ผลของสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อธาตุอาหาร

The Effect of Organic Fertilizer Formula from Sajor-caju Mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) Waste on Macronutrients

ศรีอุบล ทองประดิษฐ์ [1*] ธีระพงค์ หมวดศรี [1] และ อดุลย์สมาน สุขแก้ว [2]

Sriubol Thongpradistha [1*], Teerapong Muadsri [1] and Adulsman Sukkaew [2]

Received: 11 May 2018, Revised: 6 August 2018, Accepted: 10 June 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่มีธาตุอาหาร (N, P, K) มากที่สุดหลังการหมัก และสูตรใช้ก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งปริมาณมากที่สุดจากสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร โดยใช้ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 60, 70, 80 และ 90 ผสมกับส่วนผสมระหว่างมูลไก่และมูลวัวจำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 40, 30, 20 และ 10 ผลการวิจัยพบว่าสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่มีธาตุอาหารมากที่สุดหลังการหมัก และสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งปริมาณมากที่สุด คือ สูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 ซึ่งมีธาตุอาหาร N, P และ K เท่ากับร้อยละ 2.28, 2.63 และ 3.82 ตามลำดับ และใช้ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งร้อยละ 60 โดยจัดอยู่ในเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่ดีที่กรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดไว้

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์, ก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง, ธาตุอาหาร

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 133 หมู่ที่ 5 ตำบลทุ่งใหญ่ อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80240

[1] Department of Biotechnology, Faculty of Agro-industry, Rajamangala University of Technology Srivijaya, 133 Moo 5, Thungyai, Thungyai, Nakhon Si Thammarat 80240, Thailand.

[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถนนเทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

[2] Department of Renewable Energy Technology, Faculty of Science Technology and Agriculture, Rajabhat Yala University, 133 Municipality 3, Satang, Muang, Yala 95000, Thailand.

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): sriubol.t@rmutsv.ac.th Tel: 08 9222 0558

ABSTRACT

The objective of this research was to study five organic fertilizer formulas of the Sajor-caju mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) waste with the highest macronutrients (N, P, K) after fermentation and the highest portion of Sajor-caju mushroom waste. The five levels of Sajor-caju mushroom wastes (50%, 60%, 70%, 80% and 90%) were mixed with five levels of chicken dung and cow dung (50%, 40%, 30%, 20% and 10%). The results found that organic fertilizer formula of the Sajor-caju mushroom waste with the highest macronutrients after fermentation and the highest portion of Sajor-caju mushroom waste was the second formula which contained 2.28%, 2.63% and 3.82% of N, P, and K, respectively. 60% of Sajor-caju mushroom waste was used. Also, it is classified in the high-quality organic fertilizer due to the Department of Land Development.

Key words: organic fertilizer, sajor-caju mushroom waste, macronutrients

บทนำ

ในเขตพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก เช่น ทำนา ทำสวนยางพารา สวนปาล์ม และปลูกผักสวนครัว เป็นต้น ดังนั้นรายได้หลักของเกษตรกรขึ้นอยู่กับผลผลิตจากการทำเกษตรกรรม โดยรายได้ในแต่ละปีของครัวเรือนไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพเศรษฐกิจของประเทศและผลผลิตที่ได้ในแต่ละช่วงที่ทำการเพาะปลูก จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น เกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลง และปุ๋ยเคมีทำเกษตรกรรมมาช้านานเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตรเป็นหลัก โดยไม่คำนึงถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัญหาทางด้านการอุปโภค และบริโภคของประชากร ที่จะเกิดขึ้นในระยะยาว ซึ่งข้อดีของการใช้ปุ๋ยเคมีคือมีราคาถูก ให้ผลผลิตเร็วกว่าการใช้ปุ๋ยหมักชีวภาพ (Chiang *et al*., 2016; Jiang *et al*., 2015) อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากแหล่งวัตถุดิบเหลือทิ้งเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุน ช่วยในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม และมีความปลอดภัยกับเกษตรกร

ปัจจุบันเกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตเห็ดนางฟ้าในตำบลขุนทะเล อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช มีขยะจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่หมดอายุแล้วและก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ไม่ได้คุณภาพ เกษตรกรได้แก้ปัญหาเบื้องต้นด้วยการนำก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งไปใส่ต้นปาล์มโดยตรง ซึ่งส่วนประกอบหลักๆ ในก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง คือ ขี้เลื่อยยางพาราที่ยังคงสภาพใหม่ และไม่ย่อยสลาย สามารถใช้เป็นธาตุอาหารสำหรับต้นปาล์มได้ นอกจากนี้ยังมีผลมาจากแมลงหรือจุลินทรีย์ที่ก่อโรคที่มีอยู่ในก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง อาจจะก่อให้เกิดการระบาดในโรงเรือนเพาะดอกเห็ดใกล้เคียงหรือกับเกษตรกรที่ทำก้อนเชื้อเห็ดเพื่อจำหน่าย การย่อยสลายขี้เลื่อยจากก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งด้วยเชื้อรากลุ่ม wood-rot fungi ที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลส สามารถเปลี่ยนเป็นธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ได้โดยตรง (Onnby *et al*., 2015; Rajoka and Malik, 1997; Tejada *et al*., 2016) นอกจากนี้ยังมีโปรตีนจากเนื้อเยื่อของเห็ดที่หลงเหลืออยู่ รวมทั้งต้องเพิ่มธาตุอาหารจากมูลสัตว์ลงไปด้วยเพื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์มีคุณภาพดีมากขึ้น เช่น ปุ๋ยคอกแห้ง มูลวัว มูลไก่ สามารถนำมาใส่พืชยืนต้นได้ทุกชนิด (Raza *et al*., 2016) การนำก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งนำมาผลิต

เป็นปุ๋ยอินทรีย์นอกจากลดรายจ่ายแล้ว ยังสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่มีธาตุอาหารมากที่สุดหลังการหมัก และใช้ก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งปริมาณมากที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

นำก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งก่อนศึกษาการหมักปุ๋ยอินทรีย์ มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM), ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC), สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio), ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ในรูป P_2O_5) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (ในรูป K_2O), พีเอช (ดิน:น้ำ = 1:1) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (ดิน:น้ำ = 1:5) และปริมาณความชื้น

2. การศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

1) เตรียมส่วนผสมปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 5 สูตร ให้มีน้ำหนักรวมทั้งหมดเท่ากับ 5 กิโลกรัม โดยใช้อัตราส่วนผสมของปริมาณก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 60, 70, 80 และ 90 และส่วนผสมระหว่างมูลไก่และมูลวัวในจำนวน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 50, 40, 30, 20 และ 10 (ตารางที่ 1) คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วบรรจุลงในถังพลาสติกจำนวน 3 ถังต่อสูตรปุ๋ย

2) เติมส่วนผสมระหว่างน้ำปุ๋ยหมักชีวภาพ 1 ลิตรต่อ 100 กิโลกรัม และกากน้ำตาล 5 กิโลกรัมต่อปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม ในอัตราส่วนคงที่ในปุ๋ยอินทรีย์ทุกสูตร เคล้าให้เข้ากัน และเติมสารเร่ง พด.1 จำนวน 10 กรัมต่อปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม ที่ผ่านการเตรียมในรูปของสารละลาย ในอัตราส่วนคงที่ในปุ๋ยอินทรีย์ทุกสูตร คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วปรับความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผสมแล้วให้อยู่ในช่วงร้อยละ 60-70

3) ปิดปากถังพลาสติกที่บรรจุปุ๋ยอินทรีย์แล้วหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน พร้อมพลิกกลับกองปุ๋ยอินทรีย์ทุกๆ 7 วัน

4) วัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิทัล ยี่ห้อ ebro รุ่น TTX 100) พีเอชทุกๆ 7 วัน และเก็บตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์มาวิเคราะห์ธาตุอาหารต่างๆ (AOAC., 2000) ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ด้วยเครื่อง CNS Analyzer) ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด (ด้วยเครื่อง ICP-OES) (Tampio *et al.*, 2016) ทุกๆ 7 วัน และวัดค่าสีของปุ๋ยอินทรีย์หลังสิ้นสุดการหมักด้วยเครื่องวัดสียี่ห้อ Hunter lab รุ่น MiniScan EZ

5) นำข้อมูลธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่างๆ มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variances) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยธาตุอาหารหลังการหมักโดยวิธี Duncan's Multiple Rang Test (DMRT) (สุรพล, 2528) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารมากที่สุดหลังการหมัก และใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งปริมาณมากที่สุด (Brummer *et al.*, 2016; Innes, 2013; Meena *et al.*, 2016)

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่างๆ ที่ใช้ศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่	ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง (กิโลกรัม)	มูลไก่ (กิโลกรัม)	มูลวัว (กิโลกรัม)	สารเร่ง พด. 1 (กรัม)	น้ำปุ๋ยหมักชีวภาพ (ลิตร)	กากน้ำตาล (กิโลกรัม)
1	50	25	25	10	1	5
2	60	20	20	10	1	5
3	70	15	15	10	1	5
4	80	10	10	10	1	5
5	90	5	5	10	1	5

หมายเหตุ: อัตราส่วนสำหรับผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งก่อนนำมาศึกษาการหมักปุ๋ยอินทรีย์ พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 1.12 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ในรูป P_2O_5) เท่ากับร้อยละ 0.32 และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (ในรูป K_2O) เท่ากับร้อยละ 0.77 และมีสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

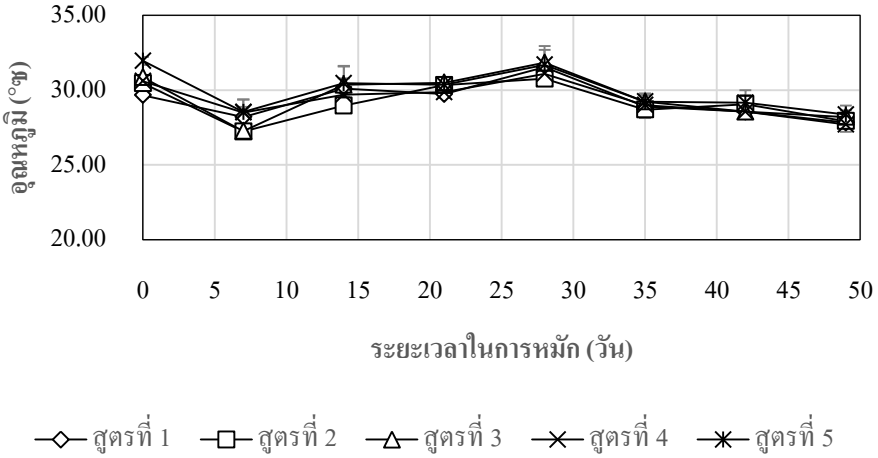
สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ	ค่า
1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM)	ร้อยละ 36.20
2) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC)	ร้อยละ 21.00
3) สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	28
4) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	ร้อยละ 1.12
5) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ในรูป P_2O_5)	ร้อยละ 0.32
6) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (ในรูป K_2O)	ร้อยละ 0.77
7) พีเอช (ดิน:น้ำ = 1:1)	8.44
8) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (ดิน:น้ำ = 1:5)	3.88
9) ปริมาณความชื้น	ร้อยละ 51.38

2. ผลการศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

จากการศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทที่มีน้ำหนักรวมทั้งหมด 5 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 49 วัน แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ พีเอช และวิเคราะห์ธาตุอาหารต่างๆ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด ทุกๆ 7 วัน เพื่อคัดเลือกสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารมากที่สุดหลังการหมัก และใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งปริมาณมากที่สุด ได้ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

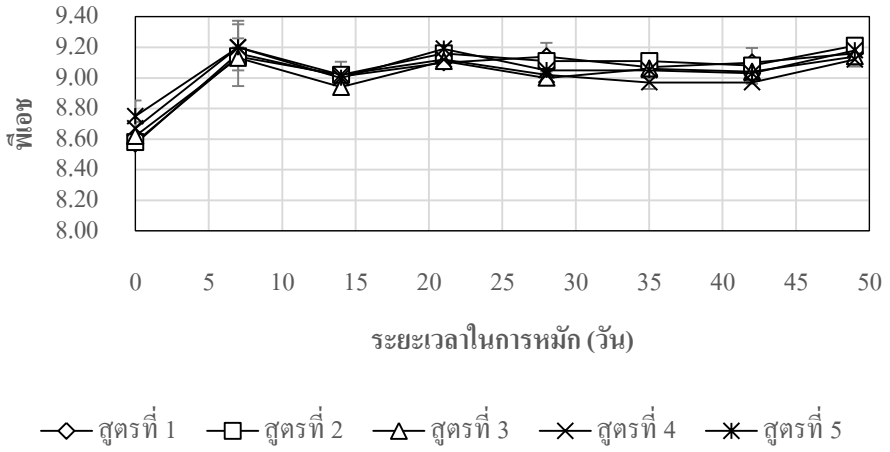
2.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและพีเอชระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นเมื่อทำการหมักปุ๋ยอินทรีย์จะอยู่ในช่วง 29.66-31.96 องศาเซลเซียส และมีการเปลี่ยนแปลงอุณภูมิในการหมักเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงการหมักวันที่ 28 อยู่ในช่วง 30.76-31.83 องศาเซลเซียส และจะลดลงเมื่อใกล้สิ้นสุดการหมัก โดยอุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดการหมักที่ระยะเวลา 49 วัน จะอยู่ในช่วง 27.70-28.36 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 1 และจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าระดับอุณหภูมิลดลงไม่สูงมากและการที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาอาจเป็นไปได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะของการหมักภายในระบบ และสภาวะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดการถ่ายโอนความร้อนจากภายนอกระบบมาสู่ภายในระบบ แต่อย่างไรก็ตามในช่วงของอุณหภูมิดังกล่าวไม่มีอิทธิผลมากต่อการยับยั้งหรือชะลอกระบวนการหมักลง โดยทั่วไปจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่สามารถเจริญได้ดีอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส (Silva *et al*., 2017)



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่างๆ เป็นระยะเวลา 49 วัน

การเปลี่ยนแปลงพีเอชระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า พีเอชเริ่มต้นเมื่อทำการหมักปุ๋ยอินทรีย์จะอยู่ในช่วง 8.57-8.75 และมีการเปลี่ยนแปลงพีเอชในการหมักเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงการหมักวันที่ 7 ถึงระยะสิ้นสุดการหมักที่ระยะเวลา 49 วัน อยู่ในช่วง 8.94-9.21 ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยบทบาทของพีเอชมีส่วนสำคัญและส่งผลอย่างมากต่อการให้พืชคงสภาพและเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งอยู่ในช่วง 6-10 แต่อย่างไรก็ตามการที่จะให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้นอยู่ปัจจัยอื่นๆประกอบอีกมาก เช่น น้ำ ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม ไนโตรเจน และสารอาหารอื่นๆ ที่พืชในแต่ละชนิดต้องการเจริญเติบโต เป็นต้น (Tejada *et al*., 2018)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงพีเอชระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่างๆ เป็นระยะเวลา 49 วัน

2.2 ค่าสีในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่างๆ หลังการหมัก

จากการวัดค่าสีในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า ค่าสี L* ของปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 5 สูตรมีค่าสีที่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี L* จะมีการผันแปรตามสัดส่วนของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เพิ่มขึ้น โดยสูตรปุ๋ยที่มีสัดส่วนของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในปริมาณน้อย (สูตรที่ 1) จะมีค่าสี L* น้อย สีของปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จะมีลักษณะน้ำตาลเข้ม และเมื่อเพิ่มสัดส่วนของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่เพิ่มขึ้น (สูตรที่ 2-5) จะมีค่าสี L* เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และสีของปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จะมีลักษณะน้ำตาลอ่อนลงตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งสีของปุ๋ยหมักที่หมักจนสมบูรณ์แล้วจะมีสีเข้มขึ้น สีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ (Meena *et al*., 2016)

ตารางที่ 3 ค่าสีในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่างๆ หลังการหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน

สูตรปุ๋ยอินทรีย์ (ก้อนเห็ดนางฟ้า:ส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว)	**ค่าสี**		
	L*	a*	b*
เริ่มต้นหมัก	29.44^{a}±0.09	8.75±0.07	20.48±0.32
สูตรที่ 1 (50:50)	23.35^{f}±0.05	7.84±0.12	12.74±0.41
สูตรที่ 2 (60:40)	24.24^{e}±0.03	9.27±0.04	14.94±0.01
สูตรที่ 3 (70:30)	25.04^{d}±0.16	8.77±0.07	13.45±0.12
สูตรที่ 4 (80:20)	25.79^{c}±0.02	8.22±0.05	12.37±0.11
สูตรที่ 5 (90:10)	28.94^{b}±0.07	9.67±0.01	16.77±0.02

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ภาพที่ 3 สีของปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่าง ๆ หลังการหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน
หมายเหตุ: สูตรที่ 1 (50:50) สูตรที่ 2 (60:40) สูตรที่ 3 (70:30) สูตรที่ 4 (80:20) สูตรที่ 5 (90:10)
ภายในวงเล็บ คือ อัตราส่วนก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า:ส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว

2.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่างๆ หลังการหมัก

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตรที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า ปุ๋ยหมักอินทรีย์ที่หมักจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งทุกสูตรมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 2.37, 2.28 และ 2.19 ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4 เมื่อมีการใช้ก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในอัตราที่สูงส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนสูง ในก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งแสดงว่ามีปริมาณโปรตีนคงเหลืออยู่ และการที่ปริมาณไนโตรเจนที่สูงขึ้นหลังจากการหมักนั้นอาจเป็นไปได้ในขั้นตอนของการหมัก จุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งให้ได้โมเลกุลของโปรตีนให้มีขนาดโมเลกุลที่เล็กลงเป็นกรดอะมิโนเพื่อให้พืชสามารถดูดซึมได้เร็วและเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย

ตารางที่ 4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่างๆ หลังการหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน

สูตรปุ๋ยอินทรีย์ (ก้อนเห็ดนางฟ้า : ส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว)	**ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ)**	
	0 วัน	หลังการหมัก 49 วัน
สูตรที่ 1 (50:50)	$2.02^{a} \pm 0.02$	$2.37^{a} \pm 0.01$
สูตรที่ 2 (60:40)	$1.81^{b} \pm 0.14$	$2.28^{a} \pm 0.11$
สูตรที่ 3 (70:30)	$1.67^{bc} \pm 0.11$	$2.19^{a} \pm 0.18$
สูตรที่ 4 (80:20)	$1.51^{c} \pm 0.08$	$1.89^{b} \pm 0.17$
สูตรที่ 5 (90:10)	$1.32^{d} \pm 0.04$	$1.73^{b} \pm 0.10$

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่างๆ หลังการหมัก

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตรที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า สูตรปุ๋ยหมักอินทรีย์ที่หมักจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งทุกสูตรมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 3.03, 2.63 และ 2.22 ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่างๆ หลังการหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน

สูตรปุ๋ยอินทรีย์ (ก้อนเห็ดนางฟ้า:ส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว)	**ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ในรูป P_2O_5) (ร้อยละ)**	
	0 วัน	หลังการหมัก 49 วัน
สูตรที่ 1 (50:50)	$2.30^{a} \pm 0.12$	$3.03^{a} \pm 0.07$
สูตรที่ 2 (60:40)	$2.01^{b} \pm 0.06$	$2.63^{b} \pm 0.02$
สูตรที่ 3 (70:30)	$1.68^{c} \pm 0.15$	$2.22^{c} \pm 0.24$
สูตรที่ 4 (80:20)	$1.14^{d} \pm 0.17$	$1.72^{d} \pm 0.21$
สูตรที่ 5 (90:10)	$0.79^{e} \pm 0.13$	$1.18^{e} \pm 0.16$

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.5 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่างๆ หลังการหมัก

จากการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตรที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า สูตรปุ๋ยหมักอินทรีย์ที่หมักจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งทุกสูตรมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 4.24, 3.82 และ 3.28 ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่างๆ หลังการหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน

สูตรปุ๋ยอินทรีย์ (ก้อนเห็ดนางฟ้า:ส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว)	**ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (ในรูป K_2O) (ร้อยละ)**	
	0 วัน	หลังการหมัก 49 วัน
สูตรที่ 1 (50:50)	3.02^{a}±0.06	4.24^{a}±0.26
สูตรที่ 2 (60:40)	2.75^{ab}±0.17	3.82^{a}±0.21
สูตรที่ 3 (70:30)	2.41^{b}±0.33	3.28^{b}±0.21
สูตรที่ 4 (80:20)	1.75^{c}±0.22	2.70^{c}±0.24
สูตรที่ 5 (90:10)	1.27^{d}±0.20	2.00^{d}±0.23

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดหลังสิ้นสุดการหมัก ในตารางที่ 4 ตารางที่ 5 และตารางที่ 6 จะเห็นว่า มีการเพิ่มตามสัดส่วนของส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว โดยปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 1 มีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในปริมาณมากที่สุด แต่ใช้ก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในปริมาณที่น้อย และในมูลไก่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงกว่ามูลสัตว์อื่น (Hoffman *et al*., 2018) หากมีการใช้มูลไก่ปริมาณสูงๆ ส่งผลให้เกิดการบล็อกจุลธาตุหรือธาตุเสริม (micronutrient or trace elements) เช่น เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), โบรอน (B), โมลิบดินัม (Mo), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn) และคลอรีน (Cl) (Mondal *et al*., 2017) และปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 มีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในปริมาณน้อย และใช้ก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในปริมาณมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 รวมทั้งมีส่วนผสมของมูลไก่และมูลวัวน้อยกว่า ด้วยคุณสมบัติและความสามารถของเชื้อรากลุ่ม wood rot-fungi สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสที่ย่อยขี้เลื่อยจากก้อนเห็ดเหลือทิ้งเป็นธาตุอาหารต่างๆ ที่พืชนำไปใช้ได้โดยตรง (Onnby *et al*., 2015; Rajoka and Malik, 1997; Tejada *et al*., 2016) ได้ลดน้อยลงด้วย และจากตารางที่ 2 พบว่าก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งยังมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดอยู่เท่ากับร้อยละ 1.12, 0.32 และ 0.77 ตามลำดับ ซึ่งธาตุอาหารที่อยู่ในก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งเหล่านี้เกิดการสลายตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี แทนที่จะเกิดจากการย่อยสลายด้วยกระบวนการหมักของเชื้อรา ทำให้เมื่อสิ้นสุดการหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน จะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดน้อยกว่าปุ๋ยอินทรีย์สูตรอื่นๆ

สรุป

สูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่มีธาตุอาหารต่างๆ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดมากที่สุด และที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งปริมาณมากที่สุด คือ สูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 และใช้ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งเท่ากับร้อยละ 60 และจัดอยู่ในเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่

ดีที่กรมพัฒนาที่ดินกำหนด เกษตรกรสามารถนำไปขยายการผลิตเพื่อใช้ในการทำเกษตรกรรม หรือการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนงบประมาณเพื่อการวิจัย (สัญญาเลขที่ RDG60T0116) และคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช (ทุ่งใหญ่) ที่เอื้ออำนวยความสะดวกทางด้านพื้นที่ และห้องปฏิบัติการสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สุรพล อุปดิสสกุล. 2528. **การตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

AOAC. 2000. **Official Methods of analysis of the association of official analytical chemists (17th ed).** Washington, DC.

Brummer, V., Jecha, D., Lestinsky, P., Skryja, P., Gregor, J. and Stehlik, P. 2016. The treatment of waste gas from fertilizer production - An industrial case study of long term removing particulate matter with a pilot unit. **Powder Technology** 297: 374-383.

Chiang, P.N., Tong, O.Y., Chiou, C.S., Lin, Y.A., Wang, M.K. and Liu, C.C. 2016. Reclamation of zinc-contaminated soil using a dissolved organic carbon solution prepared using liquid fertilizer from food-waste composting. **Journal of Hazardous Materials** 301: 100-105.

Hoffman, N., Singels, A., Patton, A. and Ramburan, S. 2018. Predicting genotypic differences in irrigated sugarcane yield using the Canegro model and independent trait parameter estimates. **European Journal of Agronomy** 96: 13-27.

Innes, R. 2013. Economics of Agricultural Residuals and Overfertilization: Chemical Fertilizer Use, Livestock Waste, Manure Management, and Environmental Impacts, pp. 50-57. *In* Shogren, J.F., ed. **Encyclopedia of Energy, Natural Resource, and Environmental Economics.** Elsevier, Waltham.

Jiang, Y., Ju, M., Li, W., Ren, Q., Liu, L., Chen, Y. and Liu, Y. 2015. Rapid production of organic fertilizer by dynamic high-temperature aerobic fermentation (DHAF) of food waste. **Bioresource Technology** 197: 7-14.

Meena, M.D., Joshi, P.K., Jat, H.S., Chinchmalatpure, A.R., Narjary, B., Sheoran, P. and Sharma, D.K. 2016. Changes in biological and chemical properties of saline soil amended with municipal solid waste compost and chemical fertilizers in a mustard-pearl millet cropping system. **CATENA** 140: 1-8.

Mondal, T., Datta, J.K. and Mondal, N.K. 2017. Chemical fertilizer in conjunction with biofertilizer and vermicompost induced changes in morpho-physiological and bio-chemical traits of mustard crop. **Journal of**

the Saudi Society of Agricultural Sciences 16(2): 135-144.

Onnby, L., Harald, K. and Nges, I.A. 2015. Cryogel-supported titanate nanotubes for waste treatment: Impact on methane production and bio-fertilizer quality. **Journal of Biotechnology** 207: 58-66.

Rajoka, M.I. and Malik, K.A. 1997. Cellulase production by *Cellulomonas biazotea* cultured in media containing different cellulosic substrates. **Bioresource Technology** 59(1): 21-27.

Raza, W., Wei, Z., Ling, N., Huang, Q. and Shen, Q. 2016. Effect of organic fertilizers prepared from organic waste materials on the production of antibacterial volatile organic compounds by two biocontrol *Bacillus amyloliquefaciens* strains. **Journal of Biotechnology** 227: 45-53.

Silva, V. N., Silva, L.E.S.F., Silva, A.J.N., Stamford, N.P. and Macedo, G.R. 2017. Solubility curve of rock powder inoculated with microorganismsin the production of biofertilizers. **Agriculture and Natural Resources** 51: 142-147.

Tampio, E., Marttinen, S. and Rintala, J. 2016. Liquid fertilizer products from anaerobic digestion of food waste: mass, nutrient and energy balance of four digestate liquid treatment systems. **Journal of Cleaner Production** 125: 22-32.

Tejada, M., Rodríguez-Morgado, B., Gómez, I., Franco-Andreu, L., Benítez, C. and Parrado, J. 2016. Use of biofertilizers obtained from sewage sludges on maize yield. **European Journal of Agronomy** 78: 13-19.

Tejada, M., Rodríguez-Morgado, B., Paneque, P. and Parrado, J. 2018. Effects of foliar fertilization of a biostimulant obtained from chicken feathers on maize yield. **European Journal of Agronomy** 96: 54-59.