



การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย Design and fabrication of Green Fodder Shredding and Compressing Machine for Small Scale Farmer

รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์^{1*}, ณพล เหลืองพิพัฒน์สร¹ และ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์¹

Roongruang Kalsirisilp^{1*}, Napol Luengpipatsorn¹ and Jaturong Langkapin¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani 12110, THAILAND

*Corresponding Author E-mail: Roongruang.k@en.rmutt.ac.th

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Received 4 April 2019 Accept 22 May 2019 Online 13 June 2019 doi.org/10.14456/rj-rmutt.2019.6	The research project entitled “development of green fodder shredding and compressing machine” was aimed to increase the working capacity as well as time and labor saving for animal feed shredding and compressing process. The machine consists of four main parts namely, steel frame, shredding unit, compressing unit and power transmission unit. The revolution speed of motor was selected at 1,300, 1,500 and 1,700 rpm. Three shredding blade angles (15, 30 and 40 °) were considered in this research. The performance parameters studied were working capacity, electrical consumption and economic analysis of green fodder shredding and compressing machine. Based on the test results, it was found that the 1,500 rpm of motor speed and 40° blade angle performed the best in terms of capacity and efficiency of the machine. The performance tests of the machine showed that working capacity and electrical consumption were 229.4 kg/hr and 1.53 kW-h, respectively. An economic analysis
Keywords: shredding and compressing, green fodder, blade angle	

further showed that the operation cost of the machine was 0.35 Baht/kg with the break even point of 195 hr/yr. Considering the working hour of 600 hr/yr, the pay back period of the machine was found to be 1.5 years.

บทคัดย่อ

โครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ เพิ่มความสามารถในการทำงาน ช่วยประหยัดเวลาและแรงงานคนในขั้นตอนการย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ออกแบบและพัฒนา ประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 4 ส่วน ได้แก่ 1. โครงเครื่อง 2. ชุดย่อยหญ้า 3. ชุดอัดหญ้า และ 4. ระบบถ่ายทอดกำลัง ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1,300 1,500 และ 1,700 รอบต่อนาที ศึกษามุมมองไบบิตสำหรับย่อยหญ้า 3 ระดับที่ 15 30 และ 40 องศา โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการอัดและย่อยหญ้าอาหารสัตว์ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า และการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ผลการทดสอบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์พบว่า ความเร็วรอบของมอเตอร์และมุมมองของไบบิตที่เหมาะสมในการอัดและย่อยหญ้าอาหารสัตว์ เท่ากับ 1,500 รอบต่อนาที และ 40 องศา ตามลำดับ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 229.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1.53 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่ามีค่าใช้จ่ายในการทำงานเฉลี่ย 0.35 บาทต่อกิโลกรัม จุดคุ้มทุนในการทำงาน 195 ชั่วโมงต่อปี และเมื่อพิจารณาการทำงานที่ 600 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 1.5 ปี

คำสำคัญ: เครื่องย่อยและอัดหญ้า อาหารสัตว์ มุมมองของไบบิต

บทนำ

ปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมกำลังประสบปัญหาในเรื่องต้นทุนการผลิตนมที่สูงขึ้น โดยเฉพาะต้นทุนค่าอาหารสัตว์ จึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีการลดต้นทุนเพื่อให้เกษตรกรสามารถดำรงชีพอยู่ได้ แนวทางหนึ่งคือการเลือกใช้อาหารหยาบ คุณภาพดี ต้นทุนการผลิตต่ำ ซึ่งจากสถิติการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรในประเทศไทยพบว่าในปี พ.ศ. 2560 มี เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในประเทศไทยทั้งหมดจำนวน 17,348 ครัวเรือน หรือคิดเป็นโคนมจำนวน 584,327 ตัว ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดสระบุรี ลพบุรี ราชบุรี นครปฐมและจังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 7,437 ครัวเรือน หรือคิดเป็นโคนมจำนวน 238,544 ตัว (1) อาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของโคนม ได้แก่ อาหารข้นและอาหารหยาบ หลังจากการรีดน้ำนมต้องมีการให้อาหารสัตว์เพื่อให้โคนมได้มีการผลิตน้ำนมขึ้นมาใหม่ เพื่อจะได้ให้นำนมมาบริโภคและจำหน่าย สิ่งสำคัญได้แก่ อาหารข้น แร่ธาตุ วิตามินและอาหารหยาบ เช่น หญ้าสด หญ้าหมัก หรือหญ้าแห้ง จากเอกสารของกองอาหารสัตว์กรมปศุสัตว์ พบว่าโคและกระบือมีความสามารถในการกินอาหารแห้งได้วันละ 7 กิโลกรัมต่อตัว ซึ่งจะเห็นว่าประเทศไทยมีความต้องการอาหารโค กระบือ ประเภทหญ้าแห้ง ในปริมาณมากถึงวันละ 60,000 ตัน หรือ 21.9 ล้านตันต่อปี (2)

หญ้าเนเปียร์ (Napier grass) (รูปที่ 1) จัดเป็นหญ้าอาหารสัตว์ที่นิยมปลูกกันมาก ลำต้นและใบมีขนาดใหญ่ ลำต้นเติบโตได้เร็วและให้ผลผลิตต่อไร่สูงมาก มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เหมาะสำหรับเป็นอาหารหยาบเลี้ยงสัตว์ ลำต้นแตกกอใหม่ได้เร็วให้ผลผลิตได้ทั้งปีและ

เก็บผลผลิตได้นาน 5-7 ปี ให้ผลผลิตน้ำหนัสดประมาณ 100 ตัน/ไร่/ปี ลำต้นและใบ มีปริมาณแป้งและน้ำตาลสูง ลำต้นและใบแก่ช้ำ และมีความอ่อนนุ่ม สัตว์เคี้ยวได้ง่าย ไม่พบโรคและแมลงทำลาย ทนต่อสภาพแห้งแล้ง เติบโตได้ดีในทุกสภาพอากาศ ทนต่อดินเปรี้ยวและดินเค็ม เหมาะสำหรับการให้สัตว์กินสดและการทำหญ้าหมัก (3) หญ้าหมัก เป็นพืชอาหารสัตว์ที่เก็บถนอมในสภาพความชื้นสูง และไม่มีออกซิเจนเพื่อให้เกิดการหมักแบบไม่มีอากาศ (anaerobic fermentation) โดยเก็บในภาชนะหมักที่เรียกว่าไซโล หญ้าหมักที่ดีจะมีสภาพเป็นกรด โดยมี pH ประมาณ 4.2 และอยู่ในรูปของกรดแลคติก 1.5-2.5% กรดอะซิติก 0.5-0.8% แต่ต้องมีกรดบิวทิริกน้อยกว่า 0.01% มีกลิ่นหอมของกรดและแอลกอฮอล์ ไม่มีเชื้อราหรือจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศอื่น ๆ ปนอยู่ พืชที่เหมาะสมสำหรับทำหญ้าหมักจะมีแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตสูง เช่น ข้าวฟ่าง ข้าวโพด เนเปียร์ มิลเลท หญ้าขน หญ้าแพรก โดยควรตัดในระยะที่พืชเริ่มติดเมล็ดไปบางส่วนแล้ว (grain filling stage) หญ้าหมักสามารถทำได้ในสภาพที่อากาศชื้น โดยไม่ต้องรอสภาพอากาศแห้ง แต่ถ้าพืชอาหารสัตว์ที่ตัดมาทำหญ้าหมักมีความชื้นสูงมากกว่า 85% ก็ทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการโดยการรั่วซึม (Seepage loss) ได้ง่าย



รูปที่ 1 แปลงปลูกหญ้าเนเปียร์



(ก) การสับหญ้าเนเปียร์ด้วยมีด



(ข) การอัดหญ้าให้แน่นเพื่อไล่อากาศ



(ค) ปิดภาชนะให้สนิทเพื่อป้องกันอากาศเข้า



(ง) หมักหญ้าในที่ร่ม 3-4 สัปดาห์ ก่อนนำมาเลี้ยงสัตว์

รูปที่ 2 วิธีทำหญ้าหมักแบบใช้แรงงานคน

การทำหญ้าหมัก (Silage) เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมทำกันทั่วไป เพื่อเตรียมไว้เป็นอาหารสัตว์ในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งเป็นช่วงที่ขาดแคลนหญ้าสด ข้อดีของการทำหญ้าหมักคือ สามารถทำได้ทุกฤดูการ ใช้ทุกส่วนของพืชให้เป็นประโยชน์ และใช้พื้นที่ในการเก็บรักษาน้อย กรรมวิธีการหมักหญ้าในระดับเกษตรกรจะเริ่มจากการย่อยหรือสับหญ้าด้วยมีดให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตรและนำไปหมักในกระสอบหรือถุงพลาสติกโดยการอัดและมัดกระสอบให้แน่นสนิทเพื่อไล่อากาศออกให้หมด และเป็นการป้องกันไม่ให้อากาศและน้ำเข้าถึงหมัก ทำการหมักหญ้า 3-4 สัปดาห์หญ้าจะกลายเป็นหญ้าหมักใช้สำหรับเลี้ยงสัตว์ได้ (รูปที่ 2) (4) ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้แรงงานคนและค่าใช้จ่ายสูง เพื่อช่วยทุ่นแรง เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน ตลอดจนลดค่าใช้จ่ายในการทำหญ้าหมักของเกษตรกร จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย โดยตัวเครื่องประกอบด้วยโครงสร้างหลักได้แก่ ชุดสำหรับป้อนหญ้าอาหารสัตว์ ชุดใบมีด ชุดถังสำหรับอัดและชุดอัดหญ้า ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังโดยปัจจัยที่ทำการศึกษาค้นคว้าได้แก่ ความเร็วรอบ มุมองศาของใบมีดที่เหมาะสม ค่าชี้ผล

การศึกษาได้แก่ ความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดอาหารสัตว์ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ตลอดจนการประเมินความเหมาะสมในการใช้งานทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

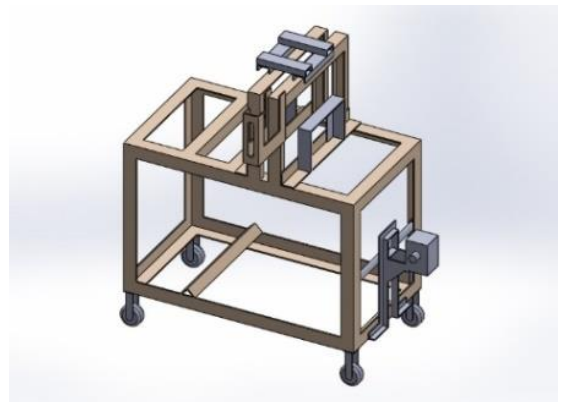
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการทำหญ้าหมักในระดับเกษตรกร และการพัฒนาเครื่องต้นแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย ซึ่งมีวิธีการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

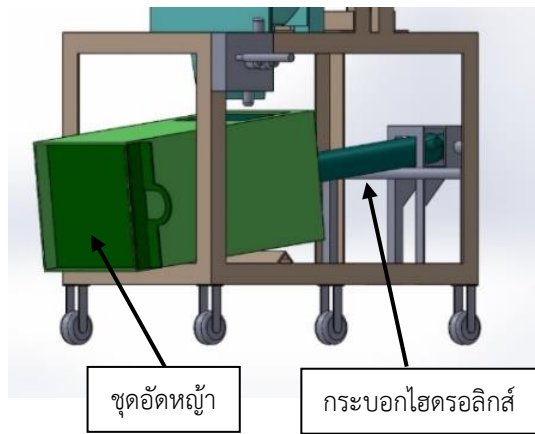
ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

รายละเอียดในการออกแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อยโดยมีส่วนประกอบหลักได้แก่ โครงสร้างเครื่อง ช่องป้อนหญ้า ชุดย่อยหญ้า ชุดอัดหญ้า ระบบต้นกำลังและระบบไฮดรอลิกส์ รายละเอียดในการออกแบบมีดังนี้

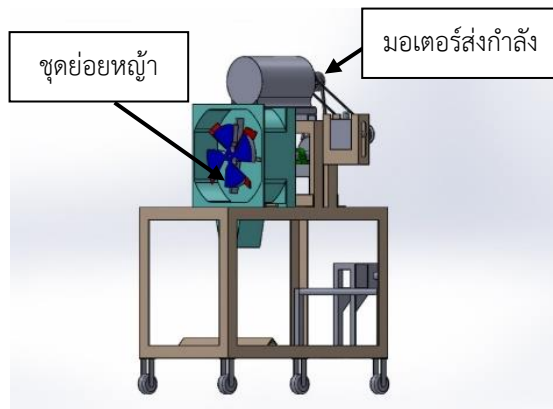
1. โครงสร้างเครื่องทำจากเหล็กฉากขนาด 1.5 นิ้ว หนา 5 มิลลิเมตร นำมาเชื่อมติดกันโดยมีขนาดกว้าง 500 มิลลิเมตร ยาว 900 มิลลิเมตร สูง 600 มิลลิเมตร ใช้เหล็กกล่องขนาด 1 นิ้ว เชื่อมต่อขึ้นด้านบนเพื่อทำหน้าที่เป็นชุดยึดสำหรับชุดอัดหญ้า ชุดป้อนหญ้า และระบบส่งกำลัง เป็นต้น ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างเครื่อง



รูปที่ 4 ชุดอัดหญ้า

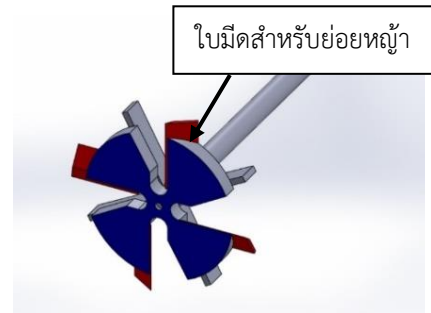


รูปที่ 5 ชุดย่อยหญ้า

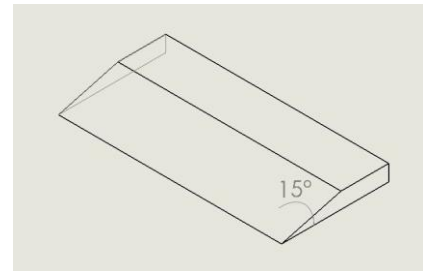
2. ชุดอัดหญ้าในส่วนโครงชุดอัดหญ้าประกอบเชื่อมติดด้วยเหล็กแผ่นหนา 5 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 310 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร สูง 310 มิลลิเมตรต่อกับชุดกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ และวาล์วควบคุมทิศทางการไหลในชุดอัดจะมีถังอัดขนาด กว้าง 300 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร ก้อนหญ้าที่อัดได้ จะมีรูปทรงเป็นรูปลูกบาศก์ ขนาด 300x300x300 มิลลิเมตรเหมาะสำหรับเก็บรักษาเพื่อทำเป็นหญ้าหมัก แสดงดังรูปที่ 4

3. ชุดย่อยหญ้า นำใบมีดสำหรับย่อยหญ้ามาเชื่อมติดเข้ากับโครงและนำชุดครอบใบมีดมาเชื่อมติด โดยโครงสร้างชุดย่อยหญ้าทำจากเหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร

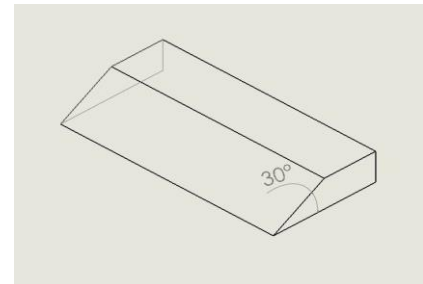
ขนาดฐานยาว 400 มิลลิเมตร สูง 570 มิลลิเมตร กว้าง 185 มิลลิเมตร ชุดส่งกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยใช้พูลเลย์และสายพานขับใบมีดสำหรับย่อยหญ้า (รูปที่ 5)



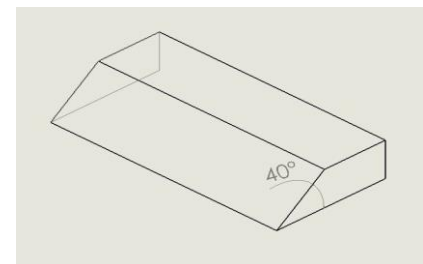
(ก) ชิ้นส่วนชุดใบมีดสำหรับย่อย



(ข) ใบมีดมุมคม 15 องศา



(ค) ใบมีดมุมคม 30 องศา

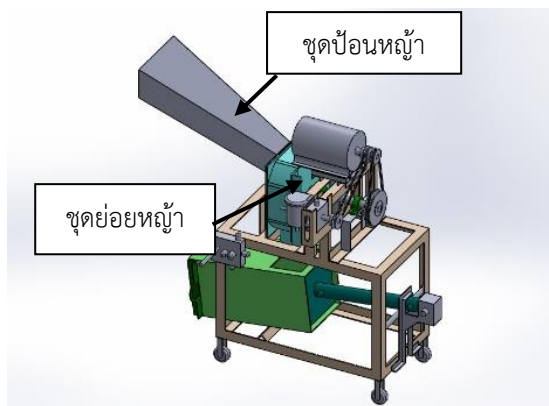


(ง) ใบมีดมุมคม 40 องศา

รูปที่ 6 ชิ้นส่วนชุดใบมีด

4. ชิ้นส่วนชุดใบมีด นำมายึดติดกับชุดปรับองศาใบมีดและนำมาประกอบกับเหล็กแผ่นหนา 25 มิลลิเมตร ยึดต่อกับเพลานาเส้นผ่านศูนย์กลาง 33 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร ใบมีดที่เป็นปัจจัยในการศึกษาครั้งนี้ ทำมุม 15 30 และ 40 องศา ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 6

รูปที่ 7 แสดงแบบและเครื่องต้นแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ที่ได้พัฒนาขึ้น มีโครงสร้างการทำงานที่ไม่ซับซ้อน ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น บำรุงรักษาง่าย มีความแข็งแรงและทนทานในการทำงาน



(1) แบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ด้วยโปรแกรมด้าน CAD



(2) เครื่องต้นแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์
รูปที่ 7 แบบและเครื่องต้นแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

ตารางที่ 1 รายละเอียดส่วนประกอบของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

รายการ	รายละเอียด
1. ขนาดเครื่องที่ประกอบสมบูรณ์ (กว้างxยาวxสูง)	675x1,080x1,138 (มิลลิเมตร)
2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชุดประกอบใบมีด	260 (มิลลิเมตร)
3. ขนาดช่องป้อนหญ้า	120x120 (มิลลิเมตร)
4. กล่องอัดหญ้า (กว้างxยาวxสูง)	300x300x300 (มิลลิเมตร)

ผลการออกแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย สรุปได้ดังนี้ ตัวเครื่องแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ชุดย่อยหญ้าเนเปียร์และชุดอัดหญ้า ต้นกำลังในการทำงานเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าส่งกำลังไปยังชุดใบมีดโดยใช้พูลเลย์และสายพาน ชุดใบมีดย่อยหญ้ามีจำนวน 4 ใบ ใบมีดทำจากวัสดุชนิดเหล็กชุบแข็ง HRC 60-61 ส่วนชุดอัดหญ้าเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ สามารถอัดได้ก้อนหญ้าหนักน้ำหนัก 20 กิโลกรัมต่อหนึ่งก้อน ชุดอัดหญ้าประกอบด้วยกระบอกไฮดรอลิกส์ วาล์วควบคุมทิศทางการไหล และปั๊มไฮดรอลิกส์ หลักการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์เริ่มจาก นำหญ้าเนเปียร์ป้อนใส่ในชุดป้อนหญ้า หญ้าจะถูกย่อยออกมาเป็นชิ้นและจะถูกปิดด้วยครีบบดหญ้าที่ย่อยแล้วลงสู่ถังอัด ระบบไฮดรอลิกจะทำการอัดหญ้าจนเต็มถังให้ได้ น้ำหนักประมาณ 20 กิโลกรัม นำหญ้าที่อัดเป็นก้อนทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ออกมดปากถุงหรือซีลให้แน่นเพื่อป้องกันน้ำและอากาศเข้า และนำไปหมักเก็บไว้ 3-4 สัปดาห์ หญ้าจะกลายเป็นหญ้าหมักใช้สำหรับเลี้ยงสัตว์ได้ รายละเอียดส่วนประกอบที่สำคัญแสดงในตารางที่ 1

การทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของ เครื่องต้นแบบ

การทดสอบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการทำงานที่ดีที่สุด โดยปัจจัยที่พิจารณาได้แก่ ความเร็วรอบในการทำงานของมอเตอร์ 1,300 1,500 และ 1,700 รอบต่อนาที ศึกษาใบมีดสำหรับย่อยหญ้าที่มุมคม 15 30 และ 40 องศาตามลำดับ ทำการทดสอบความเร็วรอบละ 3 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พร้อมทั้งบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการทดสอบเพื่อคำนวณหาความสามารถในการทำงานและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ซึ่งมีสมการค่าชี้ผลการศึกษาดังนี้

ก) ความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) คำนวณได้จากสมการที่ 1

$$C_a = \frac{W}{t} \quad (1)$$

C_a = ความสามารถในการย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

W = น้ำหนักของหญ้าทั้งหมด (กิโลกรัม)

t = เวลาที่ใช้ในการทำงาน (ชั่วโมง)

ข) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

$$W_a = \frac{IVt}{1000} \quad (2)$$

W_a = อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t = เวลา (ชั่วโมง)

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

1. การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม เกี่ยวข้องกับต้นทุนในการใช้งานเครื่องโดยพิจารณาจาก เกษตรกรซื้อเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์แทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์เท่ากับ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย ค่าภาษี ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องไปทำงานตามสถานที่ต่าง ๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อทำงานร่วมกับเครื่อง ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา และค่าซ่อมแซม เป็นต้น (5)

2. การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay-back period)

เป็นการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรว่ามีระยะเวลานานเท่าไรเมื่อลงทุนในเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี คำนวณได้จากสมการที่ 3 (5)

$$PBP = \left(\frac{P}{R} \right) \quad (3)$$

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

P = ราคาเครื่องจักร (บาท)

R = กำไรสุทธิต่อปี (บาทต่อปี)

3. การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break-even point)

เป็นการคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่องต่อปีโดยคิดเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ระหว่างแรงงานคนกับเครื่องต้นแบบ โดยพิจารณาจากต้นทุนในการทำงานโดยใช้แรงงานคนเท่ากับต้นทุนในการทำงานโดยใช้เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ คำนวณได้จากสมการที่ 4 (5)

$$BEP = \left(\frac{F_c}{B - VC} \right) \quad (4)$$

BEP = จุดคุ้มทุน (ชั่วโมงต่อปี)

F_c = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)

B = อัตราการรับจ้าง (บาทต่อชั่วโมง)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อชั่วโมง)

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การทำหญ้าหมักในระดับเกษตรกร

ผลการศึกษาการทำหญ้าหมักของเกษตรกรพบว่า เกษตรกรรายย่อย นิยมการหมักหญ้าโดยใช้แรงงานคนและเครื่องดูดฝุ่นช่วยในการดูดอากาศออก เนื่องจากใช้งบประมาณในการทำหญ้าหมักต่ำ และไม่ต้องลงทุนพื้นที่ในการทำงานมาก เช่น เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมแถบจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดลพบุรี และจังหวัดสระบุรี เป็นต้น การหมักหญ้าแบบใช้เครื่องย่อยและเครื่องดูดฝุ่นช่วยดูดอากาศ (รูปที่ 8) เป็นการประยุกต์การทำงานให้สะดวกสบายขึ้น เพราะขาดแคลนแรงงานในการตัดย่อยหญ้า จึงนิยมใช้เครื่องย่อยวัสดุทางการเกษตร มาทดแทนแรงงานคน และใช้เครื่องดูดฝุ่นมาช่วยดูดอากาศที่อยู่ในถุงออก เพื่อให้หญ้าคงสภาพอยู่ได้ไม่เน่าเสีย (4) การหมักหญ้าแบบถึงหมักทรงสูง เหมาะกับฝูงโคที่เลี้ยงขนาดใหญ่ เพราะราคาในการติดตั้งค่อนข้างแพง บ่อหมักแบบนี้มีการสูญเสียค่อนข้างน้อย และใช้แรงงานคนน้อย เพราะเป็นการใช้เครื่องจักรทั้งสิ้น การหมักหญ้าแบบบ่อหมักตั้งพื้น (4) นิยมใช้กันทั่วไป

เนื่องจากสามารถหมักหญ้าได้ทีละมาก ๆ แต่จำเป็นต้องใช้รถในการบรรทุกหญ้าเพื่อให้หญ้าแน่น จึงค่อนข้างใช้งบประมาณที่สูงกว่าวิธีการหมักหญ้าแบบดั้งเดิม โดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะรวมกลุ่มกันเพื่อใช้การหมักหญ้าแบบบ่อหมักตั้งพื้น (รูปที่ 9) จากการศึกษาข้อมูลข้างต้น พบว่าเกษตรกรรายย่อย ยังมีความต้องการใช้เครื่องจักรเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงาน มากขึ้น จึงดำเนินการออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ เพื่อให้เกษตรกรมีทางเลือกในการใช้เครื่องจักร เพื่อลดต้นทุนในการผลิต ในสภาวะการณ์ที่แรงงานหายากและมีค่าใช้จ่ายสูง



(ก) การย่อยหญ้าโดยใช้เครื่องย่อย



(ข) การใช้เครื่องดูดฝุ่นดูดอากาศออกจากถุงหมัก

รูปที่ 8 การหมักหญ้าโดยใช้เครื่องย่อยและเครื่องดูดฝุ่นช่วยดูดอากาศ



(ก) ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวหญ้าด้วยเครื่องเก็บเกี่ยว



(ข) บ่อหมักแบบพื้นคอนกรีต



(ค) การใช้รถบดอัดหญ้าให้แน่น

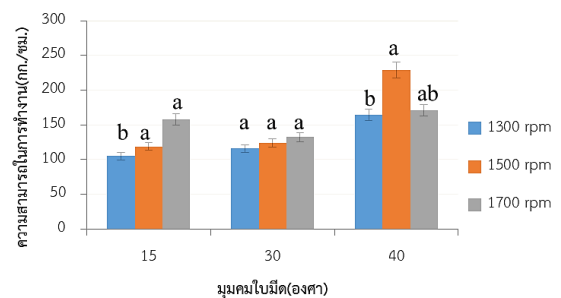


(ง) การใช้พลาสติกดำ ปิดด้านบนเพื่อป้องกันน้ำและอากาศซึมเข้าบ่อ

รูปที่ 9 การหมักหญ้าแบบบ่อหมักตั้งพื้น

ความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบที่องค์ประกอบ 15 และ 40 องศา แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในการทดสอบที่องค์ประกอบ 30 องศา ผลการทดสอบความสามารถในการทำงานที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,300 รอบต่อนาที มีค่าเท่ากับ 104.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่มุมคมใบมีด 15 องศา ความสามารถในการทำงานที่ดีที่สุดมีค่าเท่ากับ 229.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่มุมคมใบมีด 40 องศา และความเร็วรอบมอเตอร์เท่ากับ 1,500 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในการใช้เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ซึ่งนำไปใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมต่อไป (รูปที่ 10) รูปที่ 11 แสดงลักษณะของหญ้าที่ย่อยได้ที่มุมคมใบมีด 15 30 และ 40 องศา ตามลำดับ ซึ่งขนาดของหญ้าเนเปียร์ที่ย่อยได้ที่มุมคมใบมีด 40 องศา มีความเหมาะสมสำหรับเป็นอาหารสัตว์ รูปที่ 12 และ 13 แสดงหญ้าที่ถูกสับย่อยและอัดสำหรับทำหญ้าหมัก และก้อนหญ้าหมัก ตามลำดับ



รูปที่ 10 ความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่มุมคมใบมีด 15 30 และ 40 องศา (^{ab} อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบ แสดงว่าความสามารถในการย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)



รูปที่ 11 หย้าที่ถูกสับย่อยที่มุมองศาของใบมีด 15 30 และ 40 องศา (ก) ลักษณะหย้าที่ย่อยได้ที่มุมคมใบมีด 15 องศา (ข) ลักษณะหย้าที่ย่อยได้ที่มุมคมใบมีด 30 องศา (ค) ลักษณะหย้าที่ย่อยได้ที่มุมคมใบมีด 40 องศา



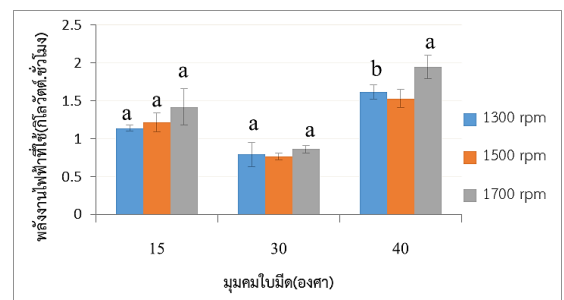
รูปที่ 12 หย้าที่ถูกสับย่อยและอัดสำหรับทำหญ้าหมัก



รูปที่ 13 ก้อนหญ้าหมัก

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบที่มุมคมใบมีด 40 องศา แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในการทดสอบที่องศาใบมีด 15 และ 30 องศา จากผลการทดสอบพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่องศาใบมีด 40 องศา ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,500 รอบต่อนาที จะมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 1.53 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (รูปที่ 14)



รูปที่ 14 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ที่มุมคมใบมีด 15 30 และ 40 องศา (^{ab} อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบ แสดงว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์

จากผลการทดสอบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1.53 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ความสามารถในการย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ 229.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง 25,000 บาท สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการทำงาน ระยะเวลาคืนทุนและจุดคุ้มทุนของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ โดยผลการวิเคราะห์พบว่า มีจุดคุ้มทุนในการทำงาน 195 ชั่วโมงต่อปี เมื่อพิจารณาชั่วโมงการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ 600 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 1.5 ปี ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ 0.35 บาทต่อกิโลกรัม

สรุปผล

ขั้นตอนการทำหญ้าหมักในระดับเกษตรกรจะเริ่มจากการย่อยหรือสับหญ้าด้วยมีดและนำไปหมักในกระสอบหรือถุงพลาสติกโดยการอัดและมัดกระสอบให้แน่นสนิท ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้แรงงานคนและค่าใช้จ่ายสูง เพื่อช่วยทุ่นแรง เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน ตลอดจนลดค่าใช้จ่ายในการทำหญ้าหมักของเกษตรกร จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่พัฒนาขึ้นมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ โครงสร้างของเครื่อง ชุดอัดหญ้า ชุดใบมีดสับย่อย ชุดกระบอกไฮดรอลิกส์ และระบบส่งกำลัง ผลการศึกษาพบว่า มุมองศาใบมีดที่ 40 องศา ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,500 รอบต่อนาที มีความเหมาะสมในการการทำงานมากที่สุด โดยมี ความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 229.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1.53 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งการใช้เครื่องย่อย

และอัดหญ้าอาหารสัตว์ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรมีรายได้สูงขึ้น ซึ่งจะสามารถแข่งขันกับประเทศในกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปี 2561 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ขอขอบคุณภาคีวิชาชีพวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณ สถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

1. กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ระดับจังหวัด [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [สืบค้นเมื่อวันที่ 6 ธ.ค. 2561]. จาก: http://ict.dld.go.th/th2/images/stories/stat_web/monthly/2560/T3-1.pdf.
2. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. การเลี้ยงโคนม [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด; 2550 [สืบค้นเมื่อวันที่ 6 ธ.ค. 2561]. จาก: <http://breeding.dld.go.th/th/images/document/dairy/dairy2550.pdf>.
3. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 [อินเทอร์เน็ต]. 2556 [สืบค้นเมื่อวันที่ 11 พ.ย. 2561]. จาก : <http://www.dpo.go.th/wp-content/uploads/2015/01.pdf>.

4. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
หญ้าหมัก [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุม
สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด; 2544 [สืบค้น
เมื่อวันที่ 11 พ.ย. 2561]. จาก: <http://pvlo-cmi.dld.go.th>.

5. Hunt D. Farm Power and Machinery
Management. 10th ed. Iowa: Iowa State
University Press; 2001.