Science, Technology and Social Sciences Procedia 2022; 2022(4): rspg028
https://wjst.wu.ac.th/index.php/stssp

การผลิตและคุณสมบัติของปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือทิ้งในสวนวนเกษตร†

วัชรี รวยรื่น*, นรานันท์ ขำมณี และ พงษ์ศักดิ์ นพรัตน์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84100

***อีเมล: watcharee.rua@sru.ac.th; ruairuen@gmail.com**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการผลิตและศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนวนเกษตรโดยดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการในภาคสนามแบบมีส่วนร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์บ้านเขาเทพพิทักษ์ อำเภอบ้านตาขุน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักและวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยหมักสำหรับใช้ในการปลูกทุเรียนพื้นบ้านคลองแสง เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยแบบ ผสมผสานประกอบด้วย การสำรวจ ทดลอง การสอบถาม สัมภาษณ์และการอภิปรายกลุ่ม เพื่อศึกษาถึงสถานการณ์ทั่วไป บริบทชุมชน โดยทดลองหมักปุ๋ยแบบไม่พลิกกลับกองในพื้นที่จากส่วนผสมของวัตถุดิบที่แตกต่างกัน 2 สูตร ในระยะเวลา 45 วัน และ 60 วัน ผลการศึกษา พบว่า ปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 (เศษวัชพืชและใบไม้:มูลสัตว์ ในอัตราส่วน 3:1) ที่ระยะการหมัก 60 วัน สามารถให้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดีที่สุดโดยมีธาตุอาหารหลัก คือ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ค่าความชื้น ปริมาณอินทรียวัตถุ เท่ากับ ร้อยละ 2.88, 2.52, 1.85, 26.55 และ 36.85 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เท่ากับ 6.75 และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 11:1 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร และมีดัชนีการงอก (Germination index; GI) ที่ความเข้มข้นของปุ๋ยอินทรีย์อัตราส่วน 1:10 เท่ากับร้อยละ 149.71 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่ระบุไว้ว่าต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ดังนั้นปุ๋ยหมักที่ใช้วัตถุดิบเป็นเศษใบไม้และวัชพืชจากสวนวนเกษตรมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินในการเพาะปลูก

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมัก, วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร, ปรับปรุงดิน, สวนวนเกษตร

Abstract

This research investigated the production and properties of compost from agricultural wastes in agroforestry plantations. The study was done by action research and cooperated with a Ban Khao Theppitak ecotourism enterprise, Ban Ta Khun district, Surat Thani province. This study aimed to determine the properties and suitable raw materials for compost production in Klong Saeng indigenous durian cultivation. Data collection included surveying, experiments, questionnaires, interviewing, and focus groups to discover the general situation and community context. The experiment compost without turning piles was divided into 2 formulas and collected to examine at the 45th and 60th of composting process. The results showed that compost formula 1 (weeds and leaves: manure at the ratio of 3:1) at the fermentation period of 60 days provided the best quality compost features. The main features; nitrogen, phosphorus, potassium, moisture, pH, and organic matter were 2.88, 2.52, 1.85, 26.55, 6.75 and 36.85 %, respectively. The Carbon to Nitrogen ratio (C/N ratio) met the standard composting of the Department of Agriculture with a C/N of 11:1. The Germination Index (GI) at the concentration of organic fertilizer ratio of 1:10 was about 149.71%, which indicated above the organic fertilizer standard (GI > 80%). Therefore, composting of agricultural wastes and weeds from agroforestry plantations is suitable for use as soil amendments for cultivation.

Keywords: Compost, Agricultural wastes, Soil amendments, Agroforestry

บทนำ

พื้นที่บ้านเขาเทพพิทักษ์ ตำบลเขาพัง อำเภอบ้านตาขุน จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นพื้นที่ที่มีชื่อเสียงในการผลิตทุเรียนพื้นบ้านคุณภาพดี ซึ่งมีชื่อเรียกว่า ทุเรียนคลองแสง เป็นทุเรียนพื้นบ้านของจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่ได้รับความนิยม มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ด้วยรสชาติหวานมัน

†การประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงาน ชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 10 (ระหว่างวันที่ 20 - 22 กันยายน 2565 ณ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์)

เนื้อหนา สีเหลืองทองสวยน่ารับประทาน และกลิ่นไม่ฉุนรุนแรง ในอดีตพื้นที่ตำบลเขาพังมีทุเรียนพื้นบ้านเป็นจำนวนมากบริเวณพื้นที่ริมสองฝั่งคลองแสง อย่างไรก็ตามปัจจุบันจำนวนต้นทุเรียนพื้นบ้านเหลืออยู่จำนวนน้อย และมีอายุมากกว่า 100 ปี ลำต้นเริ่มทรุดโทรม บางปีก็ประสบปัญหาผลผลิตที่ตกต่ำ และมีคุณภาพที่ด้อยลง ซึ่งสาเหตุสำคัญอาจจะมาจากคุณภาพดิน อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ที่อาจจะส่งผลต่อผลิตทุเรียนของแต่ละปี โดยเฉพาะคุณภาพดินที่อาจจะมีปริมาณแร่ธาตุในดินน้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของทุเรียนในบางช่วงของการให้ผลผลิต เกษตรกรต้องแบกรับภาระค่าใช้จ่ายเรื่องปุ๋ยในการเร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตทุเรียน ในพื้นที่ตำบลเขาพังมีการเพาะปลูกแบบวนเกษตร โดยปลูกทุเรียนร่วมกับ มังคุด เงาะ ลองกอง ลางสาด ยางพารา และพืชผักอื่น ๆ ทำให้มีเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ได้แก่ เศษใบไม้ที่ร่วงหล่น กิ่งไม้ขนาดใหญ่ กิ่งไม้ขนาดเล็ก ผล และเปลือกผลไม้นานาชนิด ตลอดจนหญ้าที่เกิดจากการจัดแต่งสวนที่เกษตรกรไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งการทำลายเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรต่างเหล่านี้เกษตรกรมักใช้วิธีการ เผา ฝัง เป็นหลัก และบางส่วนจะปล่อยให้ย่อยสลายไปเองตามธรรมชาติ โดยวิธีการดังกล่าวอาจจะทำให้เกิดมลภาวะได้ โดยเฉพาะวิธีการเผาไหม้ของชีวมวลเหล่านั้นที่สามารถก่อให้เกิดปัญหาหมอกควันที่ลอยตัวอยู่ในชั้นบรรยากาศสามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนในชุมชนรวมถึงการเกิดปัญหาภาวะโลกร้อนได้ (Pochanart, 2016) แต่หากนำวัสดุอินทรีย์เหล่านั้นมาทำเป็นปุ๋ยหมัก ก็จะช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนอีกทางหนึ่ง ในขณะเดียวกันก็มีประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพของดินสำหรับการเพาะปลูกของเกษตรกรได้ เนื่องจากเมื่อเกิดการย่อยสลายอินทรียวัตถุก็จะถูกเปลี่ยนเป็นอนินทรียสารที่พืชสามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์และเกิดการหมุนเวียนธาตุอาหาร (อานุช คีรีรัฐนิคม และคณะ, 2559) โดยสารประกอบเคมีในซากพืช กิจกรรมของจุลินทรีย์ต่าง ๆ รวมถึงสภาพภูมิอากาศมีผลโดยตรงต่อความช้าหรือเร็วของกระบวนการย่อยสลาย (Gonzalez & Seastedt, 2000)

ปุ๋ยหมัก (compost) เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งได้จากการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ต่าง ๆ นำมาหมักรวมกัน แล้วปรับสภาพให้เกิดการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ได้สารอินทรียวัตถุที่มีลักษณะสีคล้ำ ดำ โดยในการผลิตปุ๋ยหมัก การย่อยสลายปุ๋ยหมักเกิดจากกระบวนการย่อยสลายที่สำคัญ 3 ระยะ โดยในระยะแรกเป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กจากกลุ่มของแมลงหรือสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ ระยะที่สองเป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ขนาดเล็กจากกลุ่มจุลินทรีย์ในดิน ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อราและยีสต์ และระยะสุดท้าย เป็นระยะที่เมื่อกองปุ๋ยมีความร้อนเกิดขึ้นและจุลินทรีย์ในกลุ่มเทอร์โมฟิลิคจะเข้ามาย่อยสลายต่อจนเกิดเสถียรภาพกลายเป็นปุ๋ยหมักโดยสมบูรณ์ (ฐนียา รังษีสุริยะชัย และ กุลยา สาริชีวิน, 2561) ปุ๋ยหมักเป็นวัสดุที่มีสมบัติในการปรับปรุงของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช การใส่ปุ๋ยหมักในพื้นที่ทางการเกษตรส่วนใหญ่จะช่วยในเรื่องปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินโดยเฉพาะดินที่ไม่ค่อยมีโครงสร้าง และดินที่มีสารอินทรีย์ต่ำ (Kranz et al., 2020) ถ้าเป็นดินเนื้อละเอียด อัดตัวกันแน่น ปุ๋ยหมักก็จะช่วยในดินนั้นมีสภาพร่วนซุยมากขึ้น ทำให้การระบายน้ำและอากาศเกิดขึ้นได้ดีขึ้น สำหรับดินเนื้อหยาบที่ส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การใส่ปุ๋ยหมักก็จะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำให้ดินสามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น อีกทั้งยังสามารถช่วยปรับปรุงดินในแง่อื่นๆ เช่น ช่วยลดการจับตัวเป็นแผ่นแข็งของหน้าดิน ทำให้การงอกของเมล็ดและการซึมของน้ำไหลลงไปในดินสะดวกขึ้น ช่วยลดการไหลบ่าของน้ำขณะฝนตก เป็นต้น

จากการลงพื้นที่สำรวจของคณะผู้วิจัย พบว่าเกษตรกรเล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหามลพิษที่เกิดจากการใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมี จึงได้พยายามปรับเปลี่ยนการเพาะปลูก โดยเน้นการทำเกษตรแบบเกษตรอินทรีย์ และมีความต้องการให้เกษตรกรในชุมชนได้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเพาะปลูก โดยลดการใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีให้มากที่สุดแล้วกลับมาเข้าสู่กระบวนผลิตที่เป็นธรรมชาติ มีการหมุนเวียนใช้ของเหลือทิ้งสำหรับกิจกรรมทางการเกษตรให้มากที่สุด เพื่อให้สมาชิกเกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ลดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารเคมีต่าง ๆ และสามารถให้ผลผลิตทางการเกษตรที่มีคุณภาพ ปลอดสารพิษ ขณะเดียวกันก็สามารถอยู่ร่วมกับธรรมชาติได้อย่างกลมกลืนและเกิดการเกษตรอย่างยั่งยืนขึ้นในพื้นที่ ดังนั้นจึงได้ศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักซึ่งประกอบไปด้วย ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity; EC) ค่าความชื้น ปริมาณอินทรียวัตถุ อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และการย่อยสลายสมบูรณ์ รวมทั้งศึกษาวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยหมักสำหรับใช้ในการเพาะปลูกโดยเฉพาะการปลูกทุเรียนพื้นบ้านคลองแสงด้วยการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร วัชพืชหรือพืชน้ำในชุมชน ตลอดจนมูลสัตว์ทั้งหลายมาทำปุ๋ยหมัก โดยปุ๋ยหมักนั้นจะมีประโยชน์สำหรับใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติดินเพื่อการเพาะปลูก และสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตให้แก่เกษตรได้ อีกทั้งหากสามารถรวมกลุ่มผลิตปุ๋ยหมักได้เป็นจำนวนมากก็สามารถสร้างให้เกิดรายได้เสริมแก่เกษตรกรในชุมชน ทำให้ชุมชนเกิดความเข็มแข็ง เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการงานวิจัยแบบแบบผสมผสาน (mixed research) ประกอบด้วยการวิจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยมีการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการในภาคสนามแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) กับกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่บ้านเขาเทพพิทักษ์ อำเภอบ้านตาขุน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1) สำรวจและเก็บข้อมูลบริบทชุมชน สภาพปัญหาและสถานการณ์ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์เชิงลึกกับตัวแทนเกษตรกรในพื้นที่

2) จัดเวทีประชุมชี้แจงกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัย เพื่อร่วมกำหนดแผนกิจกรรม วิธีการหมักปุ๋ย ด้วยการสนทนากลุ่มกับกลุ่มแกนนำเกษตรกรในชุมชน

3) ทดลองผลิตปุ๋ยหมักร่วมกับเกษตรกรในพื้นที่ เพื่อศึกษาคุณสมบัติของของปุ๋ยหมักที่ได้จากวัตถุดิบหลักที่ต่างชนิดกันสำหรับเป็นแนวทางให้กับเกษตรกรได้นำไปใช้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกแกนนำเกษตรกรจากกลุ่มวิสาหกิจท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์บ้านเขาเทพพิทักษ์ที่ส่วนใหญ่ปลูกทุเรียนพื้นบ้านคลองแสง การผลิตปุ๋ยหมักได้ดัดแปลงจากวิธีการ “วิศวกรรมแม่โจ้ 1” (ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร, 2553) โดยทำกองปุ๋ยที่มีความสูงน้อยกว่าวิธีการดังกล่าว วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักเป็นวัตถุดิบที่หาได้ในพื้นที่ ได้แก่ ใบยางพารา เงาะ มังคุด ทุเรียน ลองกอง และวัชพืช มูลสัตว์ และเปลือกทุเรียน การหมักทำในพื้นที่เปิดโล่ง ซึ่งจะนำเศษใบไม้ร่วงหล่นและวัชพืชต่างๆ ที่ได้จากการตัดแต่งสวน มาวางเป็นชั้นบาง ๆ ฐานกว้าง 2.5 เมตร โดยไม่ต้องเหยียบ โปรยทับด้วยมูลสัตว์ 1 ส่วน แล้วรดน้ำเพื่อรักษาความชื้นให้อยู่ในช่วงร้อยละ 60-70 ทำจนครบประมาณ 10-15 ชั้น ทำการหมักทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 45-60 วัน ซึ่งสูตรในการทดลองนั้นได้คัดเลือก 2 สูตรที่เกษตรกรสามารถหาวัตถุดิบหลักในชุมชนมาทำปุ๋ยหมักได้ และทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของปุ๋ยหมักทั้ง 2 สูตร ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

สูตรที่ 1 เศษใบไม้และวัชพืช:มูลวัว ในอัตราส่วน 3:1 โดยปริมาตร

สูตรที่ 2 เปลือกทุเรียนพื้นบ้านคลองแสง :มูลวัว ในอัตราส่วน 3:1 โดยปริมาตร

โดยทั้ง 2 สูตร จะหมักในสภาวะที่เหมือนกัน บันทึกข้อมูลภาคสนามด้วยการสังเกตแบบมีส่วนร่วมและการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วมเพื่อให้ได้ข้อมูล

4) เมื่อระยะเวลาการหมักปุ๋ยครบ 45 และ 60 วัน ทำการเก็บตัวอย่างปุ๋ยแต่ละสูตร เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยหมักในห้องปฏิบัติการ และเปรียบเทียบคุณภาพปุ๋ยทั้ง 2 สูตร โดยคุณสมบัติของปุ๋ยที่นำไปทดสอบประกอบไปด้วย ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity; EC) ค่าความชื้น ปริมาณอินทรียวัตถุ อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และทดสอบการย่อยสลายสมบูรณ์ หรือความเป็นพิษต่อพืชของปุ๋ยหมักด้วยการตรวจวัดค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืช (Germination index) ตามวิธีการของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2548) คือ ใช้เมล็ดกวางตุ้งจำนวน 10 เมล็ด เพาะในน้ำสกัดปุ๋ยหมัก (ใช้ปุ๋ยหมัก 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 มล. เข้าเครื่องเขย่า 1 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1) และใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม ทำจำนวน 4 ซ้ำ จานเพาะที่ใส่เมล็ดพืช นำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำมาวัดความยาวรากและนับจำนวนเมล็ดที่งอก จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาร้อยละการงอกสัมพัทธ์เมล็ด (Percentage of relative seed germination: %RSG) ร้อยละความยาวรากสัมพัทธ์ (Percentage of relative root growth: %RRG) และร้อยละดัชนีการงอกของเมล็ด (Percentage of germination index: %GI) ตามสูตร ดังนี้

$$\%RSG = \frac{number\ of\ seeds\ geminated\ in\ the\ extract}{number\ of\ seeds\ geminated\ in\ the\ control} \times 100$$

$$\%RRG = \frac{mean\ root\ length\ in\ the\ extract}{mean\ root\ length\ in\ the\ control} \times 100$$

$$\%GI = \frac{RSG \times RRG}{100}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อศึกษาความค่าแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นำมาเปรียบเทียบคุณภาพปุ๋ยหมักกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

ผลและอภิปรายผล

บริบทในพื้นที่และความต้องการของชุมชน

การเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีร้อยละ 53.5 และใช้ปุ๋ยชีวภาพร้อยละ 10.4 และการใช้ร่วมกันระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพร้อยละ 36.1 วิธีการกำจัดวัชพืชในสวนของเกษตรกรพบว่าใช้วิธีการเผาร้อยละ 3.4 ใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชร้อยละ 4.7 ใช้เครื่องตัดหญ้าหรือถางหญ้าร้อยละ 91.1 และปล่อยตามธรรมชาติร้อยละ 0.8 การกำจัดวัชพืชเกษตรกรจะใช้วิธีการตัดหรือถางหญ้ามากกว่าใช้สารเคมี เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการผลิตไม้ผลเศรษฐกิจโดยเฉพาะทุเรียนพื้นบ้านที่มีคุณภาพ ลดการปนเปื้อนของสารเคมีในดินและสิ่งแวดล้อม หญ้าที่ตัดหรือเศษใบไม้ต่างๆ สามารถนำวัตถุดิบเหล่านั้นมากองไว้ใต้โคนต้นไม้ผลเพื่อให้เกิดการย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ให้สารอาหารแก่พืชต่อไป อีกทั้งช่วยรักษาความชื้น และปรับโครงสร้างของดินได้ กลุ่ม

เกษตรกรที่เข้าร่วมการวิจัยส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอยู่ในระดับมากคิดเป็นร้อยละ 60 และระดับปานกลางร้อยละ 40 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับประโยชน์และความสำคัญของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการเกษตรอยู่ในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 80 และระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 20 จากการประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับเกษตรกร ได้ข้อมูลว่าดินที่ใช้การเพาะปลูกปัจจุบันอาจจะมีแร่ธาตุน้อยลงเมื่อเทียบกับอดีต ประกอบกับสภาพสิ่งแวดล้อมในสวนวนเกษตรปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตพืชลดน้อยลง ทำให้ต้องใช้ปุ๋ยเคมีในการบำรุงดิน ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตของเกษตรกรสูงขึ้น เกษตรกรจึงต้องการผลิตปุ๋ยหมักเข้ามาเสริมหรือทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งสามารถช่วยลดภาระค่าใช้ทางการเกษตร ในขณะเดียวกันก็สามารถช่วยรักษาคุณภาพดินและสิ่งแวดล้อมในสวนวนเกษตรเพื่อให้เกิดความยั่งยืนของการทำเกษตรกรรมในชุมชน

คุณภาพปุ๋ยจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในสวนวนเกษตร

ผลการศึกษาปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 (เศษใบไม้และวัชพืช) และปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 (เปลือกทุเรียนพื้นบ้านคลองแสง) พบว่าสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมัก มีดังนี้

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยหมักทั้งสองสูตรและที่ระยะเวลาการหมัก 45 วัน และ 60 วัน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า pH, EC และปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าอยู่ในช่วง 6.75-8.29, 0.16-0.60 mS/cm, และ ร้อยละ 16.10-36.85 ตามลำดับ ซึ่ง pH มีแนวโน้มลดลงที่ระยะเวลาการหมัก 60 วันในปุ๋ยหมักของทั้งสองสูตร สำหรับค่า ECและอินทรียวัตถุ มีแนวโน้มสูงขึ้นที่ระยะเวลาการหมัก 60 วัน และปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 ที่ระยะเวลาการหมัก 60 วัน เป็นเพียงชุดการทดลองเดียวที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (2548) สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุนั้นจะมีอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพเคมีและชีวภาพของดิน โดยในดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ จะทำให้เม็ดดินเกาะตัวกันได้ไม่ดี ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง และถ้าในกรณีดินเหนียวที่มีอินทรีย์วัตถุน้อยจะทำให้ดินแน่นทึบ (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2552) ในทางตรงกันข้ามปริมาณความชื้นของปุ๋ยหมักทั้งสองสูตรไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 23.19-29.86 สูงสุดพบในปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 ระยะเวลาการหมัก 45 วัน และน้อยสุดพบในปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 ที่ระยะเวลาการหมัก 60 วัน ซึ่งค่าความชื้นของปุ๋ยหมักของทั้งสองสูตรอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร

ผลการศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 และปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 เกี่ยวกับปริมาณสารอาหารหลักในปุ๋ย พบว่า ปุ๋ยหมักทั้งสองสูตรมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ เนื่องจากคุณสมบัติปุ๋ยหมักที่ได้ส่วนใหญ่มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548) จากการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในปุ๋ยหมักสูตร 1 พบว่า มีปริมาณธาตุอาหารหลักสูงกว่าปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 ที่ระยะเวลาการหมัก 45 และ 60 วัน และพบปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าค่ามาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (ตารางที่ 1) โดยเฉพาะไนโตรเจนซึ่งมีค่าแปรผันตรงกับระยะเวลาการหมัก และการย่อยสลายทำให้อัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมามากกว่าการนำไปใช้โดยจุลินทรีย์ กิจกรรมการย่อยสลายทำให้มวลวัสดุสูญเสียไปขณะเดียวกันส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (Yamada & Kawase, 2005) โดยเฉพาะที่ระยะการหมัก 60 วันของปุ๋ยหมักสูตร 1 และสูตรที่ 2 ที่พบปริมาณธาตุอาหารหลักสูงที่สุด มีการย่อยสลายดีที่สุดและให้ปริมาณไนโตรเจนมากที่สุด โดยมีค่าไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 2.88±0.06 และ 1.39±0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์ (2562) ที่พบว่าปุ๋ยหมักซึ่งมีเศษวัชพืชและใบไม้ร่วมกับมูลสัตว์และน้ำหมักชีวภาพเมื่อสิ้นสุดการหมักมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมร้อยละ 1.31 ร้อยละ 1.79 และร้อยละ 0.83 ตามลำดับ สำหรับการหมักที่ระยะเวลาการหมัก 45 วัน ของปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าไนโตรเจนเฉลี่ยร้อยละ 1.25±0.01 และ 1.16±0.04 ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนของปุ๋ยหมักทั้งสองสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน ซึ่งปุ๋ยหมักทั้งสองสูตรปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ไนโตรเจนไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่พบในปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 ที่ระยะเวลาการหมัก 45 วันและ 60 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่ปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 พบปริมาณฟอสฟอรัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลาการหมักทั้งสองช่วง ($p > 0.05$) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ไม่มีการสูญเสียโดยการระเหยแต่จะสูญเสียด้วยการชะละลายเล็กน้อย และตกตะกอนเป็นของแข็งละลายน้ำได้ยาก ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น (Yamada & Kawase, 2005) โดยจากการศึกษา พบว่า ปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 ที่ระยะเวลาการหมัก 45 และ 60 วันมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดผ่านมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ (มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก) ตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ในทางตรงกันข้ามปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 ทั้งสองระยะเวลาการหมักมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.36-0.37 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปุ๋ยหมักจากเศษวัชพืชและใบไม้ร่วมกับมูลสัตว์และน้ำหมักชีวภาพ ในพื้นที่ตำบลผามูบ อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ และปุ๋ยหมักจากวัชพืชน้ำและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีรายงานปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 0.3-1.79 (สุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์, 2562; สุภาพร บัวชุม และ ประวิทย์ โตวัฒนะ, 2558)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยสูตรที่ 1 มีค่าสูงกว่าปุ๋ยสูตรที่ 2 ที่ระยะเวลาการหมัก 45 และ 60 วัน (ตารางที่ 1) ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (มีค่าไม่น้อยกว่า ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก) ส่วนปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ที่ระยะเวลาการหมัก 45 วัน โดยปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 และ 2 มีปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 0.72-1.85 และ 0.36-0.52 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกับการศึกษาของสุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์ (2562) แต่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดของปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่า โดยในรายงานดังกล่าวได้ระบุถึงปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากสวนวนเกษตรมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.01-1.79 นอกจากนี้ค่าที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ยังสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการศึกษาของสุภาพร บัวชุม และประวิทย์ โตวัฒนะ (2558) ซึ่งได้วิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยหมักจากวัชพืชน้ำและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในช่วงร้อยละ 0.31-0.92

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยหมักจากเศษใบไม้และวัชพืช (สูตรที่ 1) และปุ๋ยหมักจากเปลือกทุเรียน (สูตรที่ 2) เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักที่ระยะเวลา 45 และ 60 วัน

สูตร	ระยะเวลาหมัก (วัน)	ค่าวิเคราะห์ของปุ๋ยหมักทั้ง 2 สูตร							
		pH	EC (mS/m)	ความชื้น (ร้อยละ)	อินทรียวัตถุ (ร้อยละ)	C/N ratio	N (ร้อยละ)	P (ร้อยละ)	K (ร้อยละ)
1	45	8.10±0.03c	0.16±0.01a	26.69±1.22ab	16.10±0.35a	14:1	1.25±0.01a	1.22±0.01b	0.72±0.03a
	60	6.75±0.99a	0.27±0.01b	26.55±1.77ab	36.85±1.64c	11:1	2.88±0.06c	2.52±0.08c	1.85±0.06b
2	45	8.29±0.02d	0.32±0.01c	29.86±0.93b	18.15±0.75a	12:1	1.16±0.04a	0.36±0.02a	0.36±0.03c
	60	7.00±0.01b	0.60±0.04d	23.19±1.76a	25.97±1.50b	13:1	1.39±0.05b	0.37±0.02a	0.52±0.04d

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่ามาตรฐานปุ๋ยหมัก:- ค่าความเป็นกรดด่างระหว่าง 5.5-8.5

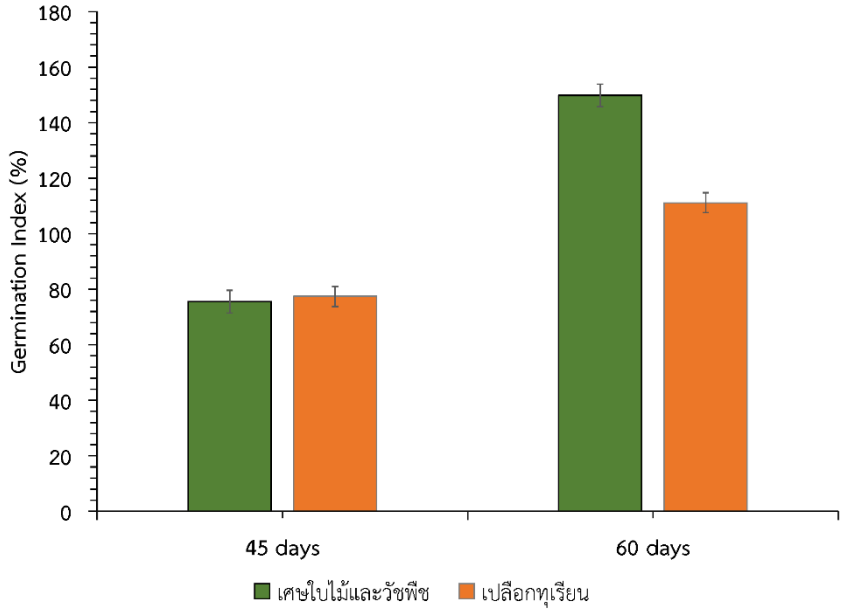
- ปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 30
- ปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 25-50
- อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่เกิน 20:1
- ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด ไม่ต่ำกว่า 1.0:0.5:0.5 ตามลำดับโดยน้ำหนัก

ผลการทดสอบค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืช

การทดสอบค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืช (Germination index) กับตัวอย่างปุ๋ยหมักระยะเวลาการหมัก 60 วัน เพื่อตรวจสอบการย่อยสลายสมบูรณ์ของปุ๋ยหมัก สรุปรายละเอียดผลการทดสอบของแต่ละชุดการทดลอง ได้ดังตารางที่ 2 โดยจากการทดสอบการงอกของเมล็ดกวางตุ้งในน้ำสกัดปุ๋ยหมักที่ระยะการหมัก 45 และ 60 วัน ของชุดการทดลองที่ใช้ปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 (เศษใบไม้และวัชพืช) และปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 (เปลือกทุเรียน) เมื่อนำผลการทดลองไปคำนวนหาค่าการงอกสัมพัทธ์ของเมล็ด (Relative seed germination; RSG) พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 96.05-103.95 และมีความยาวรากสัมพัทธ์ (Relative root growth; RRG) อยู่ในช่วงร้อยละ 78.63-142.66 และมีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืช (Germination index; GI) อยู่ในช่วงร้อยละ 75.52-149.79 (ตารางที่ 2) โดยในภาพที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืชในปุ๋ยหมักแต่ละชนิดที่ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 มีดัชนีการงอกของเมล็ดสูงที่สุดที่ระยะการหมัก 60 วัน ซึ่งสูงกว่าดัชนีการงอกของเมล็ดปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 แต่มีดัชนีการงอกของเมล็ดต่ำกว่าปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 ที่ระยะการหมัก 45 วัน จากการเปรียบเทียบดัชนีการงอกของเมล็ดกับเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ คือ ต้องมีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักที่ระยะเวลาการหมัก 60 วันของปุ๋ยหมักทั้งสองชนิดสามารถนำไปใช้ได้โดยไม่มีความเป็นพิษต่อพืช

ตารางที่ 2 ร้อยละ RSG, RRG, and GI ของเมล็ดกวางตุ้ง

ชุดทดลอง	ระยะเวลาการหมักปุ๋ย (วัน)	RSG (%)	RRG (%)	GI (%)
ปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 (เศษใบไม้และวัชพืช)	45	96.05	78.63	75.52
	60	105	142.66	149.79
ปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 (เปลือกทุเรียน)	45	96.05	80.64	77.45
	60	103.95	106.69	111.16



ภาพที่ 1 ร้อยละการงอกของเมล็ดพืชที่ระยะเวลาการหมัก 45 และ 60 วันของปุ๋ยหมักจากเศษใบไม้และวัชพืช และปุ๋ยหมักจากเปลือกทุเรียน

สรุปผล

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมโดยการทดลองผลิตปุ๋ยหมักจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในสวนวนเกษตร พบว่า วัตถุดิบที่เหมาะสมในการใช้ผลิตปุ๋ยหมักคือเศษใบไม้และวัชพืชหมักร่วมกับมูลสัตว์ โดยระยะเวลาการหมักที่ทำให้ปุ๋ยที่มีคุณภาพดีที่สุดคือที่ระยะเวลาการหมัก 60 วัน ซึ่งคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร โดยมีค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ร้อยละ 2.88, 2.52, และ1.85 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยของ pH เท่ากับ 6.75 ความชื้นเท่ากับร้อยละ 26.55 ปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับร้อยละ 36.85 มีค่า C/N ratio เท่ากับ 11:1 และดัชนีการงอกของเมล็ดเท่ากับ 149.79 วัตถุดิบที่ใช้เป็นสิ่งที่เกษตรกรในชุมชนสามารถหาได้ง่าย ปุ๋ยหมักที่ได้สามารถนำไปใช้ในสวนวนเกษตรของเกษตรกร และสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตสินค้าทางการเกษตร อีกทั้งช่วยลดการปนเปื้อนของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมทางการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง จึงเป็นประเด็นที่ต้องสนับสนุนให้ชุมชนได้ผลิตปุ๋ยหมักมากขึ้นสำหรับใช้ในการเกษตร

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาควรเพิ่มเติมในประเด็นการควบคุมสภาพแวดล้อมในการหมักสำหรับการผลิตปุ๋ยหมัก ซึ่งจะส่งผลต่ออัตราการย่อยสลายของปุ๋ย รวมไปถึงการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของวัตถุดิบที่นำมาใช้สำหรับการผลิตปุ๋ยหมักซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้ศึกษา นอกจากนี้ควรเพิ่มเติมการศึกษาเกี่ยวกับวัตถุดิบสำหรับใช้ทำปุ๋ยหมักที่หลากหลายเพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรได้เลือกปฏิบัติให้เหมาะสมกับบริบทท้องถิ่นตนเอง และควรมีการติดตามคุณสมบัติดินภายหลังที่ได้มีการปรับปรุงคุณภาพดินด้วยปุ๋ยหมักว่ามีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินอย่างไรบ้างทั้งในด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพของดินในสวนวนเกษตร สำหรับใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนให้เกษตรกรทั่วไปหันกลับมาผลิตและใช้ปุ๋ยหมักสำหรับการเพาะปลูกเพิ่มขึ้น เพื่อให้ดินที่ใช้สำหรับการเกษตรเกิดความอุดมสมบูรณ์และมีความยั่งยืนทางการเกษตรตลอดไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ตัวแทนกลุ่มวิสาหกิจท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์บ้านเขาเทพพิทักษ์ อำเภอบ้านตาขุน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ (อพสธ.) มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สำหรับการสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. (2548). *ประกาศมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548.* กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ฐนียา รังษีสุริยะชัย และ กุลยา สาริชีวิน. (2561). การศึกษาการหมักปุ๋ยจากเศษอินทรียวัตถุด้วยการเติมอากาศร่วมกับการใช้ครูดเอมไซม์. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี*, 16(2), 1-12.

ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร. (2553). คู่มือการผลิตปุ๋ยอินทรีย์แบบไม่พลิกกลับกอง. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (ปุ๋ยหมัก) มกอช. 9503-2548. (2548, 8 ธันวาคม). *ราชกิจจานุเบกษา* (ฉบับทั่วไป). เล่ม 22 ตอนที่ 114ง.

ภัคพงศ์ พจนารถ. (2559). สถานการณ์ของปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดในเมืองใหญ่ของประเทศไทย: กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร เชียงใหม่และระยอง. *วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม, 12*(1), 114-133.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2552). *ธาตุอาหารพืช* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาพร บัวชุม และ ประวิทย์ โตวัฒนะ. (2558). *การทำปุ๋ยหมักและวัสดุปลูกจากวัชพืชน้ำและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช.* การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

สุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์. (2562). การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อการหมักปุ๋ยชีวมวลเหลือทิ้งในสวนวนเกษตร. *วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม, 15*(2), 78-87.

Gonzalez, G. & Seastedt, T. R. (2000). Soil fauna and plant litter decomposition in tropical and subalpine forests. *Ecology*, *82*(4), 955-964.

Kranz, C. N., McLaughlin, R. A., Johnson, A., Miller, G., & Heitman, J. L. (2020). The effects of compost incorporation on soil physical properties in urban soils - a concise review. *Journal of Environmental Management*, *261*, 110209.

Yamada, Y., & Kawase, Y. (2005). Aerobic composting of waste activated sludge: Kinetic analysis for microbiological reaction and oxygen consumption. *Waste Management, 26*(1), 49-61.