

การประยุกต์ปุ๋ยหมักเพื่อเป็นอาหารเสริมต่อการเพาะเห็ดฟาง: การลดของเสียทาง
การเกษตรด้วยวิธีการหมักปุ๋ย และการเพิ่มมูลค่าผลผลิตด้วยการเพาะเห็ด
Compost Application as a Supplement on Straw Mushroom Cultivation:
Agricultural Waste Reduction with Composting Technique and Value
Adding by Mushroom Cultivation

นัทธีรา สรรมณี¹ ปราบธนา เพือกวิไล² กมลชนก พานิชการ³ สิริประภัสสร ระย้าย้อย⁴
ศศิธร สายแก้ว⁴ ไพศาล เอื้อสินทรัพย์⁴ และ กาญจนา สุราภา^{4*}

*Natdhera Sanmanee¹, Prattana Phuekvilai², Kamolchanok Panishkan³,
Siriprapha Rayayoi⁴, Sasithorn Saikaew⁴, Phaisan Aueasinsap⁴
and Kanchana Surapa^{4*}*

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จ. นครปฐม 73000

¹Department of Environmental Science, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000, Thailand

²ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จ. นครปฐม 73000

²Department of Biology, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakorn Pathom 73000, Thailand

³ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จ. นครปฐม 73000

³Department of Statistics, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakorn Pathom 73000, Thailand

⁴คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จ. ราชบุรี 70150

⁴ Faculty of Science and Technology, Muban Chombueng Rajabhat University, Ratchaburi 70150, Thailand

*Corresponding author: E-mail: surapa2416@hotmail.com

(Received: August 14, 2019; Accepted: December 18, 2019)

Abstract: Cow compost was selected as a supplement to enhance straw mushroom production. Only composts at day 35 and 63, their characteristics were passed the standard of Department of Agriculture and selected as a supplement for straw mushroom cultivation with two different substrates, rice straw and old mushroom planting material (OMPM). The results showed that when using rice straw as a main planting material, composts helped significantly increasing weight of straw mushroom than the control ($P<0.05$) with no different of the compost age ($P>0.05$) while for OMPM, there was no significant difference in all treatments ($P>0.05$). However, using the compost from day 63, the composite numbers of medium and large sizes of straw mushroom with OMPM as a growth material was greatest, 90.47%. As a result, compost at day 63 was selected as a supplement for straw mushroom cultivation together with OMPM. The implementation of this research in the field was done with a group of agriculturists at Tumpon Don Phutsa subdistrict,

Nakhon Pathom province. Not only the mushroom product could be both sell and consumable but also the cultivation helped reducing the cost to dispose OMPM which increasing direct/indirect household income.

Keywords: Compost, straw mushroom, old mushroom cubes, agricultural waste

บทคัดย่อ: ปุ๋ยหมักมูลวัวถูกนำมาเป็นอาหารเสริมเพื่อเพิ่มผลผลิตเห็ดฟาง พบว่ามีเพียงปุ๋ยหมักในวันที่ 35 และ 63 ที่คุณสมบัติผ่านมาตรฐานกรมวิชาการเกษตร เมื่อนำไปทดสอบกับวัสดุปลูกที่แตกต่างกันสองชนิด คือ ฟางข้าว และ ก้อนเห็ดเก่า ปุ๋ยหมักช่วยเพิ่มน้ำหนักของเห็ดฟางมากกว่าชุดควบคุมเมื่อเพาะด้วยฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยไม่มีความแตกต่างของอายุปุ๋ยหมัก ($P > 0.05$) ในขณะที่ก้อนเห็ดเก่าไม่มีความแตกต่างกันทุกชุดทดสอบ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามปุ๋ยหมักอายุ 63 วัน เมื่อเพาะด้วยก้อนเห็ดเก่ามีผลรวมของจำนวนดอกขนาดกลางและขนาดใหญ่มากที่สุดถึงร้อยละ 90.47 เป็นผลให้ปุ๋ยหมักวันที่ 63 ถูกเลือกเป็นอาหารเสริมสำหรับการเพาะเห็ดฟางร่วมกับวัสดุปลูกจากก้อนเห็ดเก่าดังกล่าว การดำเนินการนี้ในภาคสนามนั้น ได้ทำร่วมกับกลุ่มเกษตรกรที่ตำบลดอนพุทรา จังหวัดนครปฐม ไม่เพียงแต่ผลผลิตเห็ดฟาง ที่สามารถขาย และบริโภคได้ แต่ยังช่วยลดภาระการกำจัดก้อนเห็ดเก่าซึ่งเป็นการเพิ่มรายได้ของครัวเรือนทั้งโดยตรง และโดยอ้อม

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมัก เห็ดฟาง ก้อนเห็ดเก่า ของเสียทางการเกษตร

คำนำ

ปัญหาของเกษตรกรส่วนใหญ่ มาจากการปรับปรุงคุณภาพดินและการจัดการของเสียที่เกิดจากการเกษตร โดยเฉพาะบริเวณสถานที่วิจัยของเครือข่ายตั้งอยู่บริเวณภาคกลางตอนล่าง มีประเด็นศึกษาที่สำคัญของท้องที่ทางการเกษตรในจังหวัดนครปฐมและจังหวัดใกล้เคียงจากปัญหาการจัดการของเสียทางการเกษตร ซึ่งของเสียทางการเกษตรเหล่านี้สามารถนำมาทำให้เกิดประโยชน์ได้ในรูปปุ๋ยหมัก (Supapron and Prinya, 2015, Ratchakorn, 2015) ที่นอกจากจะลดปัญหาค่าใช้จ่ายในการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แล้วยังช่วยเพิ่มมูลค่าในการนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพดินได้อีกด้วย

การศึกษาเบื้องต้นพบว่าปุ๋ยหมักสามารถนำมาใช้เป็นอาหารเสริมในการเพาะเห็ดฟาง (Sutthichai, 2010) (*Volvariella volvacea*) ได้เนื่องจากมีอินทรีย์วัตถุที่เป็นอาหารของเห็ด ส่งเสริม

การเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด จึงควรนำมาหมักเป็นปุ๋ยก่อนใช้กลุ่มผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำปุ๋ยหมักมาใช้ในการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟาง (Nootjaree *et al.*, 2018) ซึ่งจากการทดสอบเบื้องต้นของกลุ่มผู้วิจัยร่วมกับฟาร์มเพาะเห็ดของ น.ส.รัชชา โอจารุทิพย์ พบว่าสูตรปุ๋ยหมัก 3 สูตร ได้แก่ ปุ๋ยหมักมูลหมู มูลไก่ และมูลวัว (Ocharutip, 2014) คงมีเพียงปุ๋ยหมักมูลวัวที่ได้จากการศึกษานี้ที่เป็นเพียงสูตรจำเพาะสำหรับการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟาง กลุ่มผู้วิจัยได้นำองค์ความรู้ใหม่ที่ได้ถ่ายทอดแก่กลุ่มเกษตรกร โดยเลือกกลุ่มพื้นที่เป้าหมายใกล้เคียงกับสถานศึกษา ได้แก่ กลุ่มเกษตรกรผสมผสานดอนพุทรา อ.ดอนตูม จ. นครปฐม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียทางการเกษตรด้วยวิธีการหมักปุ๋ย และการเพิ่มมูลค่าผลผลิตด้วยการเพาะเห็ดตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงนี้ที่เป็นการผสมผสานความรู้จากสถาบันการศึกษาต่อการนำไปใช้ประโยชน์ของท้องที่โดยตรง

อุปกรณ์และวิธีการ

โครงการวิจัยนี้แบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และส่วนการทดสอบและถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ท้องที่ โดยเลือกการเพาะเห็ดฟางซึ่งมีมูลค่าการจำหน่ายในท้องตลาดค่อนข้างสูงกว่าเห็ดภูฐานหรือเห็ดนางฟ้ามาใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้ โดยปุ๋ยหมักที่นำมาศึกษาเป็นปุ๋ยหมักที่ผลิตขึ้นเองจากตำบลดอนพุทรา อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม ทำการตรวจวิเคราะห์และศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักด้วยห้องปฏิบัติการของสถานศึกษาแล้วนำปุ๋ยหมักคัดเลือกระยะ และคุณภาพแล้วไปทดลองปลูกเป็นอาหารเสริมให้กับเห็ดฟาง โดยทำการตรวจติดตามการเจริญเติบโตและคุณภาพของเห็ด จำนวนดอกเห็ด และน้ำหนักของผลผลิต เมื่อเทียบกับวิธีการเดิมโดยมีการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีในเรื่องการหมักปุ๋ยและการทำปุ๋ยหมัก และร่วมปฏิบัติการเพาะเห็ดกับชุมชนในท้องที่

การจัดทำปุ๋ยหมัก

สูตรปุ๋ยหมักที่ดำเนินการในโครงการนี้เป็นสูตรที่ปรับปรุงมาจากศูนย์การเรียนรู้ชุมชนบ้านหัวอ่าว ต. บางช้าง อ. สามพราน จ. นครปฐม ซึ่งเป็นศูนย์ที่ได้รับการรับรองให้เป็นฐานการเรียนรู้ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพของกรมพัฒนาที่ดิน มีสัดส่วนองค์ประกอบต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นของแห้ง กับส่วนที่เป็นน้ำหมัก โดยมีสัดส่วนดังนี้ สำหรับของแห้งได้แก่ มูลวัว รำละเอียด กระดุก วัวป่น มูลค่างควา ธาตุอาหารรอง (Mg, Ca และ Fe) โคลไมท์ และผักสดสับ คิดเป็นร้อยละ 75.0, 0.90, 1.50, 0.60, 0.60, 0.30 และ 7.32 และส่วนที่เป็นน้ำหมักที่ประกอบด้วย ปลาน้ำจืด (เศษปลาสด)

กากน้ำตาล สับปะรด รำละเอียด และสารเร่ง พด.2 คิดเป็นร้อยละ 8.98, 2.99, 0.30, 1.50 และ 0.01 ทำการคลุกเคล้าส่วนที่เป็นของแห้งให้เข้ากันก่อน จากนั้นรดด้วยน้ำหมักโดยพรมน้ำเพิ่มให้ชุ่ม หลังคลุกเคล้าแล้วต้องมีระดับความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 40-60 เพื่อให้การทำงานของจุลินทรีย์เป็นไปอย่างทั่วถึง (USDA, 2001) หลังจากคลุกเคล้ากันดีแล้ว แบ่งใส่ถุงที่มีรูพรุนขนาดพอที่อากาศผ่านเข้าออกได้ ถุงละ 25 กิโลกรัม เก็บไว้ในที่ร่มในที่ที่อากาศถ่ายเทได้ดี ทำการพลิกกลับถุงปุ๋ยทุกวันในช่วง 7 วันแรก และทุก 3 วันในสัปดาห์ถัด ๆ ไป เพื่อให้อากาศผ่านเข้าออกและเกิดการย่อยสลายได้ดี เก็บตัวอย่างปุ๋ยตลอดระยะเวลาการหมักวันที่ 0, 3, 14, 28, 35, และ 63 นำไปวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีเพื่อติดตามกระบวนการหมักและการเลือกปุ๋ยหมักเพื่อนำไปใช้ต่อการเพาะเห็ดของเกษตรกร โดยมีการพลิกกลับถุงปุ๋ยไป-มา ก่อนตักปุ๋ยบริเวณกลางถุง ถุงละ 200 กรัม นำมารวมกันให้ได้น้ำหนักรวมประมาณ 2 กิโลกรัม จากนั้นนำปุ๋ยที่ได้ไปตากให้แห้ง (air dry) ในห้องปฏิบัติการแล้วทำการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยทางกายภาพตามมาตรฐานคุณภาพปุ๋ยหมักของ Department of Agriculture (2005) แล้วนำมาคัดแยกขนาดด้วยภาชนะร่อนมีขนาดรู 2.0 มิลลิเมตร ก่อนนำไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางเคมีอื่น ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณธาตุอาหารหลัก: ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) โดยมีวิธีวิเคราะห์ดังนี้ 1) อุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทำตามคู่มือวิเคราะห์

Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods (Sparks *et al.*, 1996) และ Part 4: Physical Methods (Dane and Topp, 2002) สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุวิเคราะห์ตามวิธีของ Sellami *et al.*, 2008) โดยนำตัวอย่างที่แห้งจากการหาค่าความชื้นมาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสด้วยเตาเผาความร้อนสูง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้นอีกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก และทำการทดลองซ้ำจนน้ำหนักตัวอย่างที่แห้งมีค่าคงที่ และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) วิเคราะห์ตาม AOAC Official Methods of Analysis (2000) ที่มีการเติมกรดซาลิซิลิก เพื่อให้ได้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

โดยผู้หมักที่กล่าวถึงข้างต้นนี้ดำเนินการหมักร่วมกับเกษตรกรเพื่อให้เกษตรกรรู้จักกระบวนการหมัก และนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่าง ๆ ข้างต้น ได้แก่ มูลสัตว์ และน้ำหมัก มาร่วมดำเนินการ แบ่งผู้หมักระหว่างสถาบันการศึกษา นำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และส่วนที่เกษตรกรนำไปหมักต่อเองในพื้นที่ ถ่ายทอดผลที่ได้จากการวิเคราะห์ให้ห้องปฏิบัติการแก่เกษตรกร ที่เกษตรกรจะได้เก็บผู้หมักที่เลือกระยะไว้เพื่อนำไปเพาะเห็ดฟางต่อไป

การเพาะเห็ดฟาง

การเพาะเห็ดฟางแบ่งเป็นการเพาะเห็ดในห้องปฏิบัติการ และการนำผลที่ได้ไปถ่ายทอดและร่วมปลูกกับเกษตรกร ในพื้นที่ โดยเลือกวัตถุดิบซึ่งเป็นของเสียทางการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว ก้อนเห็ดเก่า (จากการเพาะเห็ดนางฟ้า หรือเห็ดภูฐาน) และวัชพืชในท้องที่ ได้แก่ ผักตบชวา มาทำการปลูกเห็ดฟางแบบตะกร้า โดยตะกร้ามีขนาดบรรจุปริมาตร 0.0273 ลูกบาศก์เมตร มีความกว้างขอบบนตะกร้า

35 เซนติเมตร ก้นตะกร้า 26 เซนติเมตร และความสูงตะกร้า 30 เซนติเมตร มีสัดส่วนวัสดุเพาะต่อตะกร้าที่ปลูกเปรียบเทียบกับระหว่างการใช้ก้อนเห็ดเก่ากับฟางข้าว ดังนี้

1. ก้อนเห็ดเก่าจากการเพาะนำมาขาย หรือ ฟางข้าว (ที่แช่น้ำไว้ 1 คืน) 16 กิโลกรัม
2. ผักตบชวาสดหั่นยาว 3-4 เซนติเมตร 2 กิโลกรัม
3. แป้งข้าวเจ้า 30 กรัม
4. เชื้อเห็ดฟางอายุประมาณ 6-7 วัน (เชื้อเจริญเต็มถุง) 300 กรัม
5. ปุ๋ยหมักมูลวัวที่อายุ 35 หรือ 63 วัน 20 กรัม

นำวัสดุเพาะ (ก้อนเห็ดเก่า หรือฟางข้าว) ใส่ลงตะกร้าให้สูงจากก้นตะกร้า 2-3 นิ้ว หรือสูงจากก้นตะกร้า 2 ช่องล่างของตะกร้า กดให้แน่นพอประมาณ ให้ชิดขอบตะกร้าให้มากที่สุด (Figure 1 a) โรยผักตบชวาสับ (Figure 1 b) จากนั้นนำเชื้อเห็ดฟาง 1 ก้อน ขยี้เชื้อให้แตกออกนำไปคลุกแป้งข้าวเจ้าเพื่อเป็นอาหารระยะแรกของเชื้อเห็ดฟาง พร้อมคลุกปุ๋ยหมักมูลวัวด้วยเพื่อเป็นอาหารเสริม แบ่งเชื้อเห็ดฟางออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ เชื้อเห็ดฟาง 1 ก้อนสามารถเพาะเห็ดฟางได้ 2 ตะกร้า จากนั้นแบ่งเชื้อเห็ด 1 ส่วนใหญ่ ออกอีกเป็น 3 ส่วนย่อย (Figure 1 c) แล้วนำเชื้อ 1 ส่วนย่อยไปโรยทับผักตบชวาที่เตรียมไว้ในตะกร้าใน Figure 1 เป็นอันว่าทำขั้นที่ 1 สำเร็จ โดยแต่ละตะกร้าจะทำแบบนี้ 3 ชั้น ผิวหน้าและรอยก้อนเห็ดเก่าที่ละเอียดหรือฟางข้าวทับผิวหน้าบาง ๆ ประมาณ 1 เซนติเมตร (Figure 1 d) วางบนอิฐบล็อก แล้วคลุมด้วยกระโจมพลาสติก (Figure 1 e) บ่มเส้นใยเห็ดไว้เป็นเวลา 4-7 วัน ควบคุมภายในกระโจมหรือโรงเรือนให้อยู่ในระดับ

37-40 องศาเซลเซียส โดยมีเทอร์โมมิเตอร์แขวนไว้ภายในหากอุณหภูมิสูงเกินไปให้เปิดช่องลมระบาย

อากาศ หรือใช้วัสดุพรางแสงคลุม หรือรดน้ำรอบกระโจมเพื่อลดอุณหภูมิ



Figure 1. Processing of straw mushroom cultivation in a basket

a) Bedding first layer with rice straw material or old mushroom substrates

b) Topping second layer with water hyacinth

c) Having third layer with 1/3 of inoculated straw mushroom mixed with rice flour and cow manure compost

d) Repeating step a to c for 3 time

e) Putting the baskets on brick blocks and covering with a plastic sheet to maintain the temperature

ระหว่างวันที่ 5-8 ต้องควบคุมอุณหภูมิภายในให้อยู่ระหว่าง 28-32 องศาเซลเซียส ในช่วงวันที่ 6-7 จะมีการรวมตัวของเส้นใยเมื่อเป็นดอกเล็กๆ จำนวนมาก ห้ามเปิดพลาสติกบ่อยครั้งเพราะจะทำให้ดอกเหี่ยวได้ เมื่ออายุ 8-10 วัน จะเริ่มมีเห็ดฟางที่เก็บเกี่ยวได้ เห็ดฟางในตะกร้า 1 รุ่น สามารถเก็บเกี่ยวได้ประมาณ 2-6 ครั้ง ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่างเช่น การดูแลรักษา วัสดุที่ใช้เพาะ และฤดูกาล ตัดใยหลังการเพาะเห็ดประมาณ 4-5 วัน จะสังเกตเห็นตะกร้าเห็ด มีเส้นใยเห็ดเป็นปุยสีขาวเจริญคลุมทั่ววัสดุเพาะทำการตัดใยโดยใช้ฝักบัวรดน้ำให้ชุ่ม และทำการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่วางตะกร้าเห็ดให้เหลือประมาณ 28-32 องศาเซลเซียส เพื่อกระตุ้นการสร้างตุ่มดอก โดยการเปิดผ้าพลาสติก

ออกประมาณ 5-10 นาที แล้วปิดลงตามเดิม เสร็จแล้วคลุมผ้าพลาสติกไว้ตามเดิม

การเก็บเกี่ยวผลผลิตเห็ดฟาง

ดอกเห็ดที่ขึ้นเป็นกระจุก ทยอยเก็บขึ้นทั้งกระจุกโดยพยายามอย่าให้เส้นใยกระทบกระเทือน หลังจากเก็บดอกเห็ดมาแล้วให้ตัดแต่งเอาเศษฟาง หรือเศษขี้เลื่อยออก ทำการแยกขนาดดอกเป็นขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ โดยการใช้เวอร์เนียร์วัดขนาด นับจำนวน ชั่งน้ำหนักดอกเห็ดเปียกแล้วนำไปอบหาน้ำหนักแห้ง

ผลการศึกษา

คุณลักษณะของปุ๋ยหมัก

คุณลักษณะของปุ๋ยหมักเชิงคุณภาพ ประเมินจากคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการ

นำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณธาตุอาหารหลัก: ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน โดยปุ๋ยหมักที่ศึกษานี้เป็นตัวอย่างที่แบ่งมาจากการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่กลุ่มเกษตรกรผสมผสานดอนพุทรา มีรายละเอียดดังนี้

จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพบว่าปุ๋ยหมัก สามารถแบ่งตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ได้เป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะเริ่มผสม วันที่ 0 (initial stage) ระยะอุณหภูมิสูง วันที่ 1-27 (thermophilic stage) และระยะที่ปุ๋ยเจริญเต็มที่ตั้งแต่วันที่ 28 เป็นต้นไป (mature stage) ดัง Figure 2 โดยเมื่อเริ่มหมัก วันที่ 0 มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิภายนอก คือ 29.5 องศาเซลเซียส จากนั้นในวันที่ 1 อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นถึง 51.4 องศาเซลเซียส จากกระบวนการย่อย

สลายของจุลินทรีย์ ในระยะแรกนี้ปุ๋ยหมักมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 57.9 ดัง Table1 จากนั้นอุณหภูมิจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 3 เหลือ 35.3 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับความชื้นที่ค่อยๆ ลดลงจากการระเหยของน้ำ จนกระทั่งอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกในวันที่ 28 มีอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิภายนอกในวันดังกล่าวมีค่า 29 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาความชื้นพบว่าตั้งแต่วันที่ 35 เป็นต้นไปความชื้นจึงจะลดต่ำกว่าร้อยละ 35 และผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ปุ๋ยหมักจึงจะเหมาะต่อการนำไปเพื่อการใช้ทางการเกษตร โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงมาตรฐาน ตลอดระยะเวลาการหมักมีค่า 7.83-8.32 และ 2.21-3.48 ตามลำดับ

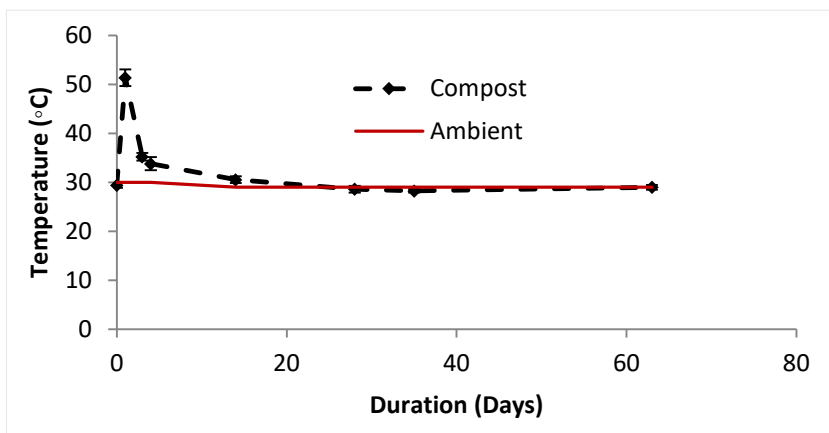


Figure 2. Temperature change during fermenting period

สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยหมักมีค่าค่อนข้างสูงโดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 48.52-58.68 ซึ่งมากกว่าที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน โดยกระบวนการหมักทำให้เกิดการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุด้วยจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนรูปอินทรีย์วัตถุให้อยู่ในFigureเสถียรมากขึ้น ขณะที่บางส่วนถูก

ปลดปล่อยออกไปในรูปแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้อินทรีย์วัตถุมีปริมาณลดต่ำลง ดัง Table1 โดยเมื่อปุ๋ยหมักอยู่ในระยะที่พร้อมนำไปใช้ได้และมีปริมาณสารอินทรีย์ที่เพียงพอต่อการปรับปรุงคุณภาพดิน ต้องมีค่าอินทรีย์วัตถุไม่น้อยกว่าร้อยละ 30

ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ล้วนมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดให้มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 1, 0.5 และ 0.5 ตามลำดับ โดยตลอดกระบวนการหมักนั้นมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 1.29-1.82, 1.39-5.65 และ 6.99-8.53 ตามลำดับ

จะมีค่าค่อนข้างสูงจากนั้นจะค่อยๆ ลดต่ำลงจากกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ โดยปุ๋ยอินทรีย์ต้องมีอัตราส่วนน้อยกว่า 20: 1 ปุ๋ยอินทรีย์จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้ ซึ่งพบว่าปุ๋ยหมักตั้งแต่วันที่ 35 เป็นต้นไปมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรดังกล่าว

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนบ่งบอกถึงกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ที่เมื่อตั้งต้น

Table 1. Average moisture content (%), pH, conductivity, organic matter content (OM) (%), and major nutrients content (%): nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) including carbon/nitrogen ratio (C/N)

Compost period (days)	Moisture content (%)	pH	Electrical conductivity (dS/m)	OM (%)	N (%)	P (%)	K (%)	C/N
0	57.9 ± 1.9	7.83 ± 0.07	2.21 ± 0.01	58.68 ± 2.76	1.29 ± 0.02	3.12 ± 1.93	6.99 ± 0.62	26.4
3	52.1 ± 1.2	8.32 ± 0.03	2.40 ± 0.06	56.63 ± 1.70	1.45 ± 0.02	2.17 ± 0.34	7.02 ± 0.22	22.7
14	44.4 ± 1.5	8.25 ± 0.04	2.85 ± 0.06	51.26 ± 3.51	1.53 ± 0.02	1.39 ± 0.28	8.53 ± 0.37	19.4
28	40.7 ± 8.7	8.13 ± 0.03	3.10 ± 0.03	58.15 ± 8.28	1.65 ± 0.04	2.79 ± 1.30	8.48 ± 0.23	20.4
35	32.8 ± 2.1	8.07 ± 0.036	3.24 ± 0.09	51.98 ± 1.07	1.82 ± 0.02	5.65 ± 2.32	8.21 ± 0.29	16.6
63	15.8 ± 0.8	7.88 ± 0.07	3.48 ± 0.04	48.42 ± 3.02	1.58 ± 0.03	4.26 ± 0.53	8.06 ± 0.19	17.8
Compost Standard	< 35%	5.5-8.5	≤ 6	≥ 30	≥ 1	≥ 0.5	≥ 0.5	≤ 20

Note: Standard after Department of Agriculture (2005); mean ± SD

การประเมินประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักต่อการเพาะเห็ด

การประเมินประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักต่อการเพาะเห็ดนั้น ดำเนินการโดยนำปุ๋ยหมักที่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ ปุ๋ยหมักวันที่ 35 และวันที่ 63 มาปลูกทดสอบกับการเพาะเห็ดฟางแบบตะกร้า โดยแบ่งเป็น การเพาะแบบใช้เชื้อเลี้ยงจากก้อนเห็ดเก่าเปรียบเทียบกับการใช้ฟางข้าว และมีสัดส่วนของอาหารเสริมอื่น ๆ เช่น แป้ง และผักตบชวาที่เหมือนกัน พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักมีประสิทธิภาพใน

การเพิ่มน้ำหนักผลผลิตสำหรับฟางข้าวต่อตะกร้ามากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (Figure 3) ขณะที่การเพาะด้วยก้อนเห็ดเก่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาขนาดของผลผลิตในตารางที่ 2 พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักวันที่ 63 กับก้อนเห็ดเก่าเป็นวัสดุปลูก มีแนวโน้มให้ผลผลิตที่มีดอกขนาดกลางและขนาดใหญ่ถึงร้อยละ 90.47 ของผลผลิตทั้งหมดซึ่งสูงที่สุด ขณะที่การใช้ปุ๋ยหมักวันที่ 35 ให้ผลผลิตรองลงมาเพียงร้อยละ 79.03 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากธาตุอาหารที่ได้จากการย่อยสลายปุ๋ยหมักที่เมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นให้ธาตุอาหารในรูปแบบที่พร้อมใช้งานได้มากกว่าร่วมกับอาหารที่มาจากเชื้อเลี้ยงจากก้อนเห็ดเก่าที่นุ่มยุ่ยทำให้ช่วยเพิ่มผลผลิตได้มากกว่า ขณะที่การทดสอบอื่น ๆ โดย

ฟางข้าวมีขนาดดอกเล็กลงกว่านี้รวมถึงปริมาณผลผลิตก็ได้น้อยกว่า สามารถเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจำนวนผลผลิตสำหรับวัสดุปลูกทั้ง 2 ชนิดจาก Figure3 ได้ดังนี้ วันที่ 63 > วันที่ 35 > ชุดควบคุม ดังนั้นสรุปได้ว่าเชื้อเลี้ยงจากก้อนเห็ดเก่าซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ในท้องที่ร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมักวันที่ 63 เป็นอาหารเสริมจึงมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Figure4 a) กลุ่มผู้วิจัยจึงได้นำสูตรการเพาะเห็ดตะกร้าโดยใช้เชื้อเลี้ยงจากก้อนเห็ดเก่าที่มีปุ๋ยหมักวันที่ 63 เป็นอาหารเสริม เป็นสูตรที่นำไปใช้ถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่กลุ่มเกษตรกรผสมผสานดอนพุทรา ต.ดอนพุทรา อ.ดอนตูม จ. นครปฐม มีผลผลิตที่ถ่ายรูปแบบจากเรือนเพาะของเกษตรกรดัง Figure4 b

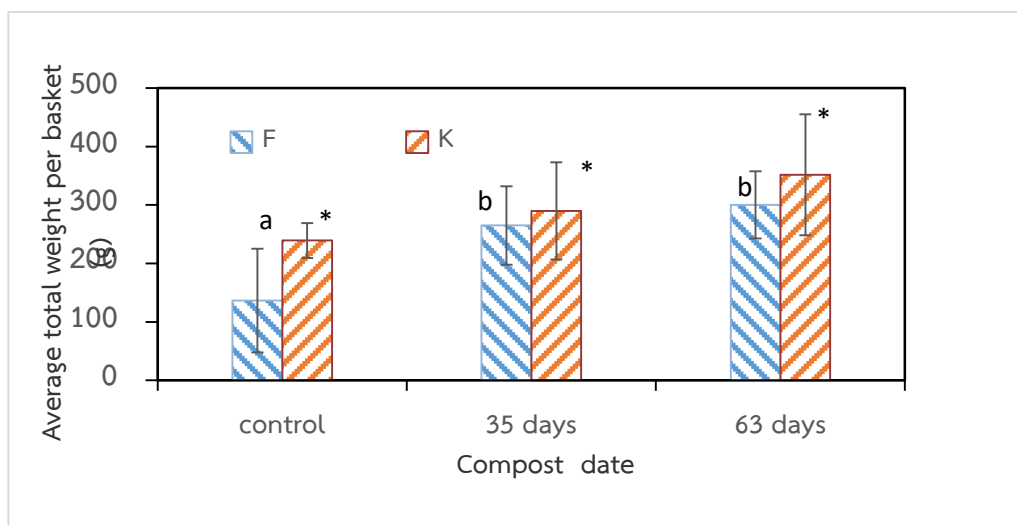


Figure 3. Average weight of straw mushroom production per basket;

: F = Cultivating on rice straw material

: K = Cultivating on old mushroom material

: Note: The letters a and b are significantly different, $P<0.05$

: The same * shows no statistical different, $P>0.05$.

Table 2. Straw mushroom numbers vary in sizes (%)

Treatments	Straw mushroom numbers (%)		
	Small	Medium	Large
	1.5-2.5 x 1.5-2.5 cm ²	2.6-3.0 x 2.6-4.0 cm ²	> 3.0 x > 4.0 cm ²
Control F	23.53	41.17	35.30
F 35 day	45.45	15.15	39.40
F 63 day	34.89	53.49	11.62
Control K	43.19	34.09	22.72
K 35 day	20.97	45.17	33.86
K 63 day	9.53	50.00	40.47

Note: Selected size according to the diameter x length; F = Rice straw and K = Old mushroom materials



Figure 4. Workshop of straw mushroom cultivation in a basket to agricultural members of Don Phutsa: a) Demonstrating of how to make a straw mushroom cultivation in a basket and b) The products of straw mushroom achieved by agriculturists of Don Phutsa

อภิปรายผล

การลดของเสียทางการเกษตรด้วยวิธีการหมักปุ๋ย เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาการจัดการของเสีย และสิ่งเหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถนำมาเพิ่มมูลค่าได้ ปุ๋ยหมักที่ได้นอกจากจะนำมาใช้ปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชแล้วยังสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าด้วยการนำไปทำเป็นอาหารเสริมเพาะเห็ดฟางได้อีกด้วย สำหรับปัญหาของกลุ่มเกษตรกรผสมผสานดอนพุทรา ซึ่งเป็นกลุ่มที่มี

การเกษตรหลากหลายทั้งการปลูกพืชสวน และพืชไร่ รวมถึงในท้องที่มีการเพาะเห็ดหลายชนิด ได้แก่ เห็ดนางฟ้า และเห็ดภูฐาน จึงมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ต้องการกำจัดจำนวนมาก สำหรับก้อนเห็ดเก่า เมื่อปลูกเห็ดแล้วต้องจ้างรถรับจ้างขนส่งไปทิ้ง มีค่าใช้จ่ายถึงคันรถละ 800 บาท ไม่รวมค่าแรงการเก็บ (Sakda Service Center, 2013) การนำก้อนเห็ดเก่ามาเป็นวัสดุปลูกเห็ดนอกจากจะช่วยลดต้นทุนการเพาะเห็ดแล้ว ยังช่วยลดต้นทุนการกำจัด

ก้อนเห็ดเก๋านี้ด้วย ซึ่งร้อยละ 95 ของก้อนเห็ดเก๋าสารณานำมาทำได้ด้วยวิธีนี้ นอกจากนี้ส่วนผสมที่สำคัญในลักษณะอาหารเสริมอีกอย่างหนึ่งได้แก่ ผักตบชวาสดสับ พบว่าปัญหาของผักตบชวารูกล้ำแม่น้ำลำคลองเป็นปัญหาต่อเนื่องที่จังหวัดนครปฐม (Watcharaphon Company Limited, 2019) ซึ่งทางหน่วยงานราชการต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดการทุกปี การนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์เป็นการช่วยรัฐลดภาระค่าใช้จ่าย และเป็นการนำวัชพืชมามาก่อให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์ได้อีกด้วย

เมื่อนำปุ๋ยหมักที่ใช้ในการอบรมมาดำเนินการหมักและทดสอบเชิงคุณภาพเพื่อพิจารณาในการเลือกอายุปุ๋ยหมักที่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในเชิงการเพิ่มผลผลิตพืช และการพัฒนานำไปเป็นอาหารเสริมในการเพาะเห็ดฟาง พบว่าปุ๋ยหมักที่เจริญเต็มที่มียายุพร้อมใช้งานได้อยู่ที่วันที่ 35 และ 63 โดยมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนน้อยกว่า 20 และมีปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ตลอดจนปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในมาตรฐาน Department of Agriculture (2005) เพื่อการจำหน่าย โดยเมื่อนำปุ๋ยหมักมาทดสอบกับการเพาะเห็ดฟางทั้งแบบใช้วัสดุปลูกที่เป็นฟางข้าว เปรียบเทียบกับการใช้เชื้อจากก้อนเห็ดเก๋าสาร พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยเห็ดฟางต่อตะกร้าของการใช้ปุ๋ยหมักอายุ 63 วันมีปริมาณมากกว่าวันที่ 35 และชุดควบคุม โดยการใช้เชื้อจากก้อนเห็ดเก๋ามีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ฟางข้าว จึงได้นำปุ๋ยหมักอายุ 63 วัน และเทคนิคการใช้เชื้อจากก้อนเห็ดเก๋ามาเป็นวัสดุปลูกเพื่อการสาธิตและถ่ายทอดวิธีการเพาะเห็ดพบว่าผลผลิตเห็ดที่ได้มีดอกโตน่ารับประทาน และมีปริมาณ 3-4 กิโลกรัมต่อรุ่น ต่อตะกร้า และสามารถนำไปจำหน่ายได้ และเมื่อเก็บ

ผลผลิตแล้ววัสดุปลูกนำมาผสมรวมกันเพื่อทำเป็นปุ๋ยหมักไว้ใช้ได้ต่อไปอีก

กล่าวโดยสรุป การลดของเสียทางการเกษตรเพื่อนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักนั้น ช่วยแก้ปัญหาขยะทางการเกษตรในท้องที่ลดภาระค่าใช้จ่ายของเกษตรกรในการกำจัดของเสียอย่างก้อนเห็ดเก๋าสาร ประมาณ 1,000-2,000 บาทต่อเล้า ช่วยกำจัดวัชพืช ที่เป็นปัญหาของท้องที่ ได้แก่ ผักตบชวา ลดภาระค่าใช้จ่ายของรัฐบาลในการดูแลชุดลอกลำน้ำ เพิ่มรายได้ในครัวเรือนจากการจำหน่ายเห็ดฟางที่สามารถให้ผลผลิตได้ 2-4 กิโลกรัมต่อตะกร้า จำหน่ายในราคาระหว่าง 80-100 บาทได้อีกด้วย ซึ่งการนำปุ๋ยหมักมูลวัวมาเป็นอาหารเสริมเพื่อการเพาะเห็ดฟางยังค่อนข้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่เกษตรกรสามารถ นำองค์ความรู้นี้ใช้ในท้องที่ได้ อย่างยั่งยืน เพราะนอกจากปุ๋ยหมักจะมีประโยชน์ต่อการบำรุงดินในสวนและไร่ของตนแล้ว ยังสามารถแบ่งออกมาทำประโยชน์ในการเพาะเห็ดเสริมเป็นรายได้ได้อีกด้วย

สรุป

จากการลดของเสียทางการเกษตรด้วยวิธีการหมักปุ๋ย พบว่าเมื่อดำเนินการหมักและทดสอบเชิงคุณภาพเพื่อพิจารณาในการเลือกอายุปุ๋ยหมักที่เจริญเต็มที่มียายุพร้อมใช้งานได้อยู่ที่วันที่ 35 และ 63 โดยมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนน้อยกว่า 20 และมีปริมาณธาตุอาหารหลักตลอดจนปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในมาตรฐาน เมื่อนำปุ๋ยหมักมาทดสอบการเพาะเห็ดฟางทั้งแบบใช้วัสดุปลูกที่เป็นฟางข้าว เปรียบเทียบกับการใช้เชื้อจากก้อนเห็ดเก๋าสาร พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยเห็ดฟางต่อตะกร้า

ของการใช้ปุ๋ยหมักอายุ 63 วันมีปริมาณมากกว่าวันที่ 35 และชุดควบคุม โดยการใช้เชื้อเห็ดจากก้อนเห็ดเก่าที่มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ฟางข้าว จึงได้นำปุ๋ยหมักอายุ 63 วัน และการใช้เชื้อเห็ดจากก้อนเห็ดเก่ามาเป็นวัสดุปลูก สาธิตและถ่ายทอดวิธีการเพาะเห็ดให้กับกลุ่มเกษตรกรผสมผสานดอนพุทรา

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2000. AOAC Official Methods of Analysis. 17thed. AOAC International, Gaithersburg. MD.
- Manassporn, P., T. Natsima and S. Weerasak. 2019. Accumulation of heavy metals in straw mushroom from difference substrate media. Khon Kaen Agriculture Journal. 47 (SUPPL.1) : 1711-1716. (in Thai)
- Nootharee, T., T. Artit, C. Siwadon, P. Karun, C. Piphat, T. Janjira, W. Thanakorn and L. Suman. 2018. Effects of Vermicompost on quality of paddy straw mushroom (*Volvariella Volvacea*) by short stack. King Monkut's Agriculture Journal. 36(3): 81-90. (in Thai)
- Ocharutip, R. 2014. Improvement of empty palm bunches for straw mushroom cultivation by adding compost: comparison using pig manure compost, cow manure and chicken manure. Department of Environmental Science, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakhon Pathom. 39 p. (in Thai)
- Ratchakorn, N., S. Suthep, V. Pisit and P. Tawach. 2015. Co-compost production from sewage sludge mixed with vegetable wastes and scum. Journal of Community Development and Life Quality. 3(1): 95-105.
- Sanea, R. 2012. Production of straw mushroom. Irrigated Agriculture Newsletter. 16(63): 27-36. (in Thai)
- Sellami, F., S. Hachicha, M. Chtourou, K. Medhioub and E. Ammar. 2008. Maturity assessment of composted olive mill wastes using UV spectra and humification parameters. Bioresource Technology. 99(15): 6900-6907
- Sparks, D.L., A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner. 1996. Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of America Book Series, No. 5, Soil Science Society of America, Madison. 1390 p.
- Supapron, S. and K. Prinya. 2015. The used of bamboo residues from chopstick production for mushroom

cultivation material. *In*: RMUTP
Research Journal (Special Issue): 20-
26 (in Thai)

Sutthichai, S. 2010. Effect of cultivation
substrate and supplemented
materials treated with some
microorganism and bioextracts on
production yield of straw
mushroom (*Volvariella volvacea*
(Bull. ex Fr.) Sing.) grown in plastic
basket. Thai Science and
Technology Journal. 18(2): 17-36. (in
Thai)
