EasyChair Preprint

№ 3467

Development of a Screw Press Machine to Produce Mushrooms Cultivation Bagging Long from Shredded Branch

Satitpong Rattanakam, Kiangsak Nukpook, Nantinee Srijumpa and Apiwat Panyawong

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

May 23, 2020

การพัฒนาเครื่องอัดแบบเกลียวเพื่อผลิตวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย

Development of a Screw Press Machine to Produce Mushrooms Cultivation Bagging Long from Shredded Branch

สถิตย์พงศ์ รัตนคำ[1]*, เกรียงศักดิ์ นักผูก[1], นันทินี ศรีจุมปา[2], อภิวัฒน์ ปัญญาวงค์[1]

Satitpong Rattanakam[1]*, Kiangsak Nukpook[1], Nantinee Srijumpa[2], Apiwat Panyawong[1]

[1]ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร, เชียงใหม่, 50100

[1]Chiang Mai Agricultural Engineering Research Center, Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Chiang Mai, 50100

[2]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร, เชียงใหม่, 50100

[2]Office of Agricutural Research and Development Region 1, Department of Agriculture, Chiang Mai, 50100

*Corresponding author: Tel: +66-8-6722-7376, Fax: +66-53-114-119, E-mail: R.satitpong@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการใช้กิ่งไม้หั่นย่อยเพาะเห็ดแบบก้อนยาว ทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่มีราคาสูงขึ้น เพื่อลดต้นทุนการผลิตจากวัสดุเพาะเห็ดและแรงงานในการอัดก้อน โดยสร้างต้นแบบเครื่องอัดแบบเกลียวเพื่อผลิตวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย ซึ่งประกอบด้วย 7 ส่วนหลักคือ 1)โครงสร้างส่วนฐาน, 2)ท่อเกลียวอัด, 3)เพลาเกลียวอัด, 4)ชุดกระบอกอัด, 5)ช่องป้อน, 6)ชุดต้นกำลัง และ 7)ระบบควบคุมการทำงาน แล้วทดสอบการอัดก้อนเพาะเห็ดจากกิ่งไม้หั่นย่อยกับขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่า เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาว 213.84 และ 203.96 bag h^{-1} ตามลำดับ และแบบก้อนสั้น 310.13 และ 302.03 bag h^{-1} ซึ่งเครื่องต้นแบบมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่า 80% จากนั้นทดสอบการเพาะเห็ด พบว่า การเพาะเห็ดแบบก้อนยาวให้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าการเพาะเห็ดแบบก้อนสั้น ในส่วนต้นทุนการเพาะเห็ดจากกิ่งไม้หั่นย่อยลดลงมากว่า 10 % เมื่อเปรียบเทียบกับขี้เลื่อยไม้ยางพารา โดยเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 75,000 บาท มีจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 13,993 ก้อน

คำสำคัญ : การเพาะเห็ด; การเพาะเห็ดแบบก้อนยาว; เครื่องอัดแบบเกลียวเพื่อผลิตวัสดุเพาะเห็ด; กิ่งไม้หั่นย่อย

Abstract

The main objective of this research was to use the shredded branches for mushrooms cultivation in bagging long. To replace the rubber wood sawdust that has a higher price. For reduce the production cost of materials and labor. By build the screw press machine to produce mushrooms cultivation bagging long from shredded branch, consists of 7 main parts: 1) base structure, 2) screw press pipe, 3) screw press shaft, 4) screw press cylinder set, 5) hopper, 6) power set and 7) operation control system. Then test the prototype with shredded branches and rubber wood sawdust. The results showed that the capacity of bagging long was 213.84 and 203.96 bag h^{-1}, respectively. And the capacity of bagging short was 310.13 and 302.03 bag h^{-1}, respectively. The prototype has a working efficiency of more than 80%. Tested the mushrooms cultivation, showed that the productivity the mushroom of bagging long gave higher than bagging short. The cost of mushroom cultivation from shredded branch has been reduced by more than 10% compared to rubber wood sawdust. The prototype cost about 75,000 baht, which has a breakeven point of using at 13,993 bags.

Keywords: Mushrooms Cultivation; Mushrooms Cultivation in Bagging Long; Screw Press Machine to Produce Mushrooms Cultivation; Screw Press; Shredded Branch

บทนำ

การเพาะเห็ดนั้นเป็นได้ทั้งอาชีพหลักและอาชีพเสริมที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร โดยเห็ดเกือบทุกชนิดใช้เทคนิคการเพาะในถุงพลาสติก ซึ่งมีขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นวัสดุหลัก ปัจจุบันมีราคาประมาณ 2,500 – 3,000 บาทต่อตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิม 20 - 30 % เนื่องจากหลายปีที่ผ่านมาหลังจากรัฐบาลประกาศลอยตัวราคาน้ำมันทำให้ค่าขนส่งเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าขนส่งที่เพิ่มขึ้นนั้นจะนำไปรวมกับค่าขี้เลื่อยไม้ยางพารา ส่งผลให้ราคาขี้เลื่อยไม้ยางพาราสูงขึ้น ผู้เพาะเห็ดจึงประสบปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

ในปัจจุบันได้มีการศึกษานำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เพาะเห็ดทดแทนการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพารา เช่น การเพาะเห็ดนางรมภูฏานแบบถุง โดยนำใบไม้และกิ่งไม้ที่ร่วงหล่นเป็นวัตถุดิบ พบว่า ให้ผลผลิตน้ำหนักดอกเห็ดและคุณค่าทางโภชนาการในส่วนของปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเห็ดด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา (อัญชลี, 2557) และการใช้ไมยราบยักษ์ในการเพาะเห็ดขอนขาว พบว่า ไมยราบยักษ์หั่นย่อยสามารถใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดได้ดี น่าจะใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราได้ (นันทินี, 2548)

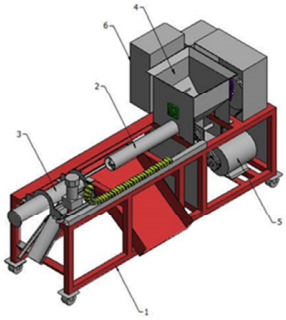
ปัญหาวิกฤติหมอกควันของประเทศไทย โดยเฉพาะเน้นหนัก 9 จังหวัดในภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย น่าน แพร่ พะเยา แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง และตาก ซึ่งภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นพื้นที่แอ่งกระทะ โดยสาเหตุของปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากการเผาวัชพืชและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกหรือการเผาวัชพืชริมทาง ไฟป่า และการเผาขยะในชุมชน (นิรนาม, 2559)

การเพาะเห็ดแบบก้อนยาวเป็นเทคโนโลยีการผลิตเห็ดแบบใหม่ของสาธารณรัฐประเทศจีน ความยาวของก้อนประมาณ 550 mm มีการเจาะหลุมเขี่ยเชื้อ 4 จุดต่อก้อน ข้อดีของการเพาะเห็ดแบบก้อนยาวคือสามารถเขี่ยเชื้อลงก้อนเพาะเห็ดได้มาก ทำให้การเดินเชื้อของเห็ดเร็วขึ้น ช่วยเพิ่มผลผลิตเห็ดและยืดอายุการเก็บดอกยาวนานขึ้น ซึ่งแตกต่างกับของประเทศไทยที่มีการเพาะเห็ดแบบก้อนสั้น เขี่ยเชื้อลงจุดเดียว ทำที่ให้ผลผลิตเห็ดน้อยกว่า (Zhang, 2559) แต่ปัญหาในการเพาะเห็ดแบบก้อนยาว คือ เครื่องมือที่ใช้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาสูง และจากการทดสอบการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา ด้วยเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว (เกรียงศักดิ์, 2561) พบว่า ขี้เลื่อยไม้ยางพาราจะอัดติดแน่นตรงปลายท่อที่บีบเรียวลงทำให้เครื่องไม่สามารถอัดก้อนเพาะเห็ดได้ ดังนั้น การพัฒนาเครื่องอัดแบบเกลียวเพื่อผลิตวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย โดยนำเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว มาปรับปรุงและพัฒนาให้สามารถใช้ในการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อยและขี้เลื่อยไม้ยางพาราได้ ซึ่งจะช่วยแก้ไขปัญหาข้อจำกัดของวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดและการอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาวดังกล่าว เป็นการต่อยอดงานวิจัย สามารถลดต้นทุนการผลิต เช่น วัสดุที่ใช้เพาะเห็ดและแรงงานคน เป็นต้น และส่งผลให้การเพาะเห็ดในประเทศมีการพัฒนาและก้าวหน้าขึ้น เกษตรกรสามารถเลือกวัสดุที่มีในท้องถิ่นมาใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ด รวมถึงลดการเผาทำลายวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้ด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

<u>อุปกรณ์</u>

เครื่องอัดแบบเกลียวเพื่อผลิตวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย (Figure 1), ขี้เลื่อยไม้ยางพารา, กิ่งไม้หั่นย่อยจากต้นกระถินและต้นมะม่วง ในสัดส่วน 1 : 1, นาฬิกาจับเวลา, ตลับเมตร, เครื่องชั่งดิจิตอล, อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการเพาะเห็ด



Component of Prototype
1. Base Structure
2. Screw press shaft and Screw press pipe
3. Screw press cylinder set
4. Hopper
5. Power set
6. Operation control system

Figure 1. The screw press machine to produce mushrooms cultivation bagging long from shredded branch

วิธีการ

1. การเตรียมวัสดุสำหรับเพาะเห็ด โดยทดสอบการหั่นย่อยกิ่งไม้ด้วยเครื่องหั่นย่อยซากกิ่งไม้ผล (จารุวัฒน์, 2540) และเก็บข้อมูลความสามารถในการหั่นย่อยและอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ความสามารถในการหั่นย่อย (kg h^{-1}) คือ น้ำหนักกิ่งไม้ที่ใช้หั่นย่อย (kg) / เวลาที่ใช้ในการหั่นย่อย (h) (1)

อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (l h^{-1}) คือ ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร) / เวลาที่ใช้ในการหั่นย่อย (h) (2)

2. ศึกษาการอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว โดยทดสอบการอัดก้อนด้วยการใช้แรงงานคนและเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว และเก็บข้อมูลความสามารถในการอัดก้อน รวมถึงรวบรวมปัญหาต่างๆ ที่เกิดจากการอัดก้อน เพื่อใช้เป็นแนวทางในออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องอัดแบบเกลียวเพื่อผลิตวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย

3. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ โดยออกแบบชุดเกลียวอัดที่เพลาเกลียวอัดมีใบเกลียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันตลอดบนแกนเพลาอยู่ในท่อเกลียวอัด ใช้สำหรับลำเลียงและอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดกับชุดกระบอกอัด โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง และมีระบบควบคุมการทำงานของเครื่องต้นแบบ

4. ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบเบื้องต้น และเก็บข้อมูลความสามารถในการอัดก้อน, ขนาดความยาว, น้ำหนัก ความหนาแน่นของก้อน และสุ่มตัวอย่างวัสดุเพาะเห็ด

ความสามารถในการอัดก้อน (bag h^{-1}) คือ จำนวนก้อนวัสดุเพาะเห็ด (bag) / เวลาที่ใช้ในการอัดก้อน (h) (3)

ความหนาแน่นของก้อน (kg m^{-3}) คือ น้ำหนักก้อนวัสดุเพาะเห็ด (kg) / ปริมาตรก้อนวัสดุเพาะเห็ด (m^3) (4)

5. ทดสอบการใช้งานของเครื่องต้นแบบในสภาพการใช้งานจริง และเก็บข้อมูลความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี จำนวน 10 ซ้ำ (ซ้ำละก้อน) และความสามารถในการอัดก้อนทางปฏิบัติ จำนวน 3 ซ้ำ (ซ้ำละ 25 ก้อน), ขนาดความยาว, น้ำหนัก, ความแน่นของก้อน และสุ่มวัดความชื้นวัสดุเพาะเห็ด

6. ทดสอบการเพาะเห็ดลมด้วยวัสดุเพาะเห็ดจากกิ่งไม้หั่นย่อยและขี้เลื่อยไม้ยางพารา และเก็บข้อมูลการเจริญเส้นใยเห็ด, ปริมาณผลผลิตเห็ดที่ได้, ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว และประสิทธิภาพทางชีววิทยา (Biological Efficiency, BE.)

ประสิทธิภาพในการทำงาน (%) คือ ความสามารถในทางทฤษฎี x 100 / ความสามารถในทางปฏิบัติ (5)

ประสิทธิภาพทางชีววิทยา (%) คือ ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเห็ดสด x 100 / ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งวัสดุเพาะ (6)

7. เก็บข้อมูลต้นทุนในการเพาะเห็ดจากกิ่งไม้หั่นย่อยและขี้เลื่อยยางพารา โดยมีค่าชี้ผล คือ ต้นทุนต่อก้อน

8. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ ทำโดยการหาจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องอัดแบบเกลียวเพื่อผลิตวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย

ผลและวิจารณ์

1. จากการเตรียมวัสดุสำหรับเพาะเห็ด โดยทดสอบการหั่นย่อยกิ่งไม้ด้วยเครื่องหั่นย่อยซากกิ่งไม้ผล พบว่า เครื่องหั่นย่อยซากกิ่งไม้ผลสามารถหั่นย่อยกิ่งไม้ได้ดี ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 30 mm หากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกิน 30 mm จะทำให้เกิดการสะท้านมือได้ ซึ่งมีความสามารถในการหั่นย่อยเฉลี่ย 230.98 kg h^{-1} และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.69 l h^{-1}

2. จากการศึกษาการอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว ด้วยการใช้แรงงานคน พบว่า มีความสามารถในการอัดก้อนเฉลี่ย 14.82 bag h^{-1} โดยวัสดุเพาะเห็ดมีความชื้นเฉลี่ย 62.26 %wb และทดสอบการอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว ด้วยเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว พบว่า มีเศษวัสดุเพาะเห็ดจะอัดติดแน่นตรงปลายท่อที่บีบเรียวลง ทำให้เครื่องไม่สามารถอัดวัสดุเพาะเห็ดออกมาตามท่อได้ การใส่ถุงที่เพาะเห็ดปลายท่อทางออกของเครื่อง ค่อนข้างช้า ใช้เวลาประมาณ 15 – 20 s เนื่องจากปลายท่อมีความยาว 75 mm ซึ่งสั้นกว่าถุงที่มีความยาว 650 mm (ความยาวของถุงรวมทั้งหมด) และความแน่นของก้อนเพาะเห็ดไม่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับคนที่ประคองถุงเพาะเห็ดและต้องคอยเกลี่ยวัสดุเพาะเห็ดทางช่องป้อนตลอด

3. ผลการสร้างเครื่องต้นแบบ โดยออกแบบชุดเกลียวอัดที่เพลาเกลียวอัดมีใบเกลียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันตลอดบนแกนเพลาอยู่ในท่อเกลียวอัด ใช้สำหรับลำเลียงและอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดกับชุดกระบอกอัด โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง และมีระบบควบคุมการทำงาน ซึ่งเครื่องต้นแบบประกอบด้วย 7 ส่วนหลักคือ

1) โครงสร้างส่วนฐาน ทำจากเหล็กกล่อง ขนาด 40 x 40 x 1.2 mm มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม ขนาด กว้าง x ยาว x สูง คือ 500 x 1,800 x 500 mm และมีล้อเหล็กขนาด 76.2 mm จำนวน 4 ล้อ เพื่อให้เคลื่อนย้ายได้สะดวก

2) ท่อเกลียวอัด ทำจากท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 90 mm หนา 3 mm ยาว 900 mm และตัดท่อออกเป็นหน้าตัดครึ่งวงกลม ยาว 300 mm ห่างจากปลายท่อ 40 mm สำหรับป้อนวัสดุเพาะเห็ด

3) เพลาเกลียวอัด โดยใช้แกนเพลา ขนาด 25.4 mm ยาว 1,200 mm มีใบเกลียวเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 mm ระยะพิทช์ 70 mm บนแกนเพลายาว 900 mm

4) ชุดกระบอกอัด ทำจากท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 115 mm หนา 3 mm ยาว 550 mm ตัดท่อออกเป็นหน้าตัดครึ่งวงกลมแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนบนจะมีหน้าแปลนเพื่อติดตั้งมอเตอร์เกียร์ทด ขนาด 120 W ทำงานที่ความเร็วรอบ 60 rad min^{-1} สำหรับใช้เป็นต้นกำลังขับชุดกระบอกอัดในการเคลื่อนที่ เข้า – ออก และมีล้อเหล็ก ขนาด 35 mm จำนวน 4 ล้อ และ 2)ส่วนล่างจะมีล้อเหล็ก ขนาด 35 mm จำนวน 1 ล้อ วิ่งบนราง เพื่อใช้ในการประคองและลำเลียงก้อนเพาะเห็ดออก โดยมีจุดหมุนร่วมกันที่ปลายด้านหน้า

5) ช่องป้อน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 3 mm มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง คือ 350 x 310 x 350 mm ข้างบนปลายออกส่วนข้างล่างเรียวเข้าหาท่อเกลียวอัด ที่ตัดออกเป็นหน้าตัดครึ่งวงกลม ยาว 300 mm และมีอุปกรณ์กวนเป็นซี่กวาดหมุนอยู่กับที่สำหรับกวนวัสดุเพาะเห็ดไม่ให้กดทับกันเป็นก้อน โดยหมุนที่ความเร็วรอบ 250 rad min^{-1}

6) ชุดต้นกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1.5 kW เป็นต้นกำลัง ขับผ่านมู่เลย์ ขนาด 88.9 mm ไปยังมู่เลย์คลัชแม่เหล็กไฟฟ้า ขนาด 127 mm และส่งกำลังขับผ่านมู่เลย์ ขนาด 101.6 mm ไปยังมู่เลย์ ขนาด 228.6 mm เพื่อขับเพลาเกลียวอัด ทำงานที่ความเร็วรอบ 500 rad min^{-1}และส่งกำลังไปยังอุปกรณ์กวน ด้วยชุดเฟืองโซ่

7) ระบบควบคุมการทำงาน โดยเริ่มจากกดสวิทช์เปิดเป็นตัวสั่งการให้ชุดกระบอกอัดเคลื่อนที่เข้าไปยังหาชุดเกลียวอัด เมื่อเคลื่อนที่เข้าจนถึงจุดกำหนดจะมีลิมิตสวิทช์เป็นตัวสั่งการให้ชุดกระบอกอัดหยุดเคลื่อนที่ พร้อมสั่งให้เพลาเกลียวอัดหมุนเพื่ออัดก้อนวัสดุเพาะเห็ด เมื่อได้ความยาวของก้อนเพาะเห็ดที่ต้องการ จะมีลิมิตสวิทช์เป็นตัวสั่งการให้เพลาเกลียวอัดหยุดหมุนพร้อมกับสั่งให้ชุดกระบอกอัดเคลื่อนที่ออก จนถึงระยะห่างที่กำหนดจะมีลิมิตสวิทช์เป็นตัวสั่งการให้ชุดกระบอกอัดหยุดเคลื่อนที่ และมีปุ่มสวิทช์ฉุกเฉินสำหรับตัดระบบทำงานของเครื่องต้นแบบ

4. จากการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของเครื่องต้นแบบ ในการอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว พบว่า เครื่องต้นแบบสามารถอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวได้ดี และความเร็วรอบของเพลาเกลียวอัดที่เหมาะสม อยู่ที่ 500 rad min^{-1} เนื่องจากเครื่องต้นแบบไม่เกิดการสั่นขณะเครื่องทำงาน และอุปกรณ์กวนทำงานได้ดีไม่มีการกระเด็นและกดทับของวัสดุเพาะเห็ดในช่องป้อน โดยมีความสามารถในการอัดก้อนเฉลี่ย 234.05 bag h^{-1} ความยาวต่อก้อนเฉลี่ย 551 mm น้ำหนักต่อก้อนเฉลี่ย 2.48 kg ความหนาแน่นของก้อนเฉลี่ย 640 kg m^{-3} โดยวัสดุเพาะเห็ดมีความชื้นเฉลี่ย 55.91 %wb

5. จากการทดสอบการใช้งานของเครื่องต้นแบบในสภาพการใช้งานจริง ในการอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถอัดก้อนเพาะเห็ดได้ดี แต่เนื่องจากการเพาะเห็ดแบบก้อนยาวได้มีการปรับปรุงขนาดความยาวของก้อนเพาะเห็ด จากเดิม 550 mm เป็น 500 mm (รวมมัดปากถุง) เนื่องจากตะแกรงที่ใส่ก้อนเพาะเห็ดสำหรับใช้ในการนึ่งมีความยาวจำกัด และเพื่อความสะดวกในการจัดเก็บบนชั้นวางในโรงเรือน จึงได้ปรับปรุงเครื่องต้นแบบโดยย้ายตำแหน่งลิมิตสวิทช์ตัวที่สั่งการให้เพลาเกลียวอัดหยุดหมุนพร้อมกับสั่งให้ชุดกระบอกอัดเคลื่อนที่ออก และปรับปรุงให้สามารถอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนสั้นได้ แล้วทดสอบการอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาว (Table 1) พบว่า เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อน

ยาวเฉลี่ย 238.33 และ 239.97 bag h^{-1} ตามลำดับ ความยาวต่อก้อนเฉลี่ย 483.0 และ 481.5 mm ตามลำดับ น้ำหนักต่อก้อนเฉลี่ย 1.93 และ 2.08 kg ตามลำดับ ความหนาแน่นของก้อนเฉลี่ย 510 และ 550 kg m^{-3} ตามลำดับ โดยวัสดุเพาะเห็ดมีความชื้นเฉลี่ย 51.52 และ 53.49 %wb ตามลำดับ และมีความสามารถในการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนสั้นเฉลี่ย 362.02 และ 364.98 bag h^{-1} ตามลำดับ ความยาวต่อก้อนเฉลี่ย 183.0 และ 184.1 mm ตามลำดับ น้ำหนักต่อก้อนเฉลี่ย 0.79 และ 0.89 kg ตามลำดับ ความหนาแน่นของก้อนเฉลี่ย 550 และ 620 kg m^{-3} ตามลำดับ และวัสดุเพาะเห็ดมีความชื้นเฉลี่ย 51.52 และ 53.49 %wb ตามลำดับ

Table 1. Test the prototype for bagging with shredded branches and rubber wood sawdust

Material	Shape of bagging	Capacity of bagging (bag h^{-1})	Length of bagging (mm)	Weight of bagging (kg)	Density of bagging (kg m^{-3})	Humidity of materials (% wb)
Shredded branches	Bagging long	238.33	483.0	1.93	510	51.52
	Bagging short	362.02	183.0	0.79	550	51.52
Rubber wood sawdust	Bagging long	239.97	481.5	2.08	550	53.49
	Bagging short	364.98	184.1	0.89	620	53.49

Note: The tests result were the average from 10 repeated tests.

6. ทดสอบการเพาะเห็ดร่วมกับโครงการวิจัยและพัฒนาการเกษตรกรรมที่สูงของมูลนิธิชัยพัฒนา อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ (Figure 2) โดยอัดก้อนเพาะเห็ดด้วยวัสดุเพาะเห็ดจากกิ่งไม้หั่นย่อยกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่ผสมแล้ว (Table 2) พบว่าเครื่องต้นแบบมีความสามารถในการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวเฉลี่ย 213.84 และ 203.96 bag h^{-1} ตามลำดับ และมีความสามารถในการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนสั้น 310.13 และ 302.03 bag h^{-1} ตามลำดับ ซึ่งในการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวเครื่องต้นแบบมีประสิทธิภาพในการทำงาน 89.72 และ 84.99 % ตามลำดับ ส่วนในการการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนสั้นเครื่องต้นแบบมีประสิทธิภาพในการทำงาน 85.67 และ 82.75 % ตามลำดับ

Table 2. Test the efficiency of prototype for bagging mushroom cultivation

Material	Shape of bagging	Capacity of bagging (bag h^{-1})		Efficiency (%)
		Practice test[a]	Actual work[b]	
Shredded branches	Bagging long	238.33	213.84	89.72
	Bagging short	362.02	310.13	85.67
Rubber wood sawdust	Bagging long	239.97	203.96	84.99
	Bagging short	364.98	302.03	82.75

Note: a = the tests result were the average from 10 repeated (1 bag per repeated)
b = the tests result were the average from 3 repeated (25 bags per repeated)

Figure 2 Test the mushrooms cultivation

จากการเก็บข้อมูลการเจริญของเส้นใยเห็ดลม (Figure 3) พบว่า การเพาะเห็ดลมแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย เส้นใยเห็ดเริ่มเดินและเจริญเร็วกว่าการเพาะเห็ดลมจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา โดยเส้นใยเห็ดลมจากกิ่งไม้หั่นย่อยเดินเต็มก้อนในเวลา 5 สัปดาห์ ในขณะที่เส้นใยเห็ดลมจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราเดินเต็มก้อนในเวลา 6 สัปดาห์ และการเพาะเห็ดลมแบบก้อนสั้นจากกิ่งไม้หั่นย่อยและขี้เลื่อยไม้ยางพารา เส้นใยเห็ดเริ่มเดินและเจริญเต็มก้อนใกล้เคียงกัน โดยเส้นในเดินเต็มก้อนภายใน 4 สัปดาห์ทั้งคู่

และจากการเก็บข้อมูลผลผลิตเห็ดลมจากการเพาะเห็ดจากกิ่งไม้หั่นย่อยกับขี้เลื่อยไม้ยางพารา (Table 3) พบว่า การเพาะเห็ดแบบก้อนยาวให้ปริมาณผลผลิต 434.65 และ 485.47 g bag^{-1} ตามลำดับ มีประสิทธิภาพทางชีววิทยา 46.45 และ 50.18 % ตามลำดับ และการเพาะเห็ดแบบก้อนสั้นให้ปริมาณผลผลิต 67.85 และ 74.09 g bag^{-1} ตามลำดับ มีประสิทธิภาพทางชีววิทยา 17.72 และ 17.90 % ตามลำดับ ใช้ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 8 สัปดาห์เท่ากันทั้งหมด

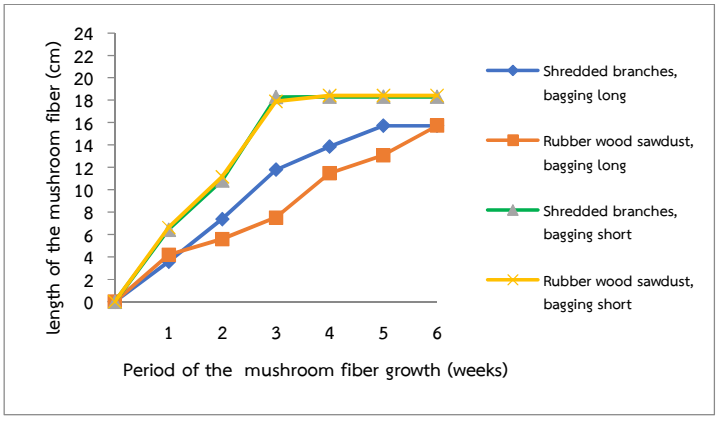


Figure 3 The growth of the mushroom fibers

Table 3. Product of mushroom cultivation

Material	Shape of bagging	Productivity of mushroom (g)	Harvest time (week)	Biological Efficiency (%)
Shredded branches	Bagging long	434.65	8	46.45
	Bagging short	67.85	8	17.72
Rubber wood sawdust	Bagging long	485.47	8	50.18
	Bagging short	74.09	8	17.90

7. จากการเก็บข้อมูลต้นทุนในการเพาะเห็ดจากกิ่งไม้หั่นย่อยและขี้เลื่อยยางพารา พบว่า ต้นทุนในการเพาะเห็ดแบบก้อนยาวมีราคา 10.64 และ 12.40 บาทต่อก้อน ตามลำดับ และต้นทุนในการเพาะเห็ดแบบก้อนสั้นมีราคา 4.04 และ 4.64 บาทต่อก้อน ตามลำดับ ซึ่งในการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวและก้อนสั้นจากกิ่งไม้หั่นย่อย ต้นทุนลดลง 14.19 และ 12.93 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับขี้เลื่อยไม้ยางพารา

8. จากวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ ทำโดยการหาจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องอัดแบบเกลียวเพื่อผลิตวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย หาได้จาก

$$\text{รายจ่าย} = \text{รายได้} \quad (7)$$

โดย รายจ่าย = ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนแปรผัน

= ค่าเครื่องต้นแบบ + (ต้นทุนในการเพาะเห็ดต่อก้อน x จำนวนก้อนเพาะเห็ด)

รายได้ = ราคาขายก้อนเพาะเห็ดต่อก้อน x จำนวนก้อนเพาะเห็ด

เมื่อ - เครื่องต้นแบบ มีราคาประมาณ 75,000 บาท

- ต้นทุนในการเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย = ค่าวัสดุ + ค่าแรง + ค่าไฟฟ้า

= 5.02 + 5.60 + 0.02

= 10.64 บาทต่อก้อน

- ราคาขายก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย มีราคาประมาณ 16.00 บาทต่อก้อน (โดยคิดราคาเป็น 2 เท่าของก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนสั้น ที่มีจำน่ายในท้องตลาด ซึ่งมีราคา 8 บาทต่อก้อน)

การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (โดยแทนค่าลงในสมการที่ 7)

75,000 + (10.64 x จำนวนก้อนเพาะเห็ด) = (16.00 x จำนวนก้อนเพาะเห็ด)

จำนวนก้อนเพาะเห็ด = (75,000)/(16.00-10.64) = 13,992.54 ก้อน

ดังนั้น จุดคุ้มทุนของเครื่องต้นแบบ อยู่ที่ 13,9923 ก้อน

แสดงว่าจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 13,993 ก้อน ซึ่งเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 75,000 บาท มีความสามารถในการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย 213.84 ก้อนต่อชม. และใน 1 วัน ถ้าทำงาน 7 ชม. จะอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวได้ 1,497 ก้อนต่อวัน ดังนั้นจะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 10 วัน ส่วนที่เหลือเป็นผลกำไรที่ตามมา

สรุป

การเพาะเห็ดในถุงพลาสติกซึ่งมีขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นวัสดุหลัก ปัจจุบันมีราคาเพิ่มขึ้น 20 - 30 % ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ประกอบกับเทคโนโลยีใหม่ในการเพาะเห็ดแบบก้อนยาวที่ช่วยเพิ่มผลผลิตเห็ด โดยงานวิจัยนี้ได้เริ่มทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานของเครื่องหั่นย่อยซากกิ่งไม้ผล พบว่า มีความสามารถในการหั่นย่อยเฉลี่ย 230.98 kg h^{-1} และอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.69 l h^{-1} แล้วทดสอบการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวด้วยการใช้แรงงานคนจากกิ่งไม้หั่นย่อย พบว่า มีความสามารถในการอัดก้อนเฉลี่ย 14.82 bag h^{-1} และทดสอบการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวด้วยเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว พบว่า มีเศษวัสดุเพาะเห็ดจะอัดติดแน่นตรงปลายท่อที่บีบเรียวลงทำให้เครื่องไม่สามารถอัดวัสดุเพาะเห็ดได้ จึงออกแบบเครื่องอัดแบบเกลียวเพื่อผลิตวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย ซึ่งประกอบด้วย 7 ส่วนหลักคือ 1)โครงสร้างส่วนฐาน 2)ท่อเกลียวอัด 3)เพลาเกลียวอัด 4)ชุดกระบอกอัด 5)ช่องป้อน 6)ชุดต้นกำลัง และ 7)ระบบควบคุมการทำงาน แล้วทดสอบการอัดก้อนเพาะเห็ดจากกิ่งไม้หั่นย่อยกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่ผสมแล้ว พบว่า เครื่องต้นแบบสามารถอัดก้อนเพาะเห็ดได้ดี มีความสามารถในการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวเฉลี่ย 213.84 และ 203.96 bag h^{-1} ตามลำดับ และมีความสามารถในการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนสั้น 310.13 และ 302.03 bag h^{-1} ซึ่งเครื่องต้นแบบมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่า 80 % และมีความสามารถในการอัดก้อนสูงกว่า 14 เท่า เมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคน จากนั้นทดสอบการเพาะเห็ด พบว่า

เส้นใยเห็ดสามารถเดินและเจริญเต็มก้อนใกล้เคียงกันเมื่อเปรียบเทียบจากวัสดุเพาะเห็ด และการเพาะเห็ดแบบก้อนยาวให้ปริมาณผลผลิตและประสิทธิภาพทางชีววิทยาสูงกว่าการเพาะเห็ดแบบก้อนสั้น นั้นหมายความว่ากิ่งไม้หั่นย่อยสามารถใช้ทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการเพาะเห็ดได้ ในส่วนต้นทุนการเพาะเห็ด พบว่า ต้นทุนในการเพาะเห็ดแบบก้อนยาวมีราคา 10.64 และ 12.40 บาทต่อก้อน ตามลำดับ และต้นทุนในการเพาะเห็ดแบบก้อนสั้นมีราคา 4.04 และ 4.64 บาทต่อก้อน ตามลำดับ ซึ่งต้นทุนการเพาะเห็ดจากกิ่งไม้หั่นย่อยลดลงมากกว่า 10 % เมื่อเปรียบเทียบกับขี้เลื่อยไม้ยางพารา และมีจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องอยู่ 13,993 ก้อน ซึ่งเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 75,000 บาท มีความสามารถในการอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย 213.84 bag h^{-1} และใน 1 วัน ถ้าทำงาน 7 ชม. จะสามารถอัดก้อนเพาะเห็ดแบบก้อนยาวได้ 1,497 ก้อนต่อวัน ดังนั้นจะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 10 วัน ส่วนที่เหลือเป็นผลกำไรที่ตามมา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โครงการวิจัยและพัฒนาการเกษตรกรรมที่สูงของมูลนิธิชัยพัฒนา อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบเครื่องอัดแบบเกลียวเพื่อผลิตวัสดุเพาะเห็ดแบบก้อนยาวจากกิ่งไม้หั่นย่อย รวมถึงการทดสอบเพาะเห็ดและเก็บข้อมูลการเจริญเส้นใยเห็ดและผลผลิตเห็ด

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อ.เมือง จ.เชียงราย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลการเจริญเส้นใยเห็ดและผลผลิตเห็ด

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ นักผูก. 2561. การศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว. รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 ประจำปี 2561, 238-244. 26-27 เมษายน 2561, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,หัวหิน,ประจวบคีรีขันต์.

จารุวัฒน์ มงคลธนทรรศ. 2540. เครื่องหั่นย่อยซากกิ่งไม้ผล. หนังสือ 36 ปีเครื่องจักรกลเกษตร สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, 165.

นันทินี ศรีจุมปา. 2548. การใช้ไมยราบยักษ์ในการเพาะเห็ด. จดหมายข่าวผลิใบ 8, 4.

นิรนาม. 2559. กระทรวงมหาดไทย. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : www.thaigov.go.th., 23 มีนาคม 2559

อัญชลี จาละ. 2557. การใช้ใบไม้และกิ่งไม้หมักเป็นส่วนผสมของขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการเพาะเห็ดนางรมภูฏาน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 22, 501-506.

Zhang Guangya. 2559. เทคโนโลยีการผลิตเห็ดของสาธารณรัฐประชาชนจีน. เอกสารประกอบโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ “โครงการความร่วมมือระหว่างมูลนิธิชัยพัฒนา – สาธารณรัฐประชาชนจีน ณ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาการเกษตรบนพื้นที่สูง อ.ฝาง จ.เชียงใหม่”, 25-29 เมษายน 2559.