



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

การออกแบบและพัฒนาเครื่องมืออัดก้อนปลูกสำเร็จรูป
Design and Development of Growing Media Block Machines

มานิต สิงห์โคตร (Manit Singkot)¹ ปริชาติ ดิษฐกิจ (Parichat Dittakit)² บุณพริกา นันทา (Buntarika Nuntha)³

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูป เพื่อทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูป ในการออกแบบการสร้างและการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องมืออัดก้อนปลูกสำเร็จรูป มุ่งเน้นถึงการพัฒนาเครื่องมืออัดโดยใช้ระบบกลไก ระบบไฟฟ้า ระบบลม นิวเมติก เข้ามาปรับปรุงการทำงานของเครื่องมือแทนระบบแรงงานคนโยกอัด จากการศึกษาทดลองพบว่าการใช้แรงงานคนกดอัดได้ปริมาณการผลิตต่อก้อนปลูกสำเร็จรูปใช้เวลานาน และขนาดก้อนวัสดุปลูกไม่ได้มาตรฐานเท่าเทียมกัน ซึ่งการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือชนิดกึ่งอัตโนมัติโดยอาศัยแหล่งพลังงานมาจากปั๊มลม อัดลมผ่านกระบอกนิวเมติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ที่ความดันลม 100 psi อัดแม่พิมพ์ตัวบนและตัวล่างประกบกัน มีระบบไฟฟ้า heater plate แผ่ความร้อนไปหาแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิที่ 130 องศาเซลเซียส อัดขึ้นรูปเป็นก้อนปลูกสำเร็จรูป ผลการทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูป โดยใช้วัสดุดินผสมขุยมะพร้าว และปุ๋ยคอก ทั้งหมด 28 ก้อน อัดขึ้นรูปเป็นก้อนปลูกสำเร็จรูป 10x10x10 cm. สามารถอัดก้อนปลูกสำเร็จรูปได้เฉลี่ย 2 นาทีต่อ 1 ก้อน ซึ่งมีอัตราการผลิต 240 ก้อนต่อ 8 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่นเฉลี่ย 0.80 g/cm³ ซึ่งค่ามาตรฐานอยู่ที่ 0.15-1.3 g/cm³

คำสำคัญ นิวเมติก แม่พิมพ์ ก้อนปลูก

¹ นักศึกษาหลักสูตรเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช Jin1330@gmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจำสาขาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช puy_1980@hotmail.com

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจำสาขาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช bnuntha@hotmail.com



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11

The 11th STOU National Research Conference

Abstract

This research to design and develop a ready-made planting briquette machine to test the performance and efficiency of the finished planting briquette machine in the design, fabricate and development of prefabricated planting briquette tools improved efficiency. Focus on the operation of the press tool by using mechanical systems, electrical systems, air systems, pneumatic systems to improve the work of tools instead of the labor system, From the study, was found the manual labor used a lot of time to take production volume and the size of the planting material is not standard of the design, new development of semi-automatic planting bale compacting equipment based on the power source from the air pump. Air is compressed through a 6" diameter pneumatic cylinder at 100 psi air pressure, pressing the upper and lower molds together. which has a heater plate electrical system that radiates heat to the mold at a temperature of 130 degrees Celsius, extruding it into finished planting cubes from testing the performance and efficiency of the finished planting briquette machine with soil material mixed with coconut coir and manure, a total of 28 lumps were extruded into 10x10x10 cm ready-made planting lumps, capable of compressing an average of 2 minutes per 1 bale, which has a production rate. 240 cubes per 8 hours at an average density of 0.80 g/cm³, which is 0.15-1.3 g/cm³ standard.

Keywords: Pneumatic, Mold, Planting cubes



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11

The 11th STOU National Research Conference

บทนำ

ในปัจจุบันการเพาะกล้าในกระถางปลูกต้นไม้มีหลายประเภทที่นิยมนำมาใช้กัน เช่น กระถางปลูกที่ทำมาจากพลาสติก ตะกร้าสานจากไม้ ถูพลาสติก ซึ่งทั้งหมดนี้ยังคงมีการใช้งานอย่างมากมายในการเพาะปลูกหรือการปลูกพืชผักต่างๆ การเพาะปลูกจากวัสดุเหล่านี้มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยตรงและทางอ้อม เช่น ควันพิษจากการเผา ภาวะโลกร้อน การย่อยสลายช้า หรือแม้กระทั่งสัตว์ที่กินเศษพลาสติกเข้าไประบบการย่อยสลายทำให้สัตว์ตายจำนวนมาก แต่การใช้พลาสติกยังคงมีความต้องการใช้เนื่องจากผู้บริโภคยังหาสิ่งอื่นมาทดแทนไม่ได้ สาเหตุหนึ่งมาจากการผลิตกระถางเพาะปลูกหรือผลิตภัณฑ์อื่นๆที่ทำมาจากส่วนผสมของสินค้าที่เหลือจากการเกษตร เช่น ขุยมะพร้าว ใบไม้ ปุ๋ยคอก และผลผลิตเหลือของเกษตร ไม่เพียงพอต่อความต้องการ หรือราคาสูงเกินไป ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการผลิตกระถางหรือก้อนปลูกสำเร็จรูปนั้น ใช้เครื่องมือกดอัดแบบไฮดรอลิกมือกดอัดในการผลิตสินค้า 1 ก้อนปลูก หรือ 1 กระถาง จะใช้เวลาผลิต 6-8 นาที สาเหตุมาจากการอาศัยแรงงานคนเป็นผู้ผลิตหรือบางแห่งใช้เครื่องมือชนิดก้านโยกอัดแต่ความเร็วในการผลิตนั้นยังไม่มีปริมาณเพียงพอ ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงการพัฒนาการและปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องกดอัด การทำงานของเครื่องกดอัดนั้นควรจะมีการผลิตที่เร็วและได้มาตรฐาน ดังนั้นจึงมีความคิดที่จะหาเครื่องมืออัตโนมัติมาแทนการใช้แรงงานคนกดอัด จึงได้ทำการคิดค้นการออกแบบและสร้างเครื่องมืออัด เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตในระยะเวลาเท่าเทียมกับการใช้แรงงานคน ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอัดชนิดกึ่งอัตโนมัติ นิวเมติก หลักการทำงานโดยใช้ลมผ่านกระบอกสูบ ก้านอัดจะดันแม่พิมพ์อัดวัสดุ ขุยมะพร้าว ปุ๋ยคอก และสารอาหารเสริมต่างๆ เป็นก้อนเดียวกันอัดแน่น เรียกว่า ก้อนปลูกสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์ที่เป็นก้อนมาตรฐานออกมา ตามที่ออกแบบไว้คือขนาด 10x10x10 cm. การวางแผนออกแบบเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูป เพื่อให้มีประสิทธิภาพและมาตรฐาน ในปริมาณมากพอที่จะสามารถทำเป็นธุรกิจชุมชน อาจจะขยายวงกว้างไปถึงธุรกิจ OTOP ในการผลิตก้อนปลูกสำเร็จรูปจำหน่ายให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งเมื่อเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูปสามารถผลิตได้จำนวนมากและคุณภาพที่มาตรฐาน ก้อนปลูกสำเร็จรูปสามารถนำมาทดแทนผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจาก โพลีเมอร์ หรือ พลาสติก ซึ่งปัจจุบันนี้สร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อม นริศ ชุตสว่าง จิรวัดน์ ณพัฑล, (2558). การสร้างเครื่องผลิตกระถางต้นไม้จากเปลือกมังคุด ทำกาทดลองเครื่องผลิต “การผลิตกระถางจากเปลือกมังคุดจะมีส่วนผสมตามอัตราส่วนนี้ เปลือกมังคุดป่น 500 กรัม แป้งมัน 100 กรัม และ น้ำเปล่า 300 มิลลิลิตร ทำการคลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วจึงนำไปใส่ในแม่พิมพ์ของเครื่องผลิตกระถาง ผลการหาค่าลังการผลิตของเครื่องผลิตกระถางต้นไม้จากเปลือกมังคุด พบว่าเวลาเฉลี่ยของกระถางจะอยู่ที่ 7.29 นาที ได้ทำการผลิตจนครบ 1 ชั่วโมง ได้กระถางต้นไม้ จำนวน 8 ใบ ถ้าผลิต 8 ชั่วโมง จะได้กระถางต้นไม้ ประมาณ 64 ใบ”

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูป
2. เพื่อทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูป

วิธีการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องกดอัดก้อนปลูกสำเร็จรูป เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นมาโดยผู้วิจัยทำการออกแบบและสร้างเครื่องทดลองนี้ขึ้นมาเองเป็นเครื่องต้นแบบในการพัฒนาในขั้นตอนต่อไป การออกแบบและสร้างเครื่องมือ



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11

The 11th STOU National Research Conference

อัดระบบกึ่งอัตโนมัติ นิวเมติก ซึ่งใช้แรงลมอัด หลักการที่เลือกคือ ความปลอดภัย สะอาด ใช้งานง่าย รวดเร็ว และอุปกรณ์ส่วนประกอบต่างๆมีขายตามทั่วไป การทดสอบสมรรถภาพและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดระบบกึ่งอัตโนมัติ นิวเมติก ทดสอบระบบต่างๆโดยมีเงื่อนไขคือวัสดุที่จะนำมาอัดจะต้องมาจากผลผลิตทางการเกษตร เช่น ขุยมะพร้าว ปุ๋ยคอก และส่วนผสมอื่นๆ แหล่งที่มาของพลังงานมาจากเครื่องปั๊มลม ใช้แรงลมอัดที่ความดันลม 100 psi. และไฟฟ้าสำหรับใช้งานกับ heater และอุปกรณ์ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ความร้อนที่ใช้ในการทดลองคือตั้งค่าไว้ที่ 130 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการทำงานของเครื่องอัด 8 ชั่วโมงต่อวัน วัสดุที่ใช้ในการทดลองควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณ และอัตราส่วนผสมดิน ขุยมะพร้าว และปุ๋ยคอก 1:2:1 การทดลองใช้ทั้งหมด 28 ก้อน แบ่งออกเป็น 4 ชุด อัดขึ้นรูปเป็นก้อนปลุกสำเร็จรูป 10x10x10 cm.

1. การออกแบบและสร้างเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูป

1. อุปกรณ์ส่วนประกอบของเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูป

- 1.1.1 อุปกรณ์โครงสร้าง สร้างจากเหล็กมาตรฐาน SS-400 ซึ่งเป็นเหล็กมีความยืดหยุ่นสูง ความแข็งแรง
- 1.1.2 แม่พิมพ์ใช้อลูมิเนียม ทำจากอลูมิเนียมหล่อ ซึ่งสามารถกระจายความร้อนได้ดี
- 1.1.3 Heater แผ่นทำความร้อน ใช้ 2 ชนิด คือ แบบแท่ง กับ แบบแผ่น
- 1.1.4 Temp controller ระบบควบคุมใช้แบบ PID ควบคุม
- 1.1.5 Emergency switch มีสวิตช์ตัดระบบเพื่อความปลอดภัย
- 1.1.6 Manual switch ระบบไฟฟ้าใช้แบบ ควบคุมโดยคนงาน
- 1.1.7 Air cylinder Diameter 6 inch. กระบอกลม ใช้ขนาด 6 นิ้ว
- 1.1.8 System control ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งประกอบไปด้วย Solenoid 5/2 port control.
- 1.1.9 Air compressor pump เครื่องปั๊มลมใช้ขนาด 50 ลิตร
- 1.1.10 Wiring system ใช้ขนาดสายไฟฟ้ามาตรฐาน 1 mm. ทองแดง
- 1.1.11 ฐาน ใช้เหล็กขนาด กว้าง 30 cm. ยาว 30 cm. หนา 10 มม.

ในการออกแบบเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูปให้ได้ขนาดตามต้องการ 10x10x10 cm. ชิ้นส่วนสำคัญที่สุดคือ แม่พิมพ์ ซึ่งจะต้องออกแบบการทำงานให้เหมาะสมกับขนาดของก้อนปลุกสำเร็จรูป โดยจะต้องมีความกว้าง สูง และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสวมเข้ากันพอดีกับแม่พิมพ์ตัวล่าง ชุดควบคุมแรงดันลม ซึ่งเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนก้านอัด แรงดันลมจะต้องสามารถปรับแรงดันให้ได้คงที่ 100 psi. ชุดความร้อน การตั้งระบบความร้อนในการละลายผิวภายนอกของก้อนปลุกสำเร็จรูปยึดติดกันจะต้องให้ความร้อนสม่ำเสมอ โดยการตั้งค่าความร้อนไว้ที่ 130 องศาเซลเซียส ซึ่งระบบความร้อนจะตัดไฟฟ้าอัตโนมัติเพื่อรักษาอุณหภูมิตามที่กำหนด ระบบควบคุมเวลาในการอัด ระบบการป้อนวัสดุดิบ ระบบไฟฟ้าควบคุมโดยผ่านฟิวส์สวิตช์ ระบบควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งเป็นจุดสำคัญที่สุดของเครื่องอัดวัสดุก้อนปลุก ระบบจะตัดแหล่งจ่ายพลังงานทั้งหมดจาก เช่น กระแสไฟฟ้า แรงลมอัด ทั้งหมดจะหยุดการทำงานเพื่อความปลอดภัยของคนทำงาน

การวางโครงสร้างเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูป ซึ่งรูปร่างจากที่ผู้วิจัยคิดค้นออกมาจะเป็นแบบสี่เหลี่ยม ขนาด กว้าง 30 cm. ยาว 55 cm. สูง 60 cm. ลักษณะการสร้างเป็นรูปตัว C ซึ่งประกอบด้วยเหล็กฉากโครงสร้างขนาด 1.5 นิ้ว SS-400 ความแข็งแรงยืดหยุ่นตามมาตรฐานโครงสร้าง กระบอกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว (รูปที่8) ซึ่งมีแรงกดสูงสุดถึง 1509

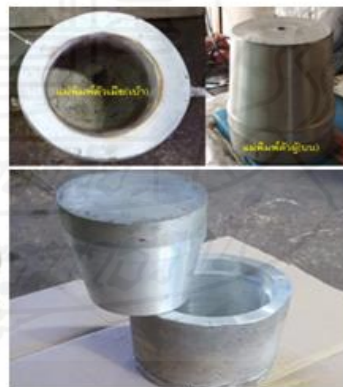


การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

kgf โดยมีถังลมขนาด 50 ลิตรเป็นแหล่งจ่ายพลังงานลมมาให้กระบอกลมผ่าน solenoid main valve 5/2 ควบคุมระบบนิวเมติกซึ่งจะอยู่ส่วนหน้าของเครื่อง เพื่อที่จะสะดวกในการ กดปุ่มทำงาน รวมทั้งระบบ การควบคุมฉุกเฉิน (รูปที่ 7) ติดตั้งอยู่หน้าเครื่องเมื่อเกิดเหตุสามารถควบคุมตัดระบบได้เพื่อความปลอดภัยของการทำงาน แกนกระบอกลมขนาด 6 นิ้ว ติดตั้งไว้ส่วนบนของตัวเครื่อง แนวกอดัดจะเป็นแนวตั้ง เพื่อบังคับให้แกนกอดัดลงมาได้ตรงกับแม่พิมพ์ตัวล่าง ส่วนสำคัญของเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูปอีกอย่างคือ แม่พิมพ์ ซึ่งจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ แม่พิมพ์ตัวบนกับตัวล่าง ทั้ง 2 ตัวนี้จะประกอบไปด้วย heater มีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป แม่พิมพ์ตัวบนจะใช้ heater rod ส่วนแม่พิมพ์ตัวล่างจะใช้ heater plate ซึ่งทั้ง 2 แบบ (รูปที่ 1) มีหลักการใช้งานเหมือนกันคือสร้างความร้อนแล้วแผ่กระจายไปหาแม่พิมพ์ แม่พิมพ์ตัวบนจะถูกจับยึดแน่นกับแกนกอดัดกระบอกลม เคลื่อนที่ขึ้นลงกอดัดโดยอาศัยกระบอกลมเป็นตัวนำส่งมาที่แกนกระบอกลม แม่พิมพ์ตัวล่าง(เบ้า) (รูปที่ 7) จะถูกยึดติดกับฐานโครงสร้างของเครื่องเพื่อรองรับรับการกอดัดจากแม่พิมพ์ตัวบน ฐานล่างจะต้องแน่นหนามาก วงจรควบคุมบังคับการทำงานของลูกสูบหรือกระบอกลมนิวเมติก double acting cylinder สามารถเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ขึ้นและลงได้โดยอาศัยการเปลี่ยนทิศทางการไหลของ solenoid main valve 5/2 ระบบฉุกเฉินเป็นวาล์วควบคุมแบบ 3/2 normally open valve (รูปที่ 6) เมื่อควาล์วปิดลมทั้งหมดจะถูกกั้นไว้ไม่ให้เข้ามาในระบบเครื่องอัด ส่วนลมที่อยู่ในเครื่องอัดจะถูกปลดปล่อยออกจากระบบทั้งหมด เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน ส่วนระบบไฟฟ้าทั้งหมดจะติดตั้งอยู่ในตัวเครื่องอัด โดยระบบไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมจะใช้แรงดัน 220 โวลต์หรือไฟฟ้าตามบ้านเรือนทั่วไปจ่ายกระแสไฟฟ้าไปหา heater โดยมีระบบควบคุมอัตโนมัติที่สามารถตั้งค่าได้ เช่น heater control, Temp control, Timer และ main breaker ทั้งหมดจะต่อเป็นวงจรควบคุมระบบ (รูปที่ 5)



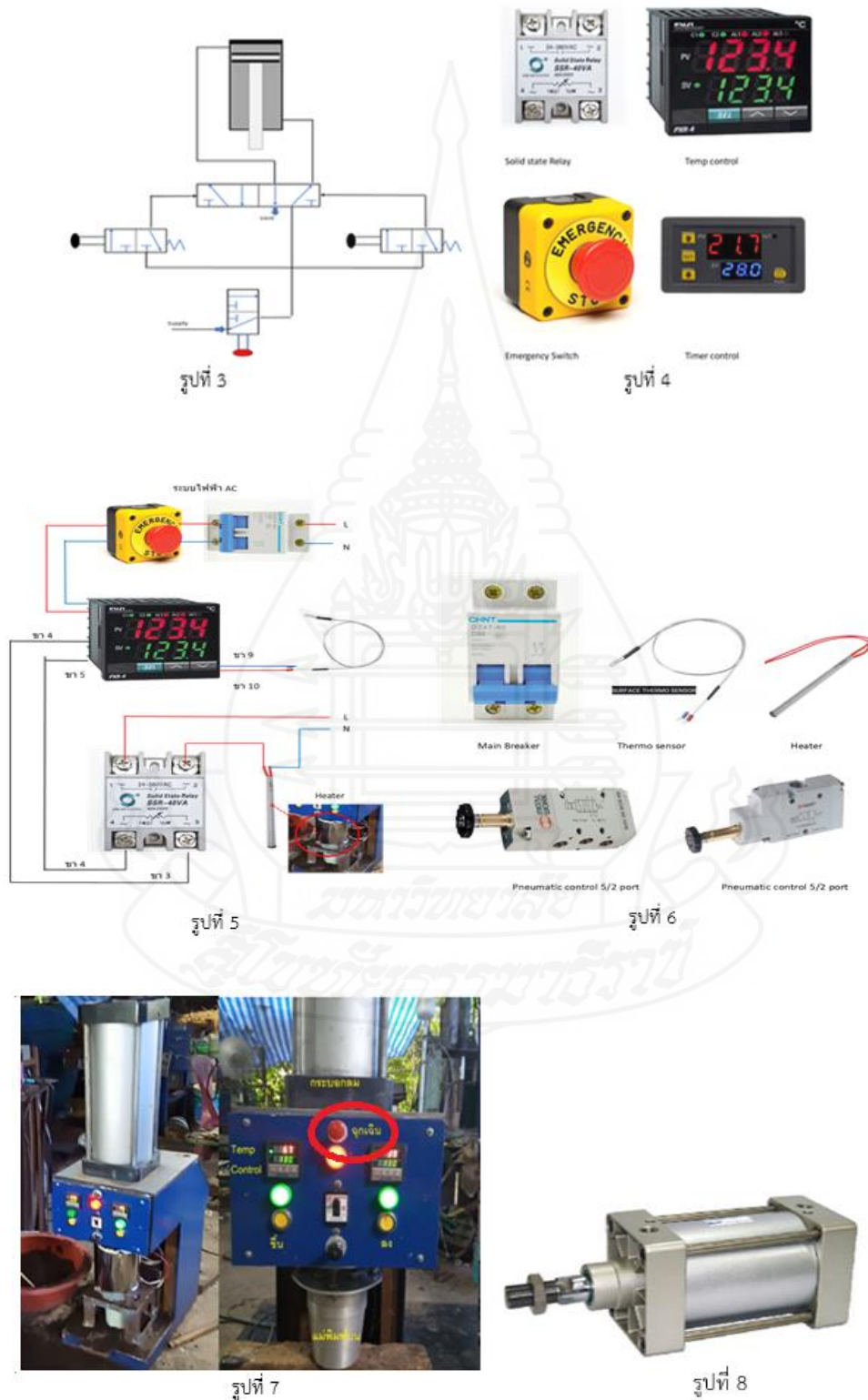
รูปที่ 1



รูปที่ 2



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference





การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11

The 11th STOU National Research Conference

2. การทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูป

2.1 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูป การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูปจากการสร้างเครื่องอัดในการเลือกอุปกรณ์มาประกอบขึ้นส่วนทั้งหมดได้ถูกคัดเลือกมาจากมาตรฐานการ อุตสาหกรรมการผลิต อุปกรณ์ทุกชิ้นส่วนได้รับประกันจากบริษัทที่ผลิต แต่มีอุปกรณ์บางส่วนที่ต้องดูแลเป็นพิเศษในการใช้งาน ดังนั้นการเลือกจุดที่จะทดสอบสมรรถนะเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูป ควรเลือกทดสอบกับอุปกรณ์ชิ้นเป็นสำคัญอันดับแรกคือ ซิล (Sael) ซิลเป็นอุปกรณ์ที่ทนความร้อนได้ในขีดจำกัด ประกอบติดอยู่ส่วนปลายของก้านและกระบอกสูบ ก้านอัดจะได้รับความร้อนจากการแผ่ความร้อนของแม่พิมพ์ซึ่งแม่พิมพ์มีความร้อนสูงถึง 130 องศาเซลเซียส ผู้วิจัยเลือกใช้กระบอกกลมนิวมติก กระบอกสูบลูกมาตรฐาน รุ่น SGC-160 คุณสมบัติของซิลสามารถทนความร้อนได้ถึง 150 องศาเซลเซียส ขั้นตอนการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูป โดยมุ่งเน้นที่การทนความร้อนของซิลซึ่งสำคัญที่สุดในระบบนิวมติก จากการที่ทดลองอัดก้อนปลุกสำเร็จรูปที่ อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส และความดันลมคงที่ 100 psi อยู่ในสเปคของกระบอกและแกนอัด ซิลของก้านอัดสามารถทนความร้อนได้ที่ 130 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการที่ทดลองอัดก้อนปลุกสำเร็จรูปจำนวน 28 ก้อน ซิลยังคงรักษาสภาพการทำงานได้เหมือนเดิม แสดงว่ามาตรฐานอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูปอยู่เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด บ่งบอกถึงสมรรถนะเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูปโดยทั่วไปอยู่ในเกณฑ์กำหนด

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูป ขั้นตอนการการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูป ระบบกึ่งอัตโนมัตินิวมติก นำดินที่ผสมเสร็จแล้วทั้งหมดมาแบ่งออกแล้วชั่งตวงให้ได้ 1.4 กิโลกรัมต่อกอง ทั้งหมด 28 กอง จัดวางเรียงแถวพร้อมที่จะนำเข้าเครื่องอัด ซึ่งเครื่องอัดที่ตั้งค่าไว้แล้วโดยข้อกำหนดที่สำคัญคือ การตั้งค่าความดันลมอัดที่ 100 psi และใช้อุณหภูมิความร้อนที่ 130 องศาเซลเซียส นำดินที่ผสมแล้ว 1 กอง หรือ จำนวน 1.4 Kg เข้าเข้าแม่พิมพ์ตัวล่าง กดอัดแม่พิมพ์ตัวบนลงมาดันดินผสมเข้าเข้าตัวล่าง จากนั้นแช่ไว้ 2 นาที ซึ่งมีระบบไฟฟ้า heater plate แผ่ความร้อนไปหาแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส อัดขึ้นรูปเป็นก้อนปลุกสำเร็จรูป เพื่อให้ความร้อนรอบนอกหลอมละลายเส้นใยของวัสดุเข้าเชื่อมจับกันจนสามารถขึ้นรูปแบบที่ต้องการ ส่วนด้านในของวันสตุ๊กก้อนปลุกจะยังคงสภาพเดิม หลังจากนั้นทำการเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระบอกสูบโดยการกดปุ่มเพื่อให้แกนอัดดันขึ้น แกนกดจะดันกลับคืนสภาพเดิมคือหดกลับมาอยู่ตำแหน่งเดิม ก้อนปลุกสำเร็จรูปจะได้ทรงกระบอกที่มีปริมาตร 10x10x10 cm. นำก้อนปลุกสำเร็จรูปไปอบแห้งหรือตากแดดจนกว่าก้อนปลุกสำเร็จรูปจะแห้งสนิท จากนั้นนำก้อนปลุกสำเร็จรูปทั้งหมด 28 ก้อนไปทดสอบหาความหนาแน่นของแต่ละก้อน

ผลการวิจัย

การออกแบบและการสร้างเครื่องมืออัดก้อนวัสดุ ซึ่งทางผู้วิจัยได้ใช้อุปกรณ์มาตรฐานที่มีการรับรองจากทางโรงงานผู้ผลิต นำมาประกอบรวมกัน โดยมีโครงสร้างสี่เหลี่ยมทำมาจากเหล็ก SS-400 ซึ่งมีความแข็งแรงมาตรฐานทำให้โครงสร้างของเครื่องอัดก้อนวัสดุมีความแข็งแรงทนทาน ประกอบการกระบอกสูบขับเคลื่อนด้วยนิวมติกซึ่งอาศัยลมจากถังเก็บลมเป็นต้นพลังงานขับเคลื่อนการกดอัดก้อนปลุกสำเร็จรูป และระบบควบคุมคุณภาพด้วยวงจรไฟฟ้าอาศัย solenoid เป็นตัวควบคุมระบบทั้งหมด ทำให้สมรรถนะของเครื่องมีความสามารถผลิตก้อนปลุกสำเร็จรูปได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีปัญหา การพัฒนาขีดความสามารถในการเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพของก้อนปลุกสำเร็จรูปยังพบว่า การใช้กำลังลมจากปั๊มเป็นพลังงานต้นกำลัง



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11

The 11th STOU National Research Conference

ในการอัดลมผ่านกระบอกนิวเมติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ที่ความดัน 100 psi ก้านกดจะมีแรงกด 1240 kgf อัดแม่พิมพ์ตัวบนและตัวล่าง ซึ่งมีขนาดวัสดุปลุกทรงกระบอกขนาด 10x10x10 cm. ระบบไฟฟ้า heater plate แผ่นความร้อนไปหาแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส จากผลการทดสอบเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูป พบว่าการทำงานของอุปกรณ์ทุกชิ้นทำงานได้ตามลักษณะที่ออกแบบไว้ เช่น โครงสร้างและฐานของเครื่องสามารถรับแรงกดได้มากกว่า 2 ตันเครื่องกำเนิดแรงลมสามารถปรับตั้งค่าได้สูงสุด 125 psi เครื่องควบคุมอุณหภูมิสามารถทำงานตามที่ตั้งไว้ คือ ± 5 องศาเซลเซียส (ตามที่โรงงานผู้ผลิตระบุไว้) ระบบไฟฟ้าและโซลินอยด์ทุกตัวทำตามหน้าที่ที่กำหนด และระบบฉุกเฉินสามารถกดตัดไฟฟ้า ตัดต้นกำเนิดลม ทำให้มีความปลอดภัยต่อผู้ทำงาน

1. การทดสอบสมรรถนะในการผลิตก้อนปลุกสำเร็จรูป จากการที่ทดลองอัดก้อนปลุกสำเร็จรูปที่ อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส และความดันลมคงที่ 100 psi อยู่ในสเปคของกระบอกและแกนอัด ซิลของก้านอัดสามารถทนความร้อนได้สูงสุด 150 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการที่ทดลองอัดก้อนปลุกสำเร็จรูปจำนวน 28 ก้อน ซิลยังคงรักษาสภาพการทำงานได้เหมือนเดิม แสดงว่ามาตรฐานอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูปอยู่เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด บ่งบอกถึงสมรรถนะเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูปโดยทั่วไปอยู่ในเกณฑ์กำหนด ความสามารถในการผลิตก้อนปลุกสำเร็จรูปใช้เวลา 2 นาทีต่อ 1 ก้อนปลุกสำเร็จรูป เท่ากับชั่วโมงละ 30 ก้อน ภายในจำนวน 8 ชั่วโมงการทำงานเครื่องก้อนปลุกสำเร็จรูปสามารถผลิตก้อนปลุกสำเร็จรูปได้ถึง 240 ก้อน แสดงให้เห็นว่าสมรรถนะของเครื่องอัดสามารถผลิตก้อนปลุกสำเร็จรูปได้ตามที่ออกแบบ

2. ประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนปลุกสำเร็จรูปสำเร็จรูป จากการคุณสมบัติของก้อนปลุกสำเร็จรูปแต่ละก้อนที่อัดออกมาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด โดยมีค่ากำหนดอ้างอิงได้จากการคำนวณหาความหนาแน่นของก้อนปลุกแต่ละก้อน ซึ่งมีผลการเฉลี่ยความหนาแน่นอยู่ที่ 0.80 g/cm³ การผลิตก้อนปลุกทั้งหมด พลังงานเริ่มต้นมาจากกระแสไฟฟ้าที่จะนำมาขับเคลื่อนเครื่องขบวนการผลิตให้ได้ผลผลิตต่อ จากการคำนวณกระแสไฟฟ้า จากการคำนวณอุปกรณ์หลักของเครื่องอัด ก้อนปลุกสำเร็จรูป ซึ่งจะพบว่าการใช้กำลังไฟฟ้ามาผลิตก้อนปลุกไม่ได้ใช้กระแสไฟฟ้ามากนัก ซึ่งรวมรายจ่ายค่ากระแสไฟฟ้าต่อวันอยู่ประมาณ 121.6 บาท ใน 30 วันค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าประมาณ 3,648 บาทต่อเดือน จากการทดลองเครื่องอัดระบบนิวเมติกสามารถเพิ่มผลิตได้มากถึง 4 เท่า ใน 1 วัน ในช่วงเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง เครื่องผลิตก้อนปลุกผลิตได้ถึง 240 ก้อนต่อวัน ซึ่งในระยะเวลา 1 เดือน สามารถผลิตก้อนปลุกได้ 7,200 ก้อน การผลิตก้อนปลุกสำเร็จรูปทั้งหมด พลังงานเริ่มต้นมาจากกระแสไฟฟ้าที่จะนำมาขับเคลื่อนเครื่องขบวนการผลิตให้ได้ผลผลิตต่อ จากการคำนวณกระแสไฟฟ้า การผลิตก้อนปลุกสำเร็จรูปซึ่งใกล้เคียงกับผลงานของ นริศ ชุตสว่าง, จิรวัดน์ ณพัฑล,(2558). การสร้างเครื่องผลิตกระถางต้นไม้จากเปลือกมังคุด ทำการทดลองเครื่องผลิต การผลิตกระถางจากเปลือกมังคุดจะมีส่วนผสมตามอัตราส่วนนี้ เปลือกมังคุดป่น 500 กรัม แป้งมัน 100 กรัม และน้ำเปล่า 300 มิลลิลิตร ทำการคลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วจึงนำไปใส่ในแม่พิมพ์ของเครื่องผลิตกระถาง ผลการหาล้างการผลิของเครื่องผลิตกระถางต้นไม้จากเปลือกมังคุด พบว่าเวลาเฉลี่ยของกระถางจะอยู่ที่ 7.29 นาที ได้ทำการผลิตจนครบ 1 ชั่วโมง ได้กระถางต้นไม้ จำนวน 8 ใบ ถ้าผลิต 8 ชั่วโมง จะได้กระถางต้นไม้ ประมาณ 64 ใบ. การทดสอบประสิทธิภาพและผลผลิตก้อนปลุกสำเร็จรูปด้วยเครื่องอัดก้อนปลุกที่สร้างขึ้นมา สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตก้อนปลุกสำเร็จรูปได้ถึง 240 ก้อนจากการใช้เวลาอัด 2 นาทีต่อ 1 ก้อนปลุก ใน 1 วัน ชั่วโมงการทำงาน 8 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาใกล้เคียงกับงานวิจัยของนางลักษณะ แก้วคำม เปรมฤทัย สืบสุนทร ฤทธา สินนา อาทิตย์ วงศ์ณรัตน์.(2562). ซึ่งได้ทดลองเครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์ ที่ใช้ส่วนผสมน้ำหนัก 5 กิโลกรัม ใช้เวลาในการอัดน้อยที่สุดได้มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2.16 นาที และ ข้อมูลสอดคล้องกับ ภัทรพงศ์ แผล่งไธสง



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

ณรงค์ พลสงบ วีระศักดิ์ วุฒินงค์ ศรายุธ ดนตรี การอัดขึ้นรูปภาชนะผ่านความร้อนจากเตาแก๊สใช้เวลาที่เหมาะสม 3 นาทีต่อชิ้น สามารถขึ้นรูปภาชนะ เช่น จาน ถ้วย ผลการทดสอบการขึ้นรูปด้วยกาบหมากและกาบกล้วย

ตารางที่ 2 อัตราการสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า

อัตราการสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าของอุปกรณ์ในเครื่องอัดก้อนวัสดุปลูก					
	วัตต์	ชั่วโมงทำงาน	จำนวนหน่วยไฟฟ้า	ค่าไฟฟ้าหน่วยละ	ค่าไฟฟ้า (บาท/วัน)
มอเตอร์	1500	8	12	8	64
Heater 2 ตัว	800	8	6.4	8	51.2
อุปกรณ์ควบคุม	100	8	0.8	8	6.4

3. การหาความหนาแน่นของก้อนปลูกสำเร็จรูป จากการหาค่าความหนาแน่นของ เตือนใจ ปิยัง วรณวิภา ไชยชาญ และ กตตินาฏ สกกุลสวัสดิพันธ์. (2561), ทำการวัดค่าความหนาแน่นของดินโดยนำขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ที่แห้งและสะอาดมาชั่งน้ำหนัก (m_1) นำขึ้นตัวอย่างดินของก้อนปลูกสำเร็จรูปมาบดให้ละเอียดแล้วบรรจุลงในขวดปรับปริมาตร ชั่งน้ำหนักปริมาตรอีกครั้ง (m_2) เติมน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตรลงในขวดปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน นำขวดปรับปริมาตร ไปอุ่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิพร้อมกับที่ใส่ที่จับหลอดทดลองจับที่คอขวดปรับปริมาตร เพื่อเขย่าในขณะที่ยอดอุ่น เมื่อไอบรรยากาศให้อุ่นต่อไปอีก 2-3 วินาที หลังจากนั้นนำขวดปรับปริมาตรไปตั้งไว้ที่อ่างน้ำคว่ำบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ลงที่ปากขวดปรับปริมาตรแล้วปล่อยน้ำเย็นให้ไหลเบาๆ ลงที่กันบีกเกอร์จนกระทั่งขวดปรับปริมาตรเย็นลง เติมน้ำลงในขวดปรับปริมาตรจนถึงขีดขोकความจุใช้ผ้าเช็ดขวดปรับปริมาตรให้แห้งแล้วนำไปชั่งอีกครั้ง บันทึกผล (m_3) เทวัสดุในขวดทิ้งทั้งหมดล้างขวดให้สะอาดแล้วนำไปคว่ำให้แห้งเติมน้ำกลั่น จากบิวเรตลงในขวดปรับปริมาตร ปริมาตรนี้คือความจุของขวดปรับปริมาตร (VF)

หาน้ำหนักของวัสดุ (m_s) จากสูตรการที่ 2

$$M_s = m_2 - m_3 \dots (2)$$

หาปริมาตรของวัสดุ (V_s) จากสูตรการที่ 3 และ 4

$$V_w = Z - m_2 / (\rho \text{ อุณหภูมิที่ทำการทดลอง}) \dots (3)$$

$$V_s = VF - V_w \dots (4)$$

โดยที่ V_s = ปริมาตรของวัสดุ(ลูกบาศก์เซนติเมตร)

$$V_w = \text{ปริมาตรน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยวัสดุ (cm}^3\text{)}$$

จากนั้นสามารถคำนวณค่าความหนาแน่นของวัสดุได้จากสูตรที่ 5

$$\rho_s = (m_s) / (V_s) \dots (5)$$

เมื่อ ρ_s = ความหนาแน่นของวัสดุ (g/cm^3)



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

M_s = มวลของวัสดุ (gram)

V_s = ปริมาตรของวัสดุ (cm³)

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของก้อนสัปลูกหลังการอัด

ความดันลมอัด ที่ 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	
ก้อนปลูกสำเร็จรูป	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (g/cm ³)
ชุดที่ 1	0.78
ชุดที่ 2	0.80
ชุดที่ 3	0.80
ชุดที่ 4	0.82
ค่าเฉลี่ย	0.80

ความหนาแน่นของก้อนปลูกสำเร็จรูปต่างๆ พบว่าก้อนปลูกสำเร็จรูปชุดที่ 4 มีความหนาแน่น 0.82 g/cm³ รองลงมาคือก้อนชุดที่ 2 กับ 3 ความหนาแน่น 0.80 g/cm³ ส่วนก้อนที่มีค่าความหนาแน่นต่ำสุดคือค่าเฉลี่ยของชุดที่ 1 มีความหนาแน่น 0.78 g/cm³ ซึ่งความหนาแน่นที่กำหนด มาตรฐานอยู่ที่ค่าระหว่าง 0.15-1.3 g/cm³ (ที่มา : Jenkins & Jarrell (1989) จากการทดสอบของเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูปทั้งหมดทุกสูตรอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 2.1)

อภิปรายผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูปเพื่อนำมาทดแทนการใช้แรงงานคนในการกดอัดขึ้นรูปก้อนปลูกสำเร็จรูป ซึ่งจะสามารถเพิ่มจำนวนก้อนปลูกสำเร็จรูปรองรับความต้องการของผู้บริโภค เพื่อลดการใช้กระดาษพลาสติก หรือถุงพลาสติก ในการเพาะต้นกล้าหรือการเพาะปลูกพืช พื้นฐานการออกแบบเครื่องมืออัดอันดับแรกคือ ความปลอดภัย ความแข็งแรงของเครื่องมืออัด เพื่อให้สมรรถนะของเครื่องอัดมีประสิทธิภาพสูงในการอัดก้อนปลูกสำเร็จรูปสำเร็จรูป การออกแบบและสร้างเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูป ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบขนาดโครงสร้างเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูป ซึ่งรูปร่างเป็นแบบสี่เหลี่ยม ขนาด กว้าง 30 cm. ยาว 55 cm. สูง 60 cm. ลักษณะการสร้างเป็นรูปตัว C ระบบกึ่งอัตโนมัติ นิวเมติก การวางระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยการใช้ PID ควบคุมการทำงานของระบบทำความร้อนซึ่งมี heater 400 วัตต์ 2 ตัว ทำความร้อนควบคุมที่ 130 องศาเซลเซียส แผ่กระจายไปหาแม่พิมพ์ด้านบนและล่าง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm. สูง 10 cm. และระบบกดอัดใช้แหล่งพลังงานต้นกำลังจากเครื่องปั๊มลม เก็บกักลมไว้ในถังที่ความดัน 125 psi ส่งผ่านกระบอกนิวเมติกเพื่ออัดวัสดุผสมเข้ากับแม่พิมพ์ด้านบนเลื่อนลงมากดอัดกับตัวล่าง โดยใช้แรงลมอัดความดัน 100 psi อัดแช่ไว้ 2 นาที จากนั้นนำก้อนปลูกสำเร็จรูปไปอบแห้งหรือตากแดด จากการทดลองการผลิตเครื่องอัดระบบกึ่งอัตโนมัติ มีประสิทธิภาพสูงสามารถผลิตก้อน



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11 The 11th STOU National Research Conference

ปลูกสำเร็จรูปได้ภายใน 2 นาทีต่อ 1 ก้อน เมื่อคำนวณจาก ชั่วโมงการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน จะสามารถผลิตได้ถึง 240 ก้อน จากผลผลิตจำนวนเพียงพอต่อความต้องการของชุมชนแล้วยังสามารถส่งเสริมและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ สหกรณ์ชุมชน โดยมุ่งเน้นสินค้าที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและ และมีคุณสมบัติย่อยสลายได้ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อ สิ่งแวดล้อมลดภาวะโลกร้อน

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาวิจัยและพัฒนาเครื่องมือกดอัดก้อนปลูกสำเร็จรูป ที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบแล้วสร้างเครื่องกดอัด หลายชนิด พบว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องอัดกึ่งอัตโนมัติทั่วไป เช่น ระบบไฮดรอลิกแม่แรง ระบบใช้เกียร์ ระบบนิวเมติก (รูปที่ 9 ถึง 12) หลักการโดยทั่วไปคล้ายคลึงกันมีเป้าหมายเดียวกัน แต่คุณภาพจะมีความแตกต่างกันเล็กน้อย มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่นำมาประกอบเป็นเครื่องกดอัดแปรรูปวัสดุทางการเกษตร และผู้วิจัยได้สร้างแม่พิมพ์เพื่อทดลอง สลับเปลี่ยนใช้งานกับเครื่องอัดทุกชนิด เพื่อนำมาทดแทนแรงงานคน และเพิ่มผลผลิตในระยะเวลาที่ทำงานเท่ากัน เครื่องมือกดอัด โดยใช้ระบบกลไก ระบบไฟฟ้า ระบบเกียร์ นิวเมติก สามารถนำมาทดแทนแรงงานคนได้ยังสามารถดัดแปลงใช้กับการอัดขึ้นรูป ผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น อัดถ้วย จาน จากวัสดุธรรมชาติ หรือ กาบหมาก กาบกล้วย หรือนำไปต่อยอดในการพัฒนาเครื่องขึ้นต่อไป การทดลองสอดคล้องกับ สมเกียรติ สุทธิยาพิวัฒน, รมยันตีประยูรพันธ์. (2562). กล่าวถึงการพัฒนาต่อยอดเครื่องมืออัด “สามารถ ส่งเสริมและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ OTOP ให้มีภาพลักษณ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและอนุรักษ์ความเป็นไทย และมีคุณสมบัติย่อย สลายได้ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม”

ตัวอย่างเครื่องอัดและแม่พิมพ์ที่ผู้วิจัยสร้างมาเป็นต้นแบบ สามารถนำไปต่อยอดในการดัดแปลงใช้งานประเภทอื่นๆ ดังที่กล่าวมาเบื้องต้น



รูปที่ 9 ระบบแม่แรงไฮดรอลิก



รูปที่ 10 ระบบเกียร์



รูปที่ 11 ระบบเกียร์



รูปที่ 12 ระบบนิวเมติก



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference



รูปที่ 13 แม่พิมพ์อัดก๋วยเตี๋ยว

รูปที่ 14 แม่พิมพ์อัดก๋วยเตี๋ยว

รูปที่ 15 ผลผลิตก๋วยเตี๋ยว

รูปที่ 16 ก้อนวัสดุปลูก

เอกสารอ้างอิง

เจมสุวรรรณ เพ็ชรประกอบ, พงศธร เพ็ชรโคณ, ณัฐภูมิ แก้วรัมย์ และ หนึ่งฤทัย ปะเว. (2562). การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอัดแคลบด้วยระบบไฮดรอลิค. สืบค้น 4 สิงหาคม 2563, จาก

<http://dspace.bru.ac.th/xmlui/handle/123456789/6224>

ฉัตรชัย เอี่ยมพรสิน. (2560). เครื่องตัดหมีกรอบอัดแท่ง Cutting Machine for Crispy Noodle Bar. สืบค้น 9 มกราคม 2563, จาก <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/kuengi/article/view/121454/92618>

นายศรชัย สิทธิรักษ์ และ นายศุภกิจ ต้นวิบูลย์ศักดิ์ (2560). การหาค่าความถ่วงจางเพาะปรากฏของดิน (Apparent Specific Gravity ; A_s). สืบค้น 2 มีนาคม 2563, จาก

<http://kmcenter.rid.go.th/kchydhome/documents/new2560/23.pdf>

นงลักษณ์ แก้วคำม, เปรมฤทัย สืบสุนทร, กฤษฎา สีนนา และ อาทิตย์ วงศ์ณรัตน์. (2562). การออกแบบและสร้างเครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์จากวัสดุในชุมชน Design and construction of animal feed pellet machine from community materials. สืบค้น 4 เมษายน 2564, จาก

<http://en.rmu.ac.th/enmis/upload/paper/1584806635.pdf>

พุทธินันท์ จารุวัฒน์. (2558). การวิจัยและพัฒนาวัสดุปลูกสำหรับกล้วยไม้ RESEARCH AND DEVELOPMENT OF GROWING MEDIAS FOR ORCHIDS. สืบค้น 24 มีนาคม 2563, จาก

<https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2138>

ภัทรพงศ์ แผล่งไธสง, ณรงค์ พลสงบ, วีระศักดิ์ วุฒิมังค์ และ ศราวุธ ดนตรี. (2562). เครื่องอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติ. สืบค้น 22 มกราคม 2563, จาก <http://dspace.bru.ac.th/xmlui/handle/123456789/7691>

เตือนใจ ปิยง, วรณวิภา ไชยชาญ และ กตติมาญ สุกสสวัสดิพันธ์. (2561). การผลิตกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากกาก ตะกอนน้ำมันปาล์ม และวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด. สืบค้น 26 มกราคม 2563, จาก

<http://rdi.rmutsv.ac.th/rmutsvrj/download/year10/issue3-2561/download.php?file=497.pdf>

สมเกียรติ สุทธิยาพิพัฒน์ และ ฌมยันตี ประยูรพันธ์. (2561). การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารจากกากหมาก



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11

The 11th STOU National Research Conference

เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มที่นำสู่ความเข้มแข็งของชุมชนและเศรษฐกิจฐานราก *Design and Development of Food Packaging form Betel Husk to add Value for Strong Community and Economic Foundation.* สืบค้น 24 มีนาคม 2563, จาก http://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:144302

