การศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติ

Study of Work Performance of Semi-Automatic Baler

วัชรินทร์ เขียวไกร[1*], พิศมาส หวังดี[1], พูลทวี ศรพรหม[1] และ จักรชัย ชิณโคตร[1]

Watcharin kiaokrai[1*] Phisamas Hwangdee[1] Pooltawee Sonprom[1] and Jakrachai Chinnakotr[1]

สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตร คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม 103 ต.ขามเฒ่า อ.เมือง จ.นครพนม 48000

Agricultural machinery, Faculty of Agriculture and Technology, Nakhonpanom University, Nakhonpanom, 48000, Thailand

*Corresponding author: Wat123_kob@hotmail.com, Watcharin.moo2512@gmail.com

Received date: August 2024 Accepted date: December 2024 Published date: December 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติ โดยทำการศึกษาข้อมูลการอัดฟ่อนโดยใช้เครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติ ศึกษากลไกการทำงาน และทดสอบประเมินผลสมรรถนะการทำงาน ผลการศึกษาพบว่า เครื่องอัดฟ่อนกึ่งอัตโนมัติที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ เป็นแบบอัดฟ่อนแนวนอนป้อนฟางเข้าด้านข้าง ใช้ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์เล็กดีเซลขนาด 9-12 แรงม้า ต่อพ่วงเพื่อลากเข้ากับรถไถนาเดินตาม กระบวนการทำงานใช้คนทำงานร่วมกับเครื่องจักรจำนวน 4-5 คน กลไกของเครื่องฯจะทำงานอยู่ 2 ขั้นตอนคือ กลไกการกวาดฟางและกลไกการอัดฟ่อน การทดสอบประเมินผลสมรรถนะการทำงาน พบว่า อัตราการทำงานสูงสุดที่รอบต้นกำลัง 1,400 รอบต่อนาที ได้อัตราการทำงาน 607.67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (151.91 กิโลกรัม-คนต่อชั่วโมง) ประสิทธิภาพเชิงวัสดุ 85.71 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่นของฟ่างอัดฟ่อน 87.92 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร เครื่องอัดฟ่อนชนิดดังกล่าวนี้มีแนวโน้มที่จะพัฒนาสมรรถนะการทำงานให้สูงขึ้นได้ และให้มีความเหมาะสมในการใช้งานกับเกษตรกรระดับครัวเรือนหรือฟาร์มปศุสัตว์ขนาดเล็ก

คำสำคัญ : เครื่องอัดฟ่อน สมรรถนะการทำงาน ความเร็วรอบเครื่องยนต์

Abstract

This research aims to study the performance of a semi-automatic baler machine, by studying baling by a semi-automatic baler machine, focusing on its mechanism, and performance evaluation. The study found that the semi-automatic baler commonly used by farmers is a horizontal type that feeds straw from the side. It is powered by a small diesel engine with 9-12 horsepower, typically hitched to a walking tractor. The operation involves 4-5 workers working in collaboration with the machine. The machine's mechanism operates in two stages: the straw sweeping mechanism and the baling mechanism. Performance testing revealed that at an engine speed of 1,400 rpm, the machine achieved a working rate of 607.67 kg per hour (151.91 kg per person per hour), with a material efficiency of 85.71% and a bale density of 87.92 kg/m³. The tested semi-automatic baler is likely to improve its performance and be suitable for use by household-level farmers or small livestock farms.

Keywords: baler, performance, engine speed

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งเสริมการเลี้ยงโคกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการเลี้ยงโคเนื้อเป็นอาชีพ จากสถิติจะพบว่าในปี พ.ศ.2566 ประเทศไทยมีโคเนื้อจำนวน 9.65 ล้านตัว (กรมปศุสัตว์, 2566) จากการที่เกษตรกรเลี้ยงโคปริมาณมากทำให้เกิดปัญหาทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ไม่เพียงพอเพราะเกษตรกรมีพื้นที่ในครอบครองจำนวนน้อย โดยเฉพาะเกษตรกรในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ในฤดูแล้งมักขาดแคลนน้ำจึงทำให้พืชอาหารสัตว์เหี่ยวเฉาตาย ดังนั้นเกษตรกรจึงได้นำฟางข้าวที่เป็นผลพลอยได้จากการเก็บเกี่ยวข้าวมาใช้แก้ปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ในช่วงหน้าแล้ง และช่วงฝนตกชุกที่ไม่สามารถปล่อยโคเลี้ยงตามทุ่งหญ้าได้ทำให้มีความจำเป็นต้องจัดหาฟางข้าวเพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งหากนำฟางข้าวเลี้ยงโครุ่นอายุ 1-2 ปี ที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 250 กิโลกรัม จะใช้ฟางข้าวในปริมาณ 25 กิโลกรัมต่อตัวต่อวันและจะใช้ปริมาณเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 2.6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 65 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน สำหรับโคที่โตเต็มที่โดยฟางข้าวน้ำหนัก 25 กิโลกรัม เมื่อเก็บแบบลอมฟางต้องใช้พื้นที่ในการเก็บ 1 ลูกบาศก์เมตร แต่ถ้าหากเก็บในรูปของฟางอัดฟ่อนจะสามารถเก็บฟางได้ถึง 100 กิโลกรัม หรือเพิ่มขึ้น 4 เท่า ดังนั้นในปัจจุบันเกษตรกรจึงนิยมเก็บฟางในรูปของฟางอัดฟ่อนมากขึ้น สำหรับประเทศไทยที่มีพื้นที่ปลูกข้าวถึง 62.83 ล้านไร่ มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 59.49 ล้านไร่ และมีปริมาณฟางซึ่งเป็นผลพลอยสูงถึง 27.7 ล้านตัน (สำนักสถิติการเกษตร, 2566) โดยในพื้นที่เก็บเกี่ยว 1 ไร่ จะได้ฟางข้าว 0.50 ตันต่อไร่ (เกียรติศักดิ์, 2566)

การเก็บสำรองพืชอาหารสัตว์ไว้ใช้ยามขาดแคลนเป็นสิ่งที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ โดยเฉพาะฟางข้าว ซึ่งนิยมเก็บในรูปของการอัดฟ่อนเพื่อลดปริมาตร (วัชรินทร์ และ เสรี, 2551) จากการศึกษาพบว่าเกษตรกรสำรองพืชอาหารสัตว์ไว้ใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นอาหารเสริมตลอดปี และเป็นอาหารสำรองในช่วงฤดูแล้งและช่วงที่ฝนตกชุก (วัชรินทร์ และ เสรี, 2549) จากความต้องการดังกล่าวข้างต้น ปัจจุบันเกษตรกรจึงนิยมอัดฟ่อนฟางเพื่อใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งการอัดฟ่อนฟางที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติมีอยู่ 2 ลักษณะคือ การอัดฟ่อนแบบดั้งเดิม โดยวิธีการง่ายๆ เช่น อัดใส่ลังไม้ หรือถังกลม และวิธีการอัดฟ่อนโดยใช้เครื่องอัดฟ่อน ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือเครื่องอัดฟ่อนชนิดอัตโนมัติและเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติ (วัชรินทร์ และเสรี, 2550) โดยเครื่องอัดฟ่อนชนิดอัตโนมัติจะนิยมใช้อัดฟ่อนในพื้นที่มีการเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าว ซึ่งฟางข้าวจะถูกกองไว้เป็นแถว ทำให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้เครื่องอัดฟ่อนชนิดดังกล่าวและปัจจุบันได้มีการนำมาใช้แพร่หลายมากขึ้น และได้มีการพัฒนากลไกการทำงานให้สามารถอัดวัสดุเกษตรที่มีความชื้นสูงได้โดยไม่ติดขัดในห้องอัด (Tuğba KARAKÖSE, 2024) รวมถึงการใช้เทคโนโลยีพัฒนาลักษณะภายนอกเช่น รูปร่าง สี และวัสดุที่ทำ ให้มีความทันสมัยมากขึ้น (Jing Liu, 2023) ซึ่งแบ่งแยกย่อยอยู่ 2 ชนิดคือ เครื่องฯแบบฟ่อนสี่เหลี่ยม (Rectangular baler) และเครื่องฯแบบฟ่อนกลม (Round baler) ซึ่งสามารถอัดฟางข้าวทั่วไป และฟางข้าวสาลีได้ 30-40 ฟ่อนต่อชั่วโมง (Sachin Kumar Mishra, 2023) ส่วนเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติจะเป็นเครื่องขนาดเล็กกว่า เหมาะสำหรับการทำงานในพื้นที่ที่มีฟางกองไว้แล้ว (วัชรินทร์ และ พิศมาส, 2552) ซึ่งเป็นสภาพโดยทั่วไปของพื้นที่ที่ยังนิยมการเกี่ยวข้าวด้วยแรงงานคน รวมกอง และนวดด้วยเครื่องนวดข้าว ทำให้ฟางข้าวภายหลังการนวดถูกกองไว้เป็นจุดจุดโดยเฉพาะพื้นที่นาในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และมีความเหมาะสมกับเกษตรกรครัวเรือนขนาดเล็ก

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่าเกษตรกรในหลายพื้นที่ในจังหวัดนครพนมยังนิยมอัดฟ่อนแบบดั้งเดิมโดยใช้วัสดุเหลือใช้ เช่น กล่องไม้ ถังกลม และวัสดุอื่นๆ ซึ่งจะอัดฟ่อนฟางโดยวิธีเหยียบด้วยแรงคนทั้งนี้เพราะมีข้อจำกัดในเรื่องค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อเครื่องอัดฟ่อนที่มีราคาแพง มีขนาดใหญ่ และเคลื่อนย้ายได้ลำบากและอีกทางเลือกหนึ่ง คือการเลือกใช้เครื่องชนิดกึ่งอัตโนมัติ แบบใช้เครื่องยนต์เล็กเป็นต้นกำลัง โดยสามารถเพิ่มอัตราการทำงานได้กว่าแบบดั้งเดิมได้หลายเท่า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติ โดยทำการศึกษาข้อมูลการอัดฟ่อนโดยใช้เครื่องอัดฟ่อน โดยสังเกตุการทำงานและสัมภาษณ์ ศึกษากลไกการทำงาน

และทดสอบประเมินผลสมรรถนะการทำงานเครื่องอัดฟ่อนตัวอย่างที่เกษตรกรนิยมใช้ในการอัดฟ่อน โดยทำการศึกษาวิจัยในเขตพื้นที่ อ.เมือง จ.นครพนม หลังฤดูเก็บเกี่ยวข้าว ทั้งนี้เพื่อจะได้แนวทางการพัฒนาเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติที่มีความเหมาะสมกับเกษตรกรครัวเรือนหรือฟาร์มปศุสัตว์ขนาดเล็กต่อไป

วิธีการดำเนินการ

1. การศึกษาข้อมูลการอัดฟ่อนโดยใช้เครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติ

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลทั่วไปของการใช้งานเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติในกลุ่มเกษตรกรที่เลี้ยงโค-กระบือ และเจ้าของเครื่องอัดฟ่อน จำนวน 30 ตัวอย่าง ด้วยวิธีการสัมภาษณ์ตรง โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ทำการศึกษาดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปลักษณะของเครื่องจักร
2) บันทึกข้อมูลสมรรถนะการทำงาน
3) บันทึกข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
4) บันทึกข้อมูลด้านจำนวนใช้แรงงาน
5) บันทึกข้อมูลจำนวนเครื่องฯ ที่นำมาใช้อัดฟ่อน

2. การศึกษาการทำงานของระบบต่างๆของเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติ

ศึกษาการกลไกทำงานของเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติในระบบต่างๆ รวมถึงส่วนประกอบหลัก เช่น ระบบต้นกำลัง ระบบส่งกำลัง ระบบการป้อนฟาง ระบบการอัดฟ่อน และการมัดฟ่อน รวมถึงหลักการทำงานโดยภาพรวมของเครื่องจักร

3. การทดสอบประเมินผลสมรรถนะการทำงาน

ทดสอบประเมินผลสมรรถนะการของเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติ โดยจะเลือกเครื่องอัดฟ่อนแบบป้อนฟางเข้าด้านข้างทำการทดสอบประเมินผลทั้งนี้เพราะเป็นชนิดที่เกษตรกรนิยมใช้ปฏิบัติ โดยทำการทดสอบด้านต่างๆ ได้แก่ อัตราการทำงาน ประสิทธิภาพการทำงาน ความหนาแน่นของฟางอัดฟ่อน และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง โดยทำการเตรียมวัสดุฟางข้าว เชือกมัดฟาง ปัจจัยที่ทดสอบ ได้แก่ ความเร็วรอบต้นกำลัง 5 ระดับที่เกษตรกรใช้ในการอัดฟ่อน คือ 1,200 1,300 1,400 1,500 รอบ/นาที และ 1,600 รอบต่อนาที ตามลำดับ จับเวลาการทำงานของแต่ละซ้ำ วัดขนาดชั่งน้ำหนักฟางอัดฟ่อน และทำการบันทึกผล ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นจะใช้วิธีการวัดตรงกล่าวคือตรวจวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปในแต่ละซ้ำด้วยการตวงวัด ปัจจัยควบคุม คือ ความชื้นฟางข้าวหลังฤดูเก็บเกี่ยวที่ 25 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) และประสบการณ์การทำงานของคนป้อนฟางเข้าเครื่องฯ 2 ปี (ฤดูกาล)

ค่าชี้ผลการศึกษา : อัตราการทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ประสิทธิภาพเชิงวัสดุ (เปอร์เซ็นต์) และ ความหนาแน่นฟางอัดฟ่อน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ชั่วโมง)

4. สมการการคำนวณ

$$Mp = (W/T)60 \quad \text{..... (1)}$$

เมื่อ *Mp* = *Machine productivity (Kg/hr)*

W = *Weight of material (Kg)*

T = *Time (min)*

$$Ef = (Ep/Tp)100 \quad \text{..... (2)}$$

เมื่อ *Ef = Material efficiency (%)*

Ep = Effective productivity (Kg/hr)

Tp = Theoretical productivity (Kg/hr)

$$P = m/v \quad \text{.....(3)}$$

เมื่อ *p = density of bale (kg/m^3)*

m = weight of bale (kg)

v = volume of bale (m^3)

$$Fr = Fu/h \quad \text{.....(4)}$$

เมื่อ *Fr = Fuel Consumption Rate (l/ hr)*

Fu = Fuel Used (l)

h = hours of work (hr)

Figure 1 Performance test of semi-auto Baler

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.ผลการศึกษาข้อมูลการอัดฟ่อนโดยใช้เครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติ

ผลการศึกษาข้อมูลการใช้เครื่องอัดฟ่อนกึ่งอัตโนมัติ โดยการสังเกตุการทำงานและสัมภาษณ์ พบว่าเกษตรกรนิยมใช้ปฏิบัติมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ เครื่องอัดฟ่อนกึ่งอัตโนมัติแบบป้อนฟางด้านข้าง และเครื่องอัดฟ่อนกึ่งอัตโนมัติแบบป้อนฟางจากด้านบน โดยเครื่องอัดฟ่อนทั้งสองชนิดดังกล่าวนี้ จะใช้ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์เล็กดีเซลขนาด 9-12 แรงม้า ต่อพ่วงเพื่อลากเข้ากับรถไถนาเดินตาม เคลื่อนย้ายไปตามภูมิประเทศที่เป็นกองฟางที่รวมไว้แล้วเป็นจุด อันเกิดจากการเก็บเกี่ยวด้วยแรงคนและนวดด้วยเครื่องนวดข้าว ผลการศึกษาข้อมูลการอัดฟ่อนโดยใช้เครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติทั้งสองชนิดด้านต่างๆ เช่น ข้อมูลทั่วไปลักษณะของเครื่องจักร สมรรถนะการทำงานโดยภาพรวม การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวนแรงงานร่วมกับเครื่องจักร และจำนวนเครื่องฯ ที่เกษตรกรใช้งานในพื้นที่ศึกษาข้อมูล (อ.เมือง จ.นครพนม) แสดงใน Table1 โดยแสดงให้เห็นว่าเครื่องแบบป้อนด้านข้างเกษตรกรนิยมใช้อัดฟ่อนมากกว่า ทั้งนี้เพราะป้อนฟางได้สะดวกกว่า ดังนั้นการทดสอบประเมินผลการทำงานจึงเลือกเครื่องฯแบบป้อนด้านข้างเป็นเครื่องฯตัวแทนที่ใช้ในการศึกษา

Table1 Baling for Sami-auto Baler

Data Operating of baler	Sami-auto horizontal Baler	
	Side feed type	Top feed type
Operating Procedure	Side feed, tie the rope and wire	Top feed, tie the rope and wire
Performance(bale/hr) *	15-20	13-16
fuel consumption rate (l/hr)	1-1.5	1.5-2
Quantity of workman	4-5	4-5
Quantity of Sami-auto Baler	4	1

* Weight of bale 18-25 kg, moisture content of rice straw 25 % (wb)

2. ผลการศึกษาการทำงานของระบบต่างๆของเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติ

เครื่องอัดฟ่อนกึ่งอัตโนมัติจะมีหลักการทำงานคือ ถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์ต้นกำลัง ส่งผ่านสายพานไปยังกลไกการกวาดฟางข้าวเครื่องโดยใช้คนป้อน ป้อนฟางให้กับกลไกนี้ ฟางจะถูกกวาดเข้าห้องอัดและถูกอัดฟ่อนโดยลูกกระทุ้งในกลไกการอัด โดยมีเชือกหรือลวด 2 เส้นเป็นตัวดึงรั้งและถูกบีบอัดในห้องอัดที่เป็นกล่องสี่เหลี่ยม จากนั้นฟางฟ่อนจะเคลื่อนตัวออกสู่ด้านท้ายเครื่องฯตามจังหวะการกระทุ้งอัด คนที่ทำหน้าที่มัดเชือกจะทำการสอดเชือกเข้าไปในฟ่อนโดยใช้เหล็กสอดแล้วดึงกลับให้เชือกทั้งสองเส้นติดมากับปลายเหล็ก ทำการมัดเชือกให้แน่นและตัด จากนั้นฟ่อนฟางจะถูกดันออกมากับรางหลังเครื่องอัดฟ่อน และนำออกจากเครื่องฯเพื่อลำเลียงต่อไป ดังนั้นกระบวนการทำงานทั้งหมดจะมีการทำงานร่วมกันระหว่างคนกับเครื่องฯ ตาม Flow chat ใน Figure 2

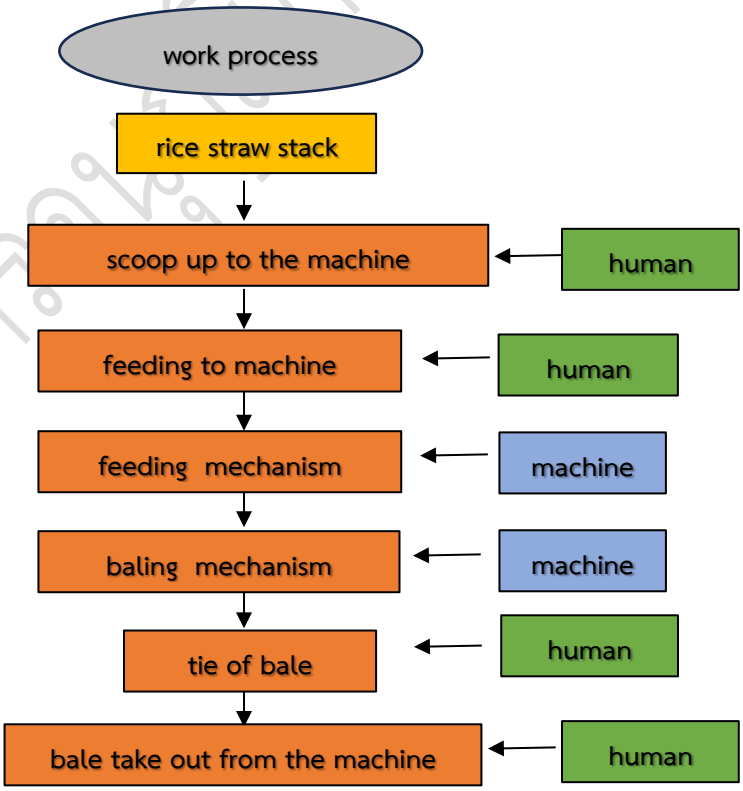

Figure 2 work process of Sami-auto horizontal Baler

3. ผลการทดสอบประเมินผลสมรรถนะการทำงาน

3.1 ด้านอัตราการทำงานพบว่า อัตราการทำงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเพิ่มความเร็วรอบต้นกำลัง จนถึงความเร็วรอบที่ระดับ 1,400 รอบต่อนาที จากนั้นมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากคนป้อนฟางเริ่มป้อนฟางได้ไม่ทันกับความเร็วในการทำงานของชุดกลไกกวาดฟาง

3.2 ด้านประสิทธิภาพเชิงวัสดุพบว่า ประสิทธิภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกันเมื่อเพิ่มความเร็วรอบต้นกำลัง จนถึงความเร็วรอบที่ระดับ 1,400 รอบต่อนาที จากนั้นมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผลเช่นเดียวกันกับอัตราการทำงาน คือ คนป้อนป้อนฟางได้ไม่ทันกับกลไกกวาดฟางเข้าห้องอัด

3.3 ด้านความหนาแน่นฟางอัดฟ่อนพบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วรอบต้นกำลังหนาแน่นของฟางอัดฟ่อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน จนถึงความเร็วรอบสูงสุดที่ระดับ 1,600 รอบต่อนาที ได้ความหนาแน่น 94.31 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานทั้งสามด้านแสดงใน Table 2

โดยผลการทดสอบประเมินผลสมรรถนะการทำงานทั้ง 3 ด้านมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ได้มีการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ (วัชรินทร์, 2550)

Table 2 performance test

engine speed (rpm)	capacity (kg/hr)	capacity (kg-human/hr)*	efficiency (%)	density (kg/m^3)
1,200	420.13	105.05	75.86	78.68
1,300	510.45	127.61	80.41	83.56
1,400	607.67	151.91	85.71	87.92
1,500	587.77	146.94	82.22	90.45
1,600	577.55	144.38	81.23	94.31

* working for 4 human

จากผลการทดสอบใน Table 2 พบว่าความเร็วรอบต้นกำลังมีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติ ทั้งด้านอัตราการทำงาน ประสิทธิภาพการทำงานเชิงวัสดุ และคุณภาพด้านความหนาแน่น จากการสังเกตการณ์ทำงาน พบว่าตัวแปรหนึ่งที่สำคัญ คือ การป้อนฟางเข้าเครื่องฯ คนป้อนฟางต้องมีทักษะและมีความชำนาญ กล่าวคือ ต้องป้อนฟางให้มีความสม่ำเสมอไม่เร่งรีบ และให้มีความสัมพันธ์กับการทำงานของกลไกการกวาดฟางเข้าห้องอัด เมื่อกลไกทำงานในรอบที่สูงขึ้น บางจังหวะคนป้อนอาจป้อนฟางได้ไม่ทัน อีกทั้งต้องระมัดระวังมือที่ป้อนฟางส่งให้กลไก ให้มีความปลอดภัยไม่ให้เกิดอุบัติเหตุ ดังนั้นจึงส่งผลให้อัตราการทำงาน และประสิทธิภาพการทำงานลดลงได้ ส่วนความหนาแน่นของฟางอัดฟ่อนจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วรอบต้นกำลัง ทั้งนี้เพราะความถี่ในการกระทุ้งอัดของลูกกระทุ้งในห้องอัดมีความถี่สูงขึ้นตามความเร็วรอบต้นกำลังนั่นเอง

3.4 ด้านอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงใน Table 3 จะคิดคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไปกับเวลาที่ใช้ในการทดสอบจริง ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบต้นกำลังจะมีอัตราการอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น จากผลการทดสอบนี้มีอัตราการสิ้นเปลืองสูงสุดที่รอบต้นกำลังที่ 1,600 รอบต่อนาที สิ้นเปลือง 1.73 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งได้ข้อมูลที่มีความใกล้เคียงกับการศึกษาข้อมูลโดยการสังเกตุการทำงานและสัมภาษณ์ใน Table 1

Table 3 fuel consumption

engine speed (rpm)	fuel consumption (l/hr)
1,200	0.95
1,300	1.18
1,400	1.36
1,500	1.54
1,600	1.73

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงกับความเร็วรอบต้นกำลังได้ดังแสดงใน Figure 3 และจากเส้นแนวโน้ม พบว่า อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นได้ต่อเนื่อง เมื่อเพิ่มความเร็วรอบต้นกำลังจาก 1,200 รอบต่อนาที ไปจนถึง 1,600 รอบต่อนาที โดยสามารถประมาณค่าความสัมพันธ์อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยสมการ $y = -6E\text{-}07x^2 + 0.0035x - 2.4446$ โดยมีค่า $R^2 = 0.999$

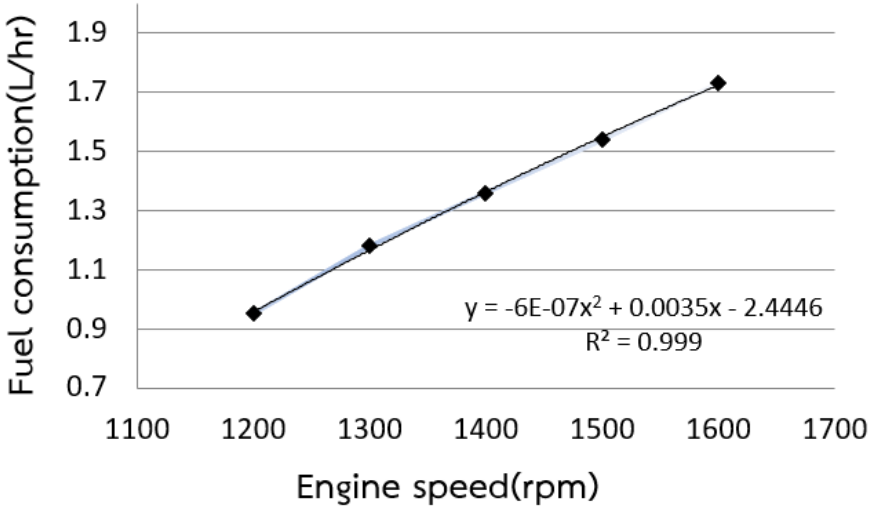

Figure 3 The relationship between fuel consumption rate and engine speed

จากผลการทดสอบประเมินผลสมรรถนะการทำงานแสดงให้เห็นว่า อัตราการทำงานสูงสุดที่รอบต้นกำลังปานกลาง คือ 1,400 รอบต่อนาที ได้อัตราการทำงาน 607.67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ได้ประสิทธิภาพเชิงวัสดุสูงสุดเช่นกันคือ 85.71 เปอร์เซ็นต์ และคุณภาพด้านความหนาแน่นของฟางอัดฟ่อน 87.92 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.36 ลิตรต่อชั่วโมง แต่ถ้าต้องการให้ความหนาแน่นของฟางอัดฟ่อนมีค่าสูงขึ้นกว่านี้จะต้องเพิ่มความเร็วรอบต้นกำลัง ซึ่งจะส่งผลโดยตรงกับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง โดยที่ความเร็วรอบ 1,600 รอบต่อนาทีจะมีความหนาแน่นสูงสุด แต่สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ 1.73 ลิตรต่อชั่วโมง ส่วนอัตราการทำงาน และประสิทธิภาพเชิงวัสดุจะลดต่ำลง ทั้งนี้เพราะมีข้อจำกัดของการป้อนฟางป้อนได้ไม่ทันดังที่กล่าวมา การทำงานของแรงงานคนร่วมกับเครื่องจักรนี้ใช้คนทำงานจำนวน 4 คน ดังนั้นเมื่อคิดค่าเฉลี่ยอัตราการทำงานต่อคนนั้น จะได้อัตราการทำงานเพียง 151.91 กิโลกรัม-คนต่อชั่วโมง ซึ่งค่อนข้างต่ำ และจากผลการศึกษานี้มีแนวโน้ม และแนวทางที่จะสามารถพัฒนาสมรรถนะการทำงาน

และความเหมาะสมในการใช้งานกับเกษตรกรระดับครัวเรือนได้อีก โดยการศึกษาวิเคราะห์เพิ่มเติม เพื่อนำไปสู่การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติ ในระบบการการทำงานและกลไกต่างๆ ให้สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์และเหมาะสมมากยิ่งขึ้นได้ โดยมีแนวทางการพัฒนาที่จะกล่าวไว้ในข้อเสนอแนะการวิจัย

สรุปผลการศึกษา

เครื่องอัดฟ่อนกึ่งอัตโนมัติที่เกษตรกรนิยมใช้ เป็นแบบอัดฟ่อนแนวนอนป้อนฟางเข้าด้านข้าง ใช้ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์เล็กดีเซลขนาด 9-12 แรงม้า ต่อพ่วงเพื่อลากเข้ากับรถไถนาเดินตาม กระบวนการทำงานใช้คนทำงานร่วมกับเครื่องฯจำนวน 4-5 คน เครื่องฯจะทำงานอยู่ 2 ขั้นตอน คือ กลไกการกวาดฟาง และกลไกการอัดฟ่อน การทดสอบสมรรถนะการทำงาน อัตราการทำงานสูงสุดที่รอบต้นกำลัง 1,400 รอบต่อนาที คือ ได้อัตราการทำงาน 607.67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (151.91 กิโลกรัม-คนต่อชั่วโมง) ประสิทธิภาพเชิงวัสดุสูงสุดเช่นกัน คือ 85.71 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพด้านความหนาแน่นของฟางอัดฟ่อน 87.92 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ 1.36 ลิตรต่อชั่วโมง

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัตินี้ มีแนวโน้มที่จะพัฒนาสมรรถนะการทำงานให้สูงขึ้น และให้มีความเหมาะสมในการใช้งานกับเกษตรกรระดับครัวเรือนได้ โดยมีแนวทางการพัฒนาดังนี้

1.พัฒนาระบบการต่อพ่วงให้มีความคล่องตัวในการเคลื่อนย้ายขณะทำงาน

2.ออกแบบระบบการป้อนฟางใหม่ ซึ่งเป็นคอขวดของระบบการทำงาน คนป้อนฟางเข้าเครื่องฯต้องทำงานได้อย่างเป็นอิสระ ไม่ต้องรอจังหวะการทำงานของกลไกการกวาดฟางของเครื่องฯ

3.ออกแบบและพัฒนาระบบการอัดฟ่อนโดยประยุกต์ใช้ระบบไฮดรอลิกแทนกลไกการอัดฟ่อนเดิมที่เป็นแบบกลไกแมคคานิค โดยมีแนวทางการออกแบบดัง Figure 4

4.ออกแบบและพัฒนาเครื่องฯให้สามารถลดจำนวนแรงงานที่ทำงานร่วมกับเครื่องจักรลง ซึ่งอาจส่งผลให้อัตราการทำงานเพิ่มสูงขึ้นได้

5.เปลี่ยนแนวการอัดฟ่อนจากเครื่องฯดั้งเดิมอัดในแนวนอน (horizontal Baler) ให้เป็นแนวตั้ง (vertical Baler) เพื่อเพิ่มแรงการอัดฟ่อน

ทั้งนี้คณะผู้วิจัยจะได้ทำการศึกษา และวิเคราะห์เพิ่มเติม เพื่อนำไปสู่การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดฟ่อนชนิดกึ่งอัตโนมัติ ตามแนวทางและผลการศึกษาดังกล่าวนี้ และจะนำเสนอข้อมูลภายหลังการศึกษาพัฒนาในโอกาสต่อไป

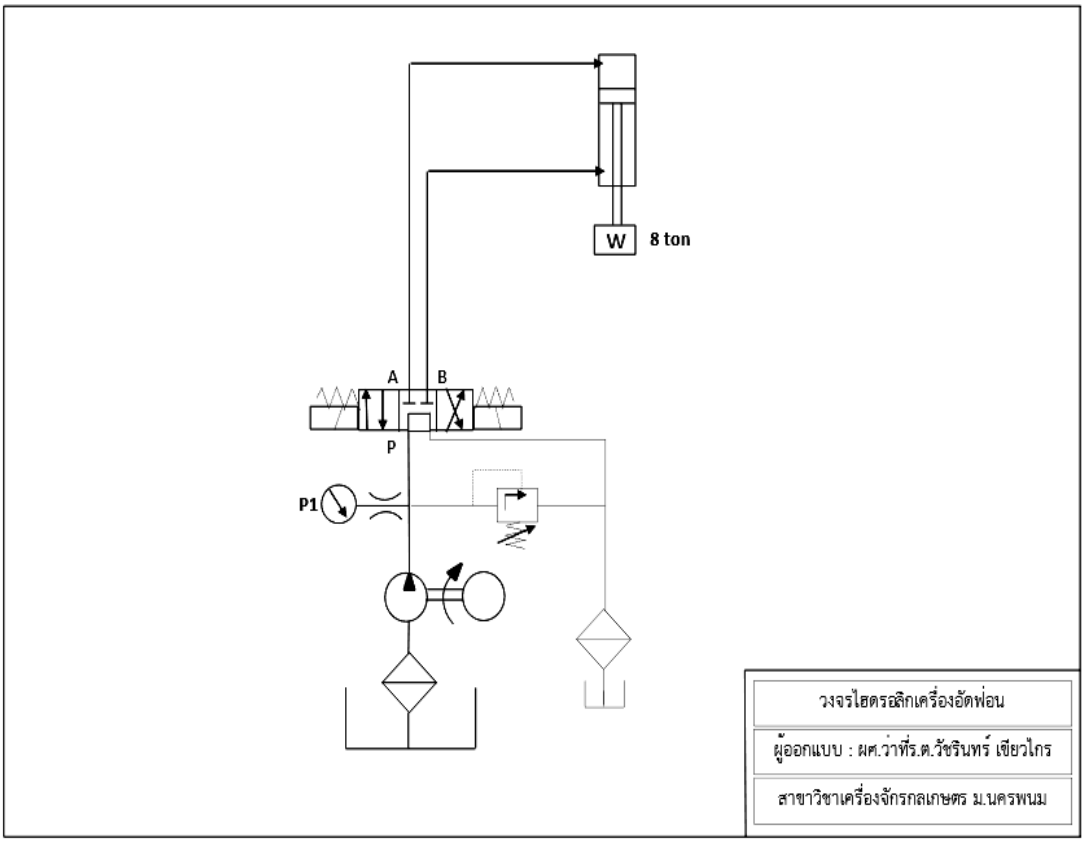

Figure 4 แนวทางการออกแบบระบบการอัดฟ่อนด้วยระบบไฮดรอลิก

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยนครพนม ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ขอขอบคุณ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม ที่เป็นสถานที่ดำเนินการวิจัย และกลุ่มเกษตรกรเลี้ยงโคในเขต อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูล และสถานที่ทำการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. (2566). ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย 2566. กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ. ศูนย์สารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. ค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2566, จากhttps://drive.google.com/file/d/13rIlIA5J1IJ_HcNPoGv3fxaXLeaBZ-kS/view

เกียรติศักดิ์ กล่ำเอม.(2566) การใช้ประโยชน์ฟางข้าวสำหรับเลี้ยงสัตว์. ค้นเมื่อ 7 เมษายน 2566, จาก https://nutrition.dld.go.th/nutrition/images/pdf/A3.pdf.

วัชรินทร์ เขียวไกร และเสรี วงส์พิเชษฐ. (2549). การสำรวจ ทดสอบ และประเมินผลสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดฟาง. ขอนแก่น: ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วัชรินทร์ เขียวไกร และเสรี วงส์พิเชษฐ. (2550). การศึกษาแนวทางการเพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดฟางชนิดกึ่งอัตโนมัติ. ขอนแก่น: ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วัชรินทร์ เขียวไกร และเสรี วงส์พิเชษฐ. (2551). การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยป้อนฟางในเครื่องอัดฟางชนิดกึ่งอัตโนมัติ. ขอนแก่น: ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วัชรินทร์ เขียวไกร และ พิศมาส หวังดี. (2552). การศึกษาและทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดฟ่อน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 10 ประจำปี 2552 (นวัตกรรมการผลิตทางการเกษตร อาหาร และพลังงานทดแทน เพื่อ มนุษยชาติ).

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). พื้นที่เพาะปลูกข้าว. ค้นเมื่อ 12 มิถุนายน 2566, จาก https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/major%20rice%2065(1).pdf

Brian Bell. (1989). Fram machinery. 3rded. [n.p].

Cuppin, claude. (1982). Farm Machinery. 10thed. New York: Granada.

Donnell Hunt. (1995). Farm Power and Machinery Management. Iowa: Agricultural Engineering at Iowa State University.

Jing Liu, Fucheng Wan, Jinzhi Zou, Lixin Wang. (2023). Developing an ANP-QFD Approach for Balers' Appearance Design: A Case Study. International Journal of New Developments in Engineering and Society. ISSN 2522-3488 Vol. 6, Issue 4: 16-23, DOI: 10.25236/IJNDES.2022.060403.

Sachin Kumar Mishra, Shreemat Shrestha, Anjay Kumar Mishra, Mukti Nath Jha4, Manoj Joshi5, Bikash K.C. 6, Dwarika Chaudhary7, Sunil Sahani. (2023). Performance Evaluation of Tractor driven Round Baler in Residue Management. JOURNAL OF BUSINESS MANAGEMENT AND INFORMATION SYSTEMS Volume-10 Issue-2 Jul-Dec-2023. E-ISSN: 2394-3130

Tuğba KARAKÖSE1, Kemal Çağatay SELVİ. (2024) DEVELOPMENT OF BALER MACHINE FOR HUMID AREAS. Black Sea Journal of Agriculture. Open Access Journal e-ISSN: 2618 – 6578. doi: 10.47115/bsagriculture.1401132

RNAM. (1995). Test Codes and Procedures for Farm Machinery. Economic and Social Commission for Asia and The Pacific. Technical series No. 12.

เกษตรอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง