางออกของชุดสับแล้วจับเวลา จำนวน 4 ซ้ำ และชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่สุ่มเพื่อคำนวณหาความสามารถในการสับ จากนั้นนำตัวอย่างที่สุ่มได้ในแต่ละซ้ำ ไปคัดแยกขนาดของใบอ้อยที่ถูกสับด้วยตะแกรงคัดแยกที่มีรูตะแกรงสี่เหลี่ยมตามลักษณะของใบอ้อยที่ผ่านการสับ โดยทำการคัดแยกใบอ้อยที่ไม่ถูกสับหรือที่มีความยาวเกินความต้องการออกและชั่งน้ำหนักใบที่มีความยาวเกิน จากนั้นนำไปคัดแยกด้วยชุดตะแกรง 3 ชั้น โดยเรียงลำดับชั้นตะแกรงจากชั้นบนสุดคือ ตะแกรงชั้นที่ 1 มีขนาดช่องตะแกรง 5×5 เซนติเมตร ตะแกรงชั้นที่ 2 มีขนาดช่องตะแกรง 0.95x0.95 เซนติเมตร และตะแกรงชั้นที่ 3 มีขนาดช่องตะแกรง 0.5×0.5 เซนติเมตร ตามลำดับ แล้วชั่งน้ำหนักใบอ้อยที่ค้างบนตะแกรงชั้นต่างๆ และถาดรองและวัดความยาว เพื่อหาขนาดความยาว และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักชิ้นใบอ้อยที่ค้างบนตะแกรงชั้นต่างๆ ในการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักชิ้นใบอ้อยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ และเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล

ผล

ผลการทดสอบสับใบอ้อยด้วยชุดสับใบอ้อยด้วยอัตราการป้อน 3 ระดับ คือ 110 190 และ 260 กิโลกรัม/ชั่วโมง และความเร็วรอบใบมีดสับ 4 ระดับ คือ 500 600 700 และ 800 รอบ/นาที เมื่อพิจารณาที่ความสามารถในการสับใบอ้อย พบว่า อัตราป้อนมีผลทำให้ความสามารถในการสับใบอ้อยแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ความเร็วรอบใบมีดสับในช่วง 500 ถึง 800 รอบ/นาที ความสามารถในการสับที่ได้ไม่แตกต่างกัน เมื่อป้อนใบอ้อยด้วยอัตราป้อน 260 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความเร็วรอบใบมีดสับในช่วง 500 ถึง 800 รอบ/นาที ความสามารถในการสับมีค่าอยู่ในช่วง 175.74 - 232.29 กิโลกรัม/ชั่วโมง เมื่อสับใบอ้อยด้วยอัตราป้อน 260 กิโลกรัม/ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบใบมีดสับ 800 รอบ/นาที ได้ความสามารถในการสับมากที่สุด 232.29 กิโลกรัม/ชั่วโมง (Table 1)

เมื่อพิจารณาที่เปอร์เซ็นต์ในการสับใบอ้อยให้ได้ขนาดชิ้นใบอ้อยที่เหมาะสม (ค้างบนตะแกงชั้นที่ 3 2 และ 1) พบว่า อัตราป้อนและความเร็วรอบใบมีดสับไม่ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ในการสับใบอ้อยมีความแตกต่างกัน เมื่อสับใบอ้อยด้วยอัตราป้อน 110 ถึง 260 กิโลกรัม/ชั่วโมงและใช้ความเร็วรอบใบมีดสับในช่วง 500 ถึง 800 รอบ/นาที เปอร์เซ็นต์การสับมีค่าอยู่ในช่วง 83.71 ถึง 89.07 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

เมื่อพิจารณาขนาดชิ้นใบอ้อยที่ได้จากการสับ ด้วยอัตราป้อน 110 190 และ 260 กิโลกรัม/ชั่วโมง และความเร็วรอบใบมีดสับ 500 600 700 และ 800 รอบ/นาที พบว่า อัตราป้อนไม่มีผลต่อขนาดชิ้นใบอ้อย แต่ความเร็วรอบใบมีดสับมีผลทำให้ได้ขนาดชิ้นใบอ้อยมีความยาวแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ขนาดชิ้นใบอ้อยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.07 ถึง 3.53 เซนติเมตร เมื่อสับใบอ้อยด้วยอัตราป้อน 110 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้ความเร็วรอบใบมีดสับ 500 รอบ/นาที ได้ขนาดชิ้นใบอ้อยยาวมากที่สุดโดยเฉลี่ย 3.53 เซนติเมตร และเมื่อสับใบอ้อยด้วยอัตราป้อน 260 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้ความเร็วรอบใบมีดสับ 800 รอบ/นาที ขนาดชิ้นใบอ้อยสั้นที่สุดโดยเฉลี่ย 2.07 เซนติเมตร (Table 1)

Table 1 working capacity, percentage weight of chopped leaves and size of chopped leaves at each feed rate and cutting speed

Feed rate (kg/h)	Cutting speed (rpm)	Working capacity (kg/h)	Percentage weight of chopped leaves (%)	Size of chopped leaves (cm)
110	500	89.09	87.87	3.53
	600	89.89	87.18	3.00
	700	91.48	86.28	2.93
	800	97.71	88.93	2.64
190	500	169.55	88.34	3.03
	600	170.48	88.63	2.92
	700	172.64	89.07	2.86
	800	175.74	83.71	2.83
260	500	217.79	85.71	3.43
	600	223.46	87.18	3.24
	700	230.28	88.87	3.08
	800	232.29	84.59	2.07

จาก Figure 2 เห็นได้ว่า เมื่อความเร็วรอบใบมีดสับเพิ่มขึ้นจาก 500 เป็น 800 รอบ/นาที ความสามารถในการสับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแล็กน้อย ในทุกๆ อัตราป้อน ที่อัตราป้อน 260 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความสามารถในการสับที่ได้มีค่ามากกว่าอัตราป้อน 110 และ 190 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความสามารถในการสับสูงสุดคือ 232.29 กิโลกรัม/ชั่วโมง เมื่อสับใบอ้อยด้วยอัตราป้อน 260 กิโลกรัม/ชั่วโมงและใช้ความเร็วรอบใบมีดสับ 800 รอบ/นาที

จาก Figure 3 เห็นได้ว่า เมื่อความเร็วรอบใบมีดสับเพิ่มขึ้นจาก 500 เป็น 800 รอบ/นาที ขนาดชิ้นใบอ้อยที่สับได้มีแนวโน้มลดลง เมื่อสับใบอ้อยด้วยอัตราป้อนจาก 110 ถึง 260 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้ความเร็วรอบใบมีดสับ 500 ถึง 800 รอบต่อนาที ขนาดชิ้นใบอ้อยที่ได้มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.07 ถึง 3.53 เซนติเมตร

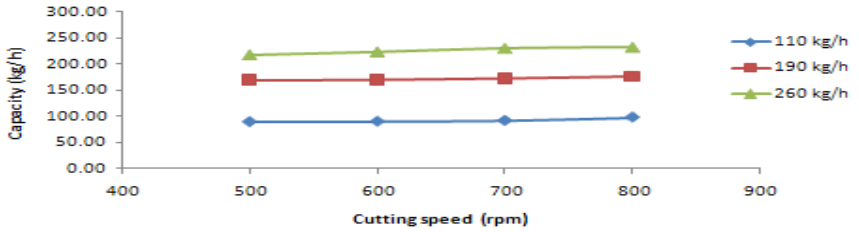

Figure 2 Relationship between cutting speed and working capacity with different feed rate

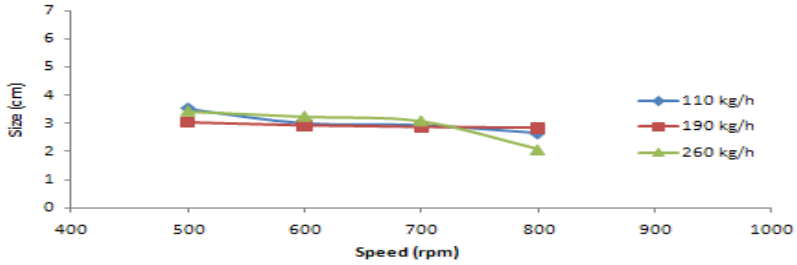

Figure 3 Relationship between cutting speed and size of chopped leaves with different feed rate

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาปัจจัยด้านอัตราป้อนและความเร็วรอบใบมีดสับ พบว่า อัตราป้อนมีผลกับความสามารถในการสับ แต่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสับและขนาดชิ้นใบอ้อยที่สับได้ ส่วนความเร็วรอบใบมีดสับไม่มีผลต่อความสามารถในการสับและเปอร์เซ็นต์การสับ แต่จะมีผลกับขนาดชิ้นใบอ้อยที่สับได้ เมื่อพิจารณาความสามารถในการสับ พบว่า อัตราป้อนที่มากกว่า ทำให้การสับใบอ้อยในช่วงเวลาหนึ่งได้มากกว่าอัตราป้อนต่ำ ทำให้ที่อัตราป้อนมาก ความสามารถในการสับจึงมีมากด้วย เมื่อพิจารณาที่ขนาดชิ้นใบอ้อย พบว่า เมื่อความเร็วรอบใบมีดสับเพิ่มขึ้น ความถี่ในการสับใบอ้อยก็เพิ่มขึ้น

สรุป

การสับใบอ้อยโดยใช้อัตราป้อน 260 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยใช้ความเร็วรอบใบมีดสับในช่วง 500 ถึง 800 รอบ/นาที มีความเหมาะสมในการสับใบอ้อย โดยมีความสามารถในการสับในช่วง 217.79 -232.29 กิโลกรัม/ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สับได้ขนาดที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 84.59 - 88.87 % และความยาวใบอ้อยที่สับได้ อยู่ในช่วง 2.07 – 3.43 เซนติเมตร

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาสำหรับทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

FAO. 2010. Area harvested and production of sugar crops. FAO statistical yearbook 2010.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.2553. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2553.[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/download/download_ journal/fundamation-2553.pdf. (14 มี.ค.2554).

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2551. ศักยภาพพลังงานชีวมวลในประเทศไทย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th/ dede/index.php?id=437. (16 ก.ย. 2552).

วรายุทธ สุขสวัสดิ์. 2538. ความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการใช้ใบและยอดอ้อยเป็นเชื้อเพลิงเสริมในโรงงานน้ำตาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน, บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิรัติศักดิ์ คงทน, สมโภชน์ สุดาจันทร์ และสมนึก ชูศิลป์. 2555. อิทธิพลของชนิดใบมีด จำนวนใบมีด และความเร็วเชิงเส้นใบมีดสับที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดสับใบอ้อย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43 (3 พิเศษ): 276-279.

สิงห์รัญ ชารี, สมโภชน์ สุดาจันทร์ และนิรัติศักดิ์ คงทน. 2555. ผลของความชื้นใบอ้อยและความเร็วเชิงเส้นปลายใบมีดที่มีต่อสมรรถนะของชุดสับใบอ้อย. *ใน*: การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. เชียงใหม่.