

ผลของสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งต่อธาตุอาหาร

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

ศรีอุบล ทองประดิษฐ์^{1*}, ชีระพงศ์ หมวดศรี¹ และ อุดลย์สมาน สุขแก้ว²

Sriubol Thongpradistha^{1*}, Teerapong Muadsri¹ and Adulsman Sukkaew²

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 ผลการวิจัยพบว่า สูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่มีธาตุอาหารมากที่สุดหลังการหมัก และสูตรที่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งปริมาณมากที่สุด คือ สูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรที่ 2 ซึ่งมีธาตุอาหาร N, P และ K เท่ากับ ร้อยละ 2.28, 2.63 และ 3.82 ตามลำดับ และใช้ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งร้อยละ 60 โดยจัดอยู่ในเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่ดีที่กรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดไว้

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์, ก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง, ธาตุอาหาร

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 133 หมู่ที่ 5 ตำบลทุ่งใหญ่ อำเภอกงใหญ่ 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.

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน 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 ยางาแมลง และปุ๋ยเคมีทำเกษตรกรรมมาช้านานเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตรเป็นหลัก โดยไม่คำนึงถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัญหาทางด้านการอุปโภค และบริโภคของประชากร ที่จะเกิดขึ้นในระยะยาว ซึ่งข้อดีของการใช้ปุ๋ยเคมีคือมีราคาถูก ให้ผลผลิตเร็วกว่าการใช้ปุ๋ยหมักชีวภาพ (Chiang *et al.*, 2016; Jiang *et al.*, 2015) อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากแหล่งวัตถุดิบเหลือทิ้งเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุน ช่วยในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม และมีความปลอดภัยกับเกษตรกร

ปัจจุบันเกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตเห็ดนางฟ้าในตำบลขุนทะเล อำเภอลานสกา จังหวัด

นครศรีธรรมราช มีขยะจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งที่หมดอายุแล้วและก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ไม่ได้คุณภาพ เกษตรกรได้แก้ปัญหาเบื้องต้นด้วยการนำก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งไปใส่ดินปาล์มโดยตรง ซึ่งส่วนประกอบหลักๆ ในก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง คือ จีเลื้อยยางพาราที่ยังคงสภาพใหม่ และไม่ย่อยสลายสามารถใช้เป็นธาตุอาหารสำหรับดินปาล์มได้ นอกจากนี้ยังมีผลมาจากแมลงหรือจุลินทรีย์ที่ก่อโรคที่มีอยู่ในก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง อาจจะทำให้เกิดการระบาดในโรงเรือนเพาะดอกเห็ดใกล้เคียงหรือกับเกษตรกรที่ทำก้อนเชื้อเห็ดเพื่อจำหน่าย การย่อยสลายจีเลื้อยจากก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งด้วยเชื้อรากลุ่ม wood-rot fungi ที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลส สามารถเปลี่ยนเป็นธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ได้โดยตรง (Onnby *et al.*, 2015; Rajoka and Malik, 1997; Tejada *et al.*, 2016) นอกจากนี้ยังมีโปรตีนจากเนื้อเยื่อของเห็ดที่หลงเหลืออยู่ รวมทั้งต้องเพิ่มธาตุอาหารจากมูลสัตว์ลงไปด้วยเพื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์มีคุณภาพดีขึ้น เช่น ปุ๋ยคอกแห้ง มูลวัว มูลไก่สามารถนำมาใส่พืชยืนต้นได้ทุกชนิด (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 ให้น้ำหนักรวมทั้งหมดเท่ากับ 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 กิโลกรัม

ต่อปุ๋ยอินทรีย์ 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) พีเอช ทุกๆ 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 และใช้ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งปริมาณมากที่สุด (Brummer *et al.*, 2016; Innes, 2013; Meena *et al.*, 2016)

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่างๆ ที่ใช้ศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

สูตรปุ๋ย อินทรีย์ที่	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. ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของ ก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ใน
ก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งก่อนนำมาศึกษาการหมักปุ๋ย

อินทรีย์ พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 1.12 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ในรูป P_2O_5) เท่ากับร้อยละ 0.32 และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (ในรูป K_2O) เท่ากับร้อยละ 0.77 และมีสมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพอื่นๆ 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. ผลการศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้า เหลือทิ้ง

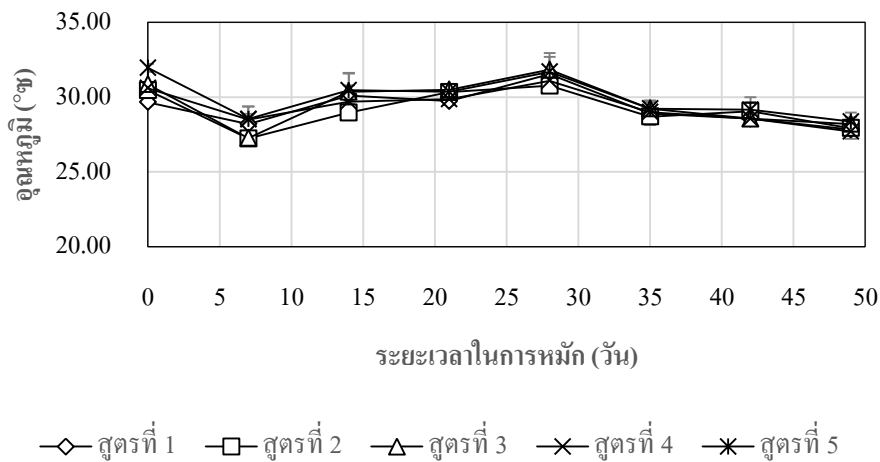
จากการศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติก ปิดสนิทที่มีน้ำหนักรวมทั้งหมด 5 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 49 วัน แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

พีเอช และวิเคราะห์ธาตุอาหารต่างๆ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด ทุกๆ 7 วัน เพื่อคัดเลือกสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารมากที่สุดหลังการหมัก และใช้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้งปริมาณมากที่สุด ได้ผล การศึกษามีดังต่อไปนี้

2.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและพีเอชระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นเมื่อทำการหมักปุ๋ยอินทรีย์จะอยู่ในช่วง 29.66-31.96 องศาเซลเซียส และมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการหมักเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงการหมักวันที่ 28 อยู่ในช่วง 30.76-31.83 องศาเซลเซียส และจะลดลงเมื่อใกล้สิ้นสุดการหมัก โดยอุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดการหมักที่ระยะเวลา 49 วัน จะอยู่

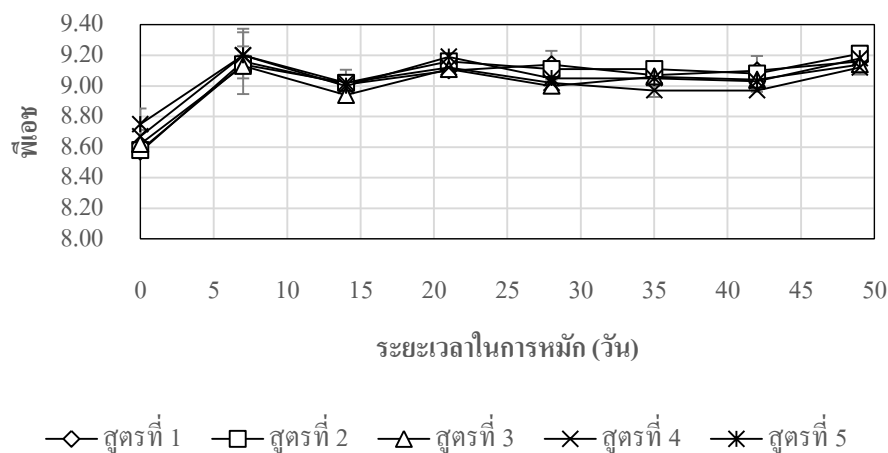
ในช่วง 27.70-28.36 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 1 และจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าระดับอุณหภูมิลดลงไม่สูงมากและการที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาอาจเป็นไปได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของการหมักภายในระบบ และสถานะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดการถ่ายโอนความร้อนจากภายนอกกระบบมาสู่ภายในระบบ แต่อย่างไรก็ตามในช่วงของอุณหภูมิดังกล่าวไม่มีอิทธิพลมากต่อการยับยั้งหรือชะลอกระบวนการหมักลง โดยทั่วไปจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่สามารถเจริญได้คืออยู่ในช่วงอุณหภูมิ 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 โดยบทบาทของพีเอช

มีส่วนสำคัญและส่งผลอย่างมากต่อการให้พืชคงสภาพและเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งอยู่ในช่วง 6-10 แต่อย่างไรก็ตามการที่จะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้นอยู่ปัจจัยอื่นๆประกอบอีกมาก เช่น น้ำ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ไนโตรเจน และสารอาหารอื่นๆ ที่พืชในแต่ละชนิดต้องการเจริญเติบโต เป็นต้น (Tejada *et al.*, 2018)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงพีเอชระหว่างหมักปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลืองทั้งสูตรต่างๆ เป็นระยะเวลา 49 วัน

2.2 ค่าสีในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลืองทั้งสูตรต่างๆ หลังการหมัก

จากการวัดค่าสีในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลืองทั้งจำนวน 5 สูตร ที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า ค่าสี L* ของปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 5 สูตรมีค่าสีที่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี L* จะมีการผันแปรตามสัดส่วนของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลืองที่เพิ่มขึ้น โดยสูตรปุ๋ยที่มีสัดส่วนของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือง

ทั้งในปริมาณน้อย (สูตรที่ 1) จะมีค่าสี L* น้อย สีของปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จะมีลักษณะน้ำตาลเข้ม และเมื่อเพิ่มสัดส่วนของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลืองที่เพิ่มขึ้น (สูตรที่ 2-5) จะมีค่าสี L* เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และสีของปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จะมีลักษณะน้ำตาลอ่อนลงตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งสีของปุ๋ยหมักที่หมักจนสมบูรณ์แล้วจะมีสีเข้มขึ้น สีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ (Meena *et al.*, 2016)

ตารางที่ 3 ค่าสีในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลืองทั้งสูตรต่างๆ 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 ^c ±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 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



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 อัตราส่วนก่อนเชื้อเห็ดนางฟ้า: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 และมีความ

แตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) 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 ±0.02	2.37 ^a ±0.01
สูตรที่ 2 (60:40)	1.81 ^b ±0.14	2.28 ^a ±0.11
สูตรที่ 3 (70:30)	1.67 ^{bc} ±0.11	2.19 ^a ±0.18
สูตรที่ 4 (80:20)	1.51 ^c ±0.08	1.89 ^b ±0.17
สูตรที่ 5 (90:10)	1.32 ^d ±0.04	1.73 ^b ±0.10

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

2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่างๆ หลังการหมัก

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตรที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า สูตรปุ๋ยหมักอินทรีย์ที่หมัก

จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งทุกสูตรมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้น 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 ±0.12	3.03 ^a ±0.07
สูตรที่ 2 (60:40)	2.01 ^b ±0.06	2.63 ^b ±0.02
สูตรที่ 3 (70:30)	1.68 ^c ±0.15	2.22 ^c ±0.24
สูตรที่ 4 (80:20)	1.14 ^d ±0.17	1.72 ^d ±0.21
สูตรที่ 5 (90:10)	0.79 ^e ±0.13	1.18 ^e ±0.16

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

2.5 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งสูตรต่างๆ หลังการหมัก

จากการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งจำนวน 5 สูตรที่หมักในถังพลาสติกปิดสนิทเป็นระยะเวลา 49 วัน พบว่า สูตรปุ๋ยหมักอินทรีย์ที่หมัก

จากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งทุกสูตรมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเพิ่มขึ้น 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 ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสทมภ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด หลังสิ้นสุดการหมัก ในตารางที่ 4 ตารางที่ 5 และตารางที่ 6 จะเห็นว่า มีการเพิ่มตามสัดส่วนของส่วนผสมมูลไก่และมูลวัว โดยปุ๋ยอินทรีย์สูตรที่ 1 มีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในปริมาณมากที่สุด แต่ใช้ก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งในปริมาณที่น้อย และในมูลไก่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงกว่ามูลสัตว์อื่น (Hoffman *et al.*, 2018) หากมีการใช้มูลไก่ปริมาณสูงๆ ส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยธาตุหรือธาตุเสริม (micronutrient or trace elements) เช่น เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), โบรอน (B), โมลิบดีนัม (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 สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสที่ย่อยสลายจากก้อนเห็ดเหลือทิ้งเป็นธาตุอาหารต่างๆ

ที่พืชนำไปใช้ได้โดยตรง (Omny *et al.*, 2015; Rajoka and Malik, 1997; Tejada *et al.*, 2016) ได้ลดน้อยลงด้วย และจากตารางที่ 2 พบว่าก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งยังมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด อยู่เท่ากับร้อยละ 1.12, 0.32 และ 0.77 ตามลำดับ ซึ่งธาตุอาหารที่อยู่ในก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้งเหล่านี้ เกิดการสลายตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี แทนที่จะเกิดจากการย่อยสลายด้วยกระบวนการหมักของเชื้อรา ทำให้เมื่อสิ้นสุดการหมักเป็นระยะเวลา 49 วัน จะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดน้อยกว่าปุ๋ยอินทรีย์สูตรอื่นๆ

สรุป

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

ดีที่กรมพัฒนาที่ดินกำหนด เกษตรกรสามารถนำไป
ขยายการผลิตเพื่อใช้ในการทำเกษตรกรรม หรือการ
จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัย
แห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการ
วิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนงบประมาณเพื่อการวิจัย
(สัญญาเลขที่ RDG60T0116) และคณะอุตสาหกรรม
เกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
วิทยาเขตนครศรีธรรมราช (ทุ่งใหญ่) ที่เอื้ออำนวย
ความสะดวกทางด้านพื้นที่ และห้องปฏิบัติการ
สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สุรพล อุปติสสกุล. 2528. การตรวจสอบความ
แตกต่างของค่าเฉลี่ย. มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, 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 microorganisms in the production of biofertilizers. **Agriculture and Natural Resources** 51: 142-147.
- Tampio, E., Martinen, 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.