BSJ
BURAPHA SCIENCE JOURNAL
ISSN 2985-0983 (online)
วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 30 (ฉบับที่ 1) มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2568
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 30 (No.1) January – April 2025
บทความวิจัย

การพัฒนาและวิเคราะห์วัสดุปลูกสำหรับผักสลัดด้วยวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด

Development and Analysis of Growing Media for Lettuce Cultivating from Used Mushroom Culture

สุทธิรักษ์ อ้วนศิริ*

Sutthirak Uansiri*

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ประเทศไทย

Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology,

Muban Chombueng Rajabhat University, Thailand

Received : 23 March 2024, Received in revised form : 28 December 2024, Accepted : 10 January 2025

Available online : 18 February 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : พื้นที่อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี มีการทำฟาร์มเห็ดจำนวนมาก โดยเฉพาะฟาร์มเห็ดสกุลนางฟ้านางรม (*Pleurotus* spp.) ซึ่งเป็นการเพาะแบบใช้ก้อนเชื้อเห็ด และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการออกดอกเห็ดจะได้ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง ซึ่งการจัดการวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ด้วยการนำไปเป็นปุ๋ยในไร่นา และการนำมาเป็นส่วนผสมสำหรับการทำก้อนเห็ดใหม่ แต่วิธีการดังกล่าวอาจทำให้เกิดการถูกรบกวนจากเชื้อราตัวอื่นที่ปนเปื้อนมากับเชื้อเห็ดได้ ดังนั้นจึงใช้กระบวนการหมักชีวภาพเป็นตัวช่วยย่อยเชื้อเห็ดหรือเชื้อราต่าง ๆ และเป็นกระบวนการลดปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนลงเพื่อไม่ให้ส่งผลต่อพืช เพื่อให้วัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดมีศักยภาพสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตวัสดุปลูกพืชได้ซึ่งจะช่วยลดปริมาณการทิ้งก้อนเห็ดเก่าออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ งานวิจัยนี้จึงนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดก้อนเห็ดเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ด้วยการนำไปทำเป็นวัสดุปลูกพืชด้วยการนำไปหมักกับวัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากฟาร์มเห็ดโดยนำมาทำวัสดุปลูกสำหรับผักสลัดและวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุปลูก

วิธีดำเนินการวิจัย : นำก้อนเห็ดเก่าหมักร่วมกับวัสดุอินทรีย์ ได้แก่ มูลวัว ใบก้ามปู แกลบดิบ ใบไผ่ ในอัตราส่วนต่าง ๆ จำนวน 5 สูตร และศึกษาผลของการหมักหลังจากหมักครบ 40, 50 และ 60 วัน จากนั้นนำวัสดุปลูกไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียม นำวัสดุปลูกทุกสูตรไปทดลองปลูกผักสลัดชนิดกรีนโอ๊ค (green oak lettuce) และเรดโอ๊ค (red oak lettuce) อายุ 15 วัน ขนาดความสูงต้นประมาณ 1-2 เซนติเมตร มาปลูกในถุงปลูกขนาด 8x16 นิ้ว แต่ละชนิดบรรจุวัสดุปลูก 1 กิโลกรัม โดยแต่ละวัสดุปลูก ใช้จำนวนต้นพืช 30 ต้น รดน้ำให้ชุ่ม และนำไปวางที่เรือนปลูกพืชทดลองที่ใช้สแลนสีดำกรองแสง 50% รดน้ำอย่างน้อย วันละ 1-2 ครั้ง และวัดการเจริญเติบโต โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย ครั้งละ 3 ต้น ต่อผัก 1 ชนิด รวมเป็น 30 ต้นต่อวัสดุปลูกแต่ละชนิด โดยวัดความสูงต้น และนับจำนวนใบ สัปดาห์ละครั้ง จนครบระยะเวลาปลูก 6 สัปดาห์ และวัดขนาดพุ่ม ความยาวของราก และชั่งน้ำหนักสด หลังจากปลูกต้นพืชครบ 6 สัปดาห์ โดยก่อนการนำวัสดุปลูกไปวิเคราะห์จะต้องร่อน

ให้วัสดุที่ไม่ย่อยสลายออกก่อน การศึกษานี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยวัสดุปลูกแต่ละชุดทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง ข้อมูลที่ได้ถูกนำไปวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance) ด้วยการทดสอบเอฟ (F-test) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยวิธี Duncan's Multiple Rang Test (DMRT) การศึกษานี้ใช้โปรแกรม Microsoft excel โดยวิเคราะห์ที่ระดับ $p < 0.05$ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: S.D.)

ผลการวิจัย : หลังจากการหมัก 60 วัน วัสดุปลูกทุกสูตรมีการย่อยสลายได้ดี มีผลผลิตร้อยละ 60-75 โดยปริมาตร แสดงว่าก้อนเชื้อเห็ดเก่าสามารถนำมาใช้ประโยชน์โดยการนำมาเป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกได้ นอกจากนี้ วัสดุปลูกทุกสูตรแสดงค่าการวิเคราะห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยวัสดุปลูกที่เหมาะสมในการปลูกผักสลัด คือ สูตรที่ 2 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง : มูลวัว : ใบก้ามปู : แกลบดิบ : ใบไผ่ เท่ากับ 1 : 1 : 1 : 1 : 1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุปลูกหลังจากหมักในตะกร้าพลาสติกเป็นเวลา 60 วัน พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.0±0.06 ค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 1.6±0.10 dS/m ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน เท่ากับ 7.23±0.01% ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 12.47±0.01% ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 1.08±0.06% ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 0.22±0.00% และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับ 0.57±0.02% เมื่อนำวัสดุปลูกดังกล่าวไปปลูกผักกินใบชนิดผักสลัด พบว่า ต้นพืชมีการเจริญเติบโตที่ดี สามารถเก็บผลผลิตได้ภายใน 6 สัปดาห์ มีขนาดความสูงของต้นเฉลี่ย 25.4±0.06 ทรงพุ่มเฉลี่ย 32.2±0.06 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 92.4±5.73 กรัมต่อต้น โดยไม่ต้องใส่ปุ๋ยตลอดระยะเวลาการปลูก

สรุปผลการวิจัย : งานวิจัยนี้ได้นำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากฟาร์มเห็ดไปพัฒนาเป็นวัสดุปลูกสำหรับผักสลัดกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค ซึ่งเป็นผักสลัดที่มีการบริโภคที่สูง โดยนำก้อนเห็ดเก่าหมักร่วมกับวัสดุอินทรีย์ ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันรวมทั้งสิ้น 5 สูตร หลังจากการหมัก 60 วัน ผลการศึกษาพบว่า วัสดุปลูกทุกสูตรมีการย่อยสลายได้ดี มีผลผลิตร้อยละ 60 - 75 โดยปริมาตร ทั้งนี้ วัสดุปลูกที่เหมาะสมคือวัสดุปลูกสตรที่ 2 ซึ่งที่มีส่วนผสมของ ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง : มูลวัว : ใบก้ามปู : แกลบดิบ : ใบไผ่ ในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1 : 1 อีกทั้งการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุปลูกสูตรนี้ พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารที่สามารถสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชได้สูงกว่าวัสดุปลูกสูตรอื่น และเมื่อนำวัสดุปลูกสูตรที่ 2 ไปปลูกผักสลัด พบว่า ต้นพืชมีการเจริญเติบโตในภาพรวมที่ดีกว่าวัสดุปลูกสูตรอื่น ๆ ทั้งยังสามารถเก็บผลผลิตได้ภายใน 40 วัน โดยไม่จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเพิ่มเติม

คำสำคัญ : ก้อนเห็ดเหลือทิ้ง ; วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ; วัสดุปลูก ; ผักกินใบ ; ผักสลัด

Abstract

Background and Objectives : In Chom Bueng District, Ratchaburi Province, there is a large amount of mushroom farming, especially the oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) farm, which is grown using mushroom cultures. At the end of the mushroom harvest process, there will be used mushroom culture. This waste material is managed by using it as fertilizer in fields and as an ingredient for making new mushroom culture. However, this method may

cause infestation from other fungi that are contaminated in the used mushroom culture. Therefore, the biological fermentation process is used to help digest mushrooms or various fungi and is a process to reduce the amount of carbon and nitrogen so as not to affect the plants. So that waste materials from mushroom cultivation have the potential to be applied in the production of plant-growing materials, which will help reduce the amount of old mushroom lumps thrown into the environment. This research, therefore, utilizes the used mushroom culture by making plant material by fermenting it with various types of organic materials. The objective is to reduce the amount of agricultural waste from mushroom farms by developing planting materials for lettuce and to analyze the physical and chemical properties of the planting material.

Methodology : Used mushroom cultures were fermented with organic materials, including cow dung, Rain Tree leaves, raw rice husks, and bamboo leaves, in various proportions, totaling 5 formulas. The results of the fermentation were studied after 40, 50, and 60 days of fermentation. The planting materials were analyzed for physical and chemical properties, including pH, organic matter content, total nitrogen content, phosphorus content, and potassium content. All planting materials were then tested for growing 15-day-old green oak lettuce and red oak lettuce, approximately 1–2 centimeters tall, in 8x16-inch planting bags. Each bag contained 1 kilogram of planting material. For each planting material, 30 plants were used. The plants were watered thoroughly and placed in an experimental greenhouse covered with a black shade cloth filtering 50% of the light. Watering was done at least 1–2 times a day. Growth measurements were performed using a simple random sampling method, selecting 3 plants per type of vegetable. The plant height and number of leaves were measured once a week until the planting period reached 6 weeks. After 6 weeks of growth, bush size, root length, and fresh weight were measured. Before the planting material was analyzed, it was sieved to remove non-degraded materials. This study was designed as a completely randomized trial. Each set of planting material was repeated 3 times. The obtained data were analyzed using a One-Way Analysis of Variance (ANOVA) with the F-test, and the means of the data were compared using Duncan's Multiple Range Test (DMRT). Microsoft Excel was used for data analysis at the $p < 0.05$ level. Data are presented as mean ± standard deviation (S.D.).

Main Results : The results showed that after 60 days of fermentation, all planting materials were well decomposed. The yield was 60-75% by volume, indicating that the used mushroom culture can be utilized as a mixture of planting material and to reduce the amount of the used mushroom culture into the environment. In addition, all planting material formulations showed significantly different analytical values ($p < 0.05$). The suitable planting material is Formula 1 (T2), which contained a mixture of used mushroom culture : cow dung : Rain Tree leaves : raw rice husk

: bamboo leaves in the ratio of 1 : 1 : 1 : 1 : 1. After fermenting the planting media for 60 days in plastic baskets, the results of physical and chemical analysis were revealed as followed: the pH was 6.0±0.06, the EC was 1.6±0.10 dS/m, the OC content was 7.23±0.01%, OM was 12.47±0.01%, total nitrogen was 1.08±0.06%, total phosphorus was 0.22±0.03% and total potassium was 0.57±0.03%.

Conclusions : This research has used agricultural waste from mushroom farms to develop into planting materials for green oak lettuce and red oak lettuce, which are vegetables with high consumption. The used mushroom cultures were fermented with organic materials in different ratios, totaling 5 formulas. After 60 days of fermentation, the results of the study found that all planting materials decompose well and yield 60-75 percent by volume. The most suitable planting material is the T2 formula, which is a mixture of leftover mushroom spawns: cow dung: crab claw leaves: raw rice husks: bamboo leaves in a ratio of 1: 1: 1: 1: 1. In addition, the study of the physical and chemical properties of this formula of planting materials found that it has a higher amount of nutrients that can support plant growth than other formulas. When the T2 formula of planting materials was used to grow lettuce, it was found that the plants grew better overall than the other formulas. The plants could also be harvested within 40 days without the need for additional fertilizers.

Keywords : used mushroom culture ; agricultural waste ; plant materials ; leafy vegetables ; lettuce

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

Introduction

หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตในการเกษตรแล้ว มักจะมีขยะจากวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยวิธีการกำจัดเศษวัสดุดังกล่าวนิยมนำไปทิ้งตามไร่นา ใต้ต้นไม้ หรือพื้นที่รกร้าง ซึ่งล้วนแต่เป็นการทิ้งโดยไม่เกิดประโยชน์ นอกจากนี้ยังจะเกิดการหมักจนเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคตามมาได้ แต่ถ้าเกษตรกรมีการจัดการอย่างถูกวิธี ก็จะเป็นการช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ ปัจจุบันการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์มีหลายแบบ เช่น การไถกลบเพื่อให้เกิดปุ๋ยหมัก การนำไปเป็นอาหารสัตว์ เป็นต้น ซึ่งการนำวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้มาจัดการให้เกิดประโยชน์ก็จะสามารถลดปริมาณขยะ ลดต้นทุนการผลิตและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรได้ ซึ่งการทำฟาร์มเห็ดเป็นอีกอาชีพหนึ่งที่เกษตรกรนิยมทำในพื้นที่อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี โดยเฉพาะฟาร์มเห็ดสกุลนางฟ้า นางรม (*Pleurotus* spp.) ซึ่งเป็นการเพาะแบบใช้ก้อนเชื้อเห็ด โดยการเพาะเห็ดแบบนี้จะมีการผสมส่วนประกอบของอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดและการออกดอกเห็ด โดยมีวัสดุในการเพาะเห็ด เช่น ฟางข้าว ขี้เลื่อย ขอนไม้ เป็นต้น และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการออกดอกเห็ดจะได้ก้อนเชื้อเห็ดเก่า ซึ่งปัจจุบันมีการนำใช้ประโยชน์โดยนำไปเป็นปุ๋ยในไร่นา และการนำมาเป็นส่วนผสมสำหรับการทำก้อนเห็ดใหม่ (Manisa Wongprasert, personal communication, March 1, 2022) โดยวิธีการดังกล่าวถึงแม้จะเป็นการลด

ต้นทุนจากการซื้อวัสดุปลูกใหม่ อย่างไรก็ตามการนำวัสดุปลูกเห็ดไปใช้ประโยชน์ด้วยการนำไปใส่ตามแปลงปลูกพืชพบว่าก้อนเห็ดเหล่านี้ไม่สามารถนำมาใช้ในการปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะต้นพืชอาจถูกรบกวนจากเชื้อราตัวอื่นที่ปนเปื้อนมากับเชื้อเห็ดได้ วัสดุเหลือจากการเพาะเห็ดจึงนิยมใช้กระบวนการหมักชีวภาพเป็นตัวช่วยย่อยเชื้อเห็ดหรือเชื้อราต่าง ๆ และเป็นกระบวนการลดปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนลงเพื่อไม่ให้ส่งผลต่อพืช

ปุ๋ยหมักชีวภาพจากก้อนเชื้อเห็ดเป็นการนำก้อนเห็ดเก่าที่หมดอายุการงอกของเห็ดจำนวนมากมาทำประโยชน์และช่วยกำจัดขยะจากก้อนเห็ด การหมักก้อนเชื้อเห็ดทำให้ได้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดีมีธาตุอาหารสำหรับพืชได้มากกว่าปุ๋ยก้อนเห็ดที่ไม่ผ่านกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ (Meng *et al*., 2018; Nakatsuka *et al*., 2016) ซึ่งธาตุอาหารส่วนใหญ่เหลือมาจากก้อนเห็ดที่เติมลงไปในช่วงบ่มก้อนเห็ด ประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แมกนีเซียม แคลเซียม และธาตุอาหารเสริมอีกหลายชนิด (Zhang *et al*., 2012) นอกจากนี้ยังได้ธาตุอาหารอินทรีย์จากปุ๋ยคอกและวัสดุอินทรีย์ต่าง ๆ ที่นำมาผสมในการทำปุ๋ยหมักซึ่งจะช่วยบำรุงดินได้ดี เหมาะสำหรับนำไปใช้กับพืชทั่วไปเพื่อเพิ่มผลผลิต (Saenmanoch, 2021) เนื่องจากจุลินทรีย์ในดินบริเวณรากพืชเพิ่มจำนวนมากขึ้น ทำให้ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุและแร่ธาตุอาหารให้แก่พืชเพิ่มมากขึ้น ทำให้ดินมีลักษณะสีคล้ำดำ ร่วน จึงเหมาะสำหรับการปรับปรุงดินและให้ธาตุอาหารแก่พืช ช่วยให้พืชเจริญเติบโตและยังช่วยปรับสภาพของดินให้ดีขึ้น (Wongkrachang & Rattaneetoo, 2018; Alexander, 1977) โดยเฉพาะการนำมาปลูกผักกินใบ จะช่วยให้เพิ่มผลผลิตของผักได้ดี จากการศึกษาของ Palaaud *et al*. (2018) พบว่า เมื่อใช้ไคติน 20 กรัม ร่วมกับปุ๋ยคอกมูลวัว 80 กรัม สามารถเพิ่มผลผลิตของผักกาดหอมสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดที่ปลูกแบบกระถางได้ดี

จากการที่วัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดมีศักยภาพสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตวัสดุปลูกพืชได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดก้อนเห็ดเก่ามาใช้ประโยชน์ด้วยการนำไปทำเป็นวัสดุปลูกพืช ด้วยการนำไปหมักกับวัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เพื่อให้ได้วัสดุปลูกที่มีคุณสมบัติเหมาะสม โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกผักสลัดเป็นพืชทดลอง เนื่องจากเป็นพืชที่ได้รับความนิยมสูงในตลาดการบริโภคผักสดในปัจจุบัน งานวิจัยนี้นอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อการช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรออกสู่สิ่งแวดล้อมแล้ว ยังจะเป็นการช่วยให้เกษตรกรมีนำสิ่งที่มีในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์และรายได้เพิ่มขึ้นจากการขายผักได้อีกด้วย

Methodology

1. การเตรียมวัสดุปลูก

นำวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดชนิดก้อนเห็ดเก่ามาตีก้อนให้ละเอียดและนำไปหมักร่วมกับมูลวัวและวัสดุชนิดต่าง ๆ 5 สูตร ดัง Table 1 ผสมส่วนผสมให้เข้ากัน และรดน้ำพอชุ่มที่ระดับความชื้นเท่ากับ 40-45% นำวัสดุใส่ตะกร้าเพื่อทำการหมัก ตั้งตะกร้าไว้ในบริเวณที่ได้รับแสงแดดประมาณ 6-8 ชั่วโมงต่อวัน รดน้ำประมาณสัปดาห์ละครั้ง หรือพิจารณาตามสภาพอากาศ (ควรรดน้ำเพื่อรักษาความชื้นของส่วนผสม) ศึกษาผลของการหมักหลังจากหมักครบ 40, 50 และ 60 วัน

จากนั้นจึงร่อนเอาวัสดุที่ไม่ย่อยสลายออก แล้วนำไปใช้ปลูกพืช การศึกษานี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์โดยวัสดุปลูกแต่ละชุดทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

Table 1 Plating media used in this study and its ratio of ingredients

Treatment	Ratio (per value)					
	Coconut coir	Mushroom cultivation	Cow manure	Rain tree leaves	Raw rice husk	Bamboo leaves
T1 (Control)	1	-	1	1	1	1
T2	-	1	1	1	1	1
T3	-	2	1	1	1	1
T4	-	3	1	1	1	1
T5	-	4	1	1	1	1

2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุปลูก

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุปลูกสูตรต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (McLean, 1982) ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter; OM) (Walkley, 1947; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1974) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) โดยวิธี Kjeldahl Method ปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer และปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Flame photometer ข้อมูลที่ได้ถูกนำไปวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance) ด้วยการทดสอบเอฟ (F-test) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยวิธี Duncan's Multiple Rang Test (DMRT) การศึกษานี้ใช้โปรแกรม Microsoft excel โดยวิเคราะห์ที่ระดับ $p < 0.05$ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: S.D.)

3. การปลูกผักสลัดและวัดการเจริญเติบโต

วัสดุปลูกแต่ละสูตรถูกร่อนเอาวัสดุที่ไม่ย่อยสลายออก แล้วนำมาคลุกเคล้าผสมให้เข้ากันเพื่อเตรียมนำไปใช้ปลูกพืช การศึกษานี้ใช้ต้นอ่อนผักสลัดชนิดกรีนโอ๊ค (green oak lettuce) และเรดโอ๊ค (red oak lettuce) ที่มีอายุ 15 วัน ขนาดความสูงต้นประมาณ 1-2 เซนติเมตร มาปลูกในถุงปลูกขนาด 8x16 นิ้ว แต่ละชนิดบรรจุวัสดุปลูก 1 กิโลกรัม โดยแต่ละวัสดุปลูกใช้จำนวนต้นพืช 30 ต้น รดน้ำให้ชุ่ม และนำไปวางที่เรือนปลูกพืชทดลองที่ใช้สแลนสีดำกรองแสง 50% รดน้ำอย่างน้อยวันละ 1-2 ครั้ง หรือตามสภาพอากาศ ปล่อยไว้ 7 วัน เพื่อให้ต้นกล้าปรับสภาพให้ชินกับสภาพแวดล้อม จากนั้นวัดค่าการเจริญเติบโตของต้นผักสลัดจากแต่ละวัสดุปลูก โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย ครั้งละ 3 ต้น ต่อผัก 1 ชนิด รวมเป็น 30 ต้น ต่อวัสดุแปลกแต่ละชนิด ข้อมูลที่วัด ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบ (วัดทุก ๆ สัปดาห์จนครบระยะเวลาปลูก 6 สัปดาห์) ขนาดพุ่ม ความยาวของราก และชั่งน้ำหนักสด (วัดหลังจากปลูกต้นพืชครบ 6 สัปดาห์)

Results

1. ร้อยละผลผลิตและลักษณะทางกายภาพของวัสดุปลูก

หลังจากการหมัก 60 วัน พบว่า วัสดุปลูกทุกสูตรมีการย่อยสลายได้ดี และยังคงเหลือวัสดุบางส่วนที่ยังไม่ย่อยสลาย (Figure 1) ซึ่งก่อนนำวัสดุปลูกไปใช้ได้ทำการร่อนด้วยตะแกรง เพื่อแยกส่วนที่ไม่ย่อยสลายออก (Figure 2) ผลผลิตวัสดุปลูกอยู่ที่ร้อยละ 60-75 โดยปริมาตร การที่ได้ร้อยละผลผลิตในปริมาณที่ลดลง เนื่องจากการผลิตวัสดุปลูกเป็นการนำวัสดุมาย่อยสลายโดยการหมัก ดังนั้นจึงทำให้วัสดุตั้งต้นทุกชนิดมีขนาดลดลง ลักษณะของวัสดุปลูกหลังจากผ่านการหมักนาน 40 50 และ 60 วัน แสดงดัง Figure 1 และลักษณะของแต่ละวัสดุปลูกหลังผ่านการร่อนแล้วมีลักษณะดังแสดงใน Figure 3

Figure 1 Characteristics of planting materials after fermentation in baskets for 40, 50, and 60 days

Figure 2 Preparation of planting media before using them to grow lettuce: 1-2) planting media sifting, 3-4) uncompressed materials from planting media, 5) decomposed materials from planting media mixing with soil at ratio 1:1, and 6) planting bags contained with 1 kg of planting medium

2. สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุปลูก

ผลการวิเคราะห์สมบัติของวัสดุปลูก พบว่า วัสดุปลูกทุกสูตร มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.9-6.2 แสดงว่าเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดปานกลาง ซึ่งการเกิดภาวะกรดอาจมาจากกระบวนการหมัก ค่า EC วัสดุปลูกอิ่มตัวด้วยน้ำที่ 25 °C อยู่ในช่วง 0.8-1.7 แสดงว่าอยู่ในสภาวะไม่เค็ม (< 2 dS/m) โดยสูตร T2 T4 และ T5 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในช่วง 9.80-12.47% แสดงว่ามีปริมาณในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ ปริมาณธาตุไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.83-1.20% แสดงว่ามีปริมาณธาตุไนโตรเจนในระดับสูงมาก คือ มากกว่า 0.40% ซึ่งวัสดุปลูกทุกสูตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.15-0.29% แปลผลได้ว่ามีปริมาณในระดับสูงมาก คือ มากกว่า 0.0045% ซึ่งทุกสูตรมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (available potassium) อยู่ในช่วง 0.06-0.61% แปลผลได้ว่ามีปริมาณในระดับสูงมาก คือ มากกว่า 0.012 % ซึ่งทุกวัสดุปลูกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Department of Land Development, 2010)

3. การปลูกและวัดการเจริญเติบโตของผักสลัดจากการใช้วัสดุปลูกแต่ละสูตร

การเจริญเติบโตของผักสลัด พบว่า พืชที่ปลูกในวัสดุปลูกทุกสูตรมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ โดยให้การเจริญเติบโตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยสูตรที่ทำให้พืชเจริญเติบโตดีที่สุด คือ T2 ที่มีส่วนผสมของ ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง : มูลวัว : ใบก้ามปู : แกลบดิบ : ใบไผ่ ในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 เมื่อปลูกประมาณ 6 สัปดาห์หรือ 40 วัน พบว่า มีความสูงของต้นเฉลี่ย เท่ากับ 25.4±0.06 เซนติเมตร ความกว้างพุ่มเฉลี่ย เท่ากับ 32.2±0.06 เซนติเมตร และน้ำหนักต้นสดเฉลี่ย เท่ากับ 92.4±5.73 กรัม โดยการเจริญเติบโตของพืชจากทุกชนิดวัสดุปลูก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งตลอดระยะเวลาการปลูกไม่ได้มีการใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม (Table 3, Figure 4)

Figure 3 Characteristics of different formulas of planting materials after 60 days of fermentation (1 = T1 (Control), 2 = T2, 3 = T3, 4 = T4, 5 = T5)

Table 2 Physical and chemical properties of planting medium

Physical and Chemical Properties	Treatment				
	T1 (Control)	T2	T3	T4	T5
pH (soil : H_2O = 1 : 1)	6.1±0.06^{b}	6.0±0.06^{b}	5.9±0.00^{a}	6.2±0.06^{c}	6.0±0.06^{b}
EC (soil : H_2O = 1 : 5) (dS/m)	0.8±0.06^{a}	1.6±0.10^{cd}	1.4±0.06^{b}	1.7±0.00^{d}	1.5±0.06^{c}
OC (%)	5.68±0.02^{a}	7.23±0.01^{b}	6.46±0.02^{c}	5.88±0.02^{a}	5.71±0.03^{a}
OM (%)	9.80±0.02^{a}	12.47±0.01^{d}	11.13±0.01^{b}	10.14±0.02^{c}	9.84±0.01^{d}
Total N (%)	1.02±0.01^{bc}	1.08±0.00^{c}	0.96±0.01^{b}	0.83±0.02^{a}	1.02±0.02^{bc}
Total P (%)	0.28±0.0 0^{c}	0.22±0.00^{b}	0.20±0.00^{b}	0.15±0.00^{a}	0.29±0.02^{c}
Total K (%)	0.06±0.00^{a}	0.57±0.0 2^{d}	0.44±0.01^{b}	0.48±0.03^{c}	0.61±0.02^{d}

* Data presented mean ± S.D. Different superscript letter within each row denotes significant differences between group according to significant ($p < 0.05$).

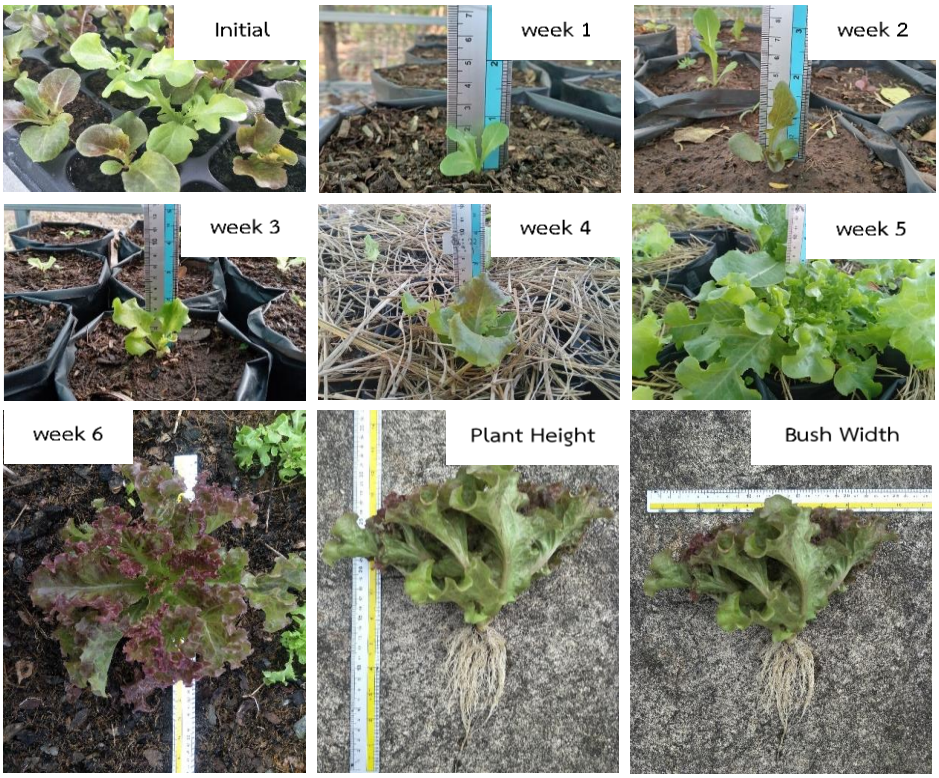

Figure 4 Characteristic of lettuce growth and development in each week (from initial to 6 week of cultivation); Measurement for plant height and bush width were done as presented in the pictures

Table 3 Effects of different planting media on growth and development of lettuce

Growth Parameter	Week after planting	Treatment				
		T1 (Control)	T2	T3	T4	T5
Plant height (cm)	0	1.6±0.06^{b}	1.7±0.06^{c}	1.5±0.00^{a}	1.6±0.00^{b}	1.6±0.06^{b}
	1	2.0±0.06^{a}	2.2±0.10^{c}	2.1±0.06^{b}	2.0±0.10^{a}	2.2±0.06^{c}
	2	2.8±0.15^{a}	5.0±0.20^{e}	2.9±0.10^{b}	3.1±0.06^{c}	4.0±0.10^{d}
	3	4.5±0.15^{a}	9.0±0.10^{e}	7.5±0.10^{b}	8.2±0.06^{c}	8.9±0.06^{d}
	4	12.5±0.02^{b}	18.3±0.06^{e}	14.6±0.06^{c}	15.2±0.06^{d}	11.5±0.06^{a}
	5	12.9±0.10^{a}	22.0±0.06^{e}	18.1±0.06^{d}	17.4±0.10^{c}	13.9±0.10^{b}
	6	24.1±0.06^{c}	25.4±0.06^{d}	18.9±0.10^{a}	20.0±0.06^{b}	18.1±0.10^{a}
Canopy width (cm)	0	1.6±0.06^{b}	1.7±0.10^{c}	1.5±0.02^{a}	1.6±0.06^{b}	1.6±0.02^{b}
	1	2.1±0.10^{a}	2.3±0.06^{c}	2.1±0.02^{a}	2.3±0.06^{c}	2.2±0.02^{b}
	2	4.5±0.06^{a}	7.4±0.10^{e}	7.1±0.06^{c}	7.2±0.10^{d}	6.2±0.10^{b}
	3	12.5±0.10^{b}	18.3±0.10^{e}	14.6±0.06^{c}	15.2±0.10^{d}	11.5±0.06^{a}
	4	14.9±0.06^{a}	22.0±0.06^{d}	18.1±0.06^{c}	17.4±0.10^{b}	17.9±0.06^{b}
	5	22.1±0.10^{c}	25.4±0.06^{d}	21.9±0.06^{b}	20.0±0.06^{b}	19.1±0.10^{a}
	6	26.1±0.06^{a}	32.2±0.06^{c}	28.1±0.10^{b}	26.5±0.06^{a}	26.6±0.02^{a}
Root length (cm)	6	28.2^{b}±0.76	29.9±0.65^{a}	28.6±0.65^{b}	28.9±0.89^{b}	29.2±1.04^{a}
Fresh weight (g)	6	73.6±10.60^{d}	92.4±5.73^{a}	79.8±9.88^{c}	82.4±5.59^{b}	80.4±7.40^{c}

* Data presented mean ± S.D. Different superscript letter within each row denotes significant differences between group according to significant ($p < 0.05$).

Discussion

การใช้ประโยชน์จากก้อนเห็ดเก่าด้วยการนำมาทำเป็นวัสดุปลูกนั้นเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณการทิ้งก้อนเห็ดเก่าออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ ถ้าหากนำมาใช้ปลูกพืชทันทีอาจจะเกิดการถูกรบกวนด้วยเชื้อราตัวอื่นที่ปนเปื้อนอยู่ในเชื้อเห็ดหรือจากตัวเชื้อเห็ดเอง (Saenmanoch, 2021) ดังนั้นก่อนนำก้อนเห็ดเก่าไปใช้จึงควรนำไปผ่านกระบวนการหมักก่อน เพราะเป็นการย่อยวัสดุให้เกิดความร่วนซุยแล้วยังทำให้ได้วัดุปลูกที่มีคุณภาพดี มีธาตุอาหารสำหรับพืชได้มากกว่าก้อนเห็ดที่ไม่ผ่านกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ (Meng *et al*., 2018; Nakatsuka *et al*., 2016) วัสดุที่นำมาใช้หมักส่วนใหญ่เป็นวัสดุ

เหลือทิ้งทางการเกษตรที่หาได้โดยทั่วไปในท้องถิ่น เช่น มูลสัตว์ ใบไม้ ซากอ้อย แกลบดิบ เป็นต้น และอัตราส่วนการหมักจะแตกต่างกันตามการนำไปใช้ปลูกพืชแต่ละชนิด Naemsai (2003) ได้ศึกษากรรมวิธีการหมักของก้อนเห็ดเก่ากับวัสดุขุยมะพร้าว แกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นวัสดุเพาะร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของกล้าผัก พบว่า วัสดุเพาะที่ผลิตขึ้นนั้น มีค่า pH อยู่ในช่วงกรดอ่อน-ด่างอ่อน คือ 6-8 และค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0-4 dS/m ปริมาณธาตุอาหารในรูปรวม หลังจากวัสดุผ่านการหมักสูงที่สุด พบในขุยมะพร้าว คือ ไนโตรเจน ร้อยละ 0.67 ฟอสฟอรัส ร้อยละ 0.35 และ โพแทสเซียม ร้อยละ 0.85 เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุเพาะกล้า พบว่าให้อัตราการเจริญเติบโตโดยรวมของต้นกล้ามะเขือเทศ คะน้า และกะหล่ำดอก โดยให้ค่าเฉลี่ยความสูง 3.46 เซนติเมตร ขนาดลำต้น 1.18 มิลลิเมตร น้ำหนักสด 0.30 กรัม และน้ำหนักแห้ง 0.0300 กรัม นอกจากนี้ Thongpradistha *et al*. (2020) ได้ศึกษาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากก้อนเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง โดยเป็นการหมักร่วมกับมูลสัตว์ ผลการวิจัยพบว่า สูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ปริมาณก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเหลือทิ้ง ร้อยละ 60 และผสมกับส่วนผสมระหว่างมูลไก่และมูลวัว ร้อยละ 40 ให้ธาตุอาหารมากที่สุด คือมีธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม เท่ากับร้อยละ 2.28, 2.63 และ 3.82 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ทราบว่าสามารถนำก้อนเห็ดเก่าไปใช้ประโยชน์ทางด้านการนำไปผลิตเป็นวัสดุปลูกได้ นอกจากนี้วัสดุปลูกที่ได้ยังมีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอีกด้วย

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์วัสดุปลูกจากงานวิจัยนี้ พบว่า วัสดุปลูกที่พัฒนาขึ้นมีค่าความเป็นกรด – ด่าง (ดิน : น้ำ = 1 : 1) เท่ากับ 6.0±0.06 ซึ่งอยู่ในช่วงกรดอ่อน-ด่างอ่อน (slight acidity-slight alkalinity) โดยเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับพืช โดยความเป็นกรดด่างของดินไม่ได้มีผลโดยตรงต่อการเจริญของพืช แต่จะมีผลทางอ้อมคือเป็นตัวควบคุมการละลายของธาตุอาหารพืชออกมาสู่สารละลายดินให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดขึ้นไปใช้ได้ รวมทั้งควบคุมการละลายของสารอื่น ๆ ที่อาจเป็นพิษต่อพืชด้วย เช่น เหล็ก อะลูมินัม แมงกานีส ที่จะละลายออกมาได้มากในดินกรด ทำให้เป็นอันตรายต่อพืชได้ นอกจากนี้ยังจะเสริมการตรึงฟอสเฟตให้อยู่ในรูปของเหล็กและอะลูมินัมฟอสเฟต ซึ่งยากแก่การนำไปใช้ประโยชน์ของพืช โดยค่า pH ของดินไม่ควรต่ำกว่า 5.0 ในส่วนของค่าการนำไฟฟ้าจะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงระดับความเค็มของดิน โดยมีค่าเท่ากับ 1.6±0.10 dS/m (ดิน:น้ำ = 1 : 5) แสดงถึงการจัดชั้นความเค็มคือ ไม่เค็ม ทำให้วัสดุปลูกนี้มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืช ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน เท่ากับ 7.23±0.01% ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 12.47±0.01% อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 1.08±0.00% อยู่ในระดับสูง ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 0.22±0.00% อยู่ในระดับสูงมาก และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับ 0.57±0.02% อยู่ในระดับสูงมาก เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่าวัสดุปลูกที่พัฒนาขึ้นแม้จะมีค่าปริมาณคาร์บอนและค่าอินทรีย์วัตถุในปริมาณต่ำ แต่มีค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารค่อนข้างสูง จัดอยู่ในเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่กรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดไว้ (Department of Land Development, 2004; Office of Science for Land Development, 2004) ดังนั้นการนำไปใช้จะต้องนำไปผสมกับดินอย่างน้อยในอัตราส่วน 1 : 1 เพื่อให้ความเข้มข้นของสารอาหารในวัสดุปลูกเหมาะสมต่อการนำไปใช้ของพืช

Conclusions

งานวิจัยนี้ได้นำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากฟาร์มเห็ดไปพัฒนาเป็นวัสดุปลูกสำหรับผักสลัดกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค ซึ่งเป็นผักสลัดที่มีการบริโภคที่สูง โดยนำก้อนเห็ดเก่าหมักร่วมกับวัสดุอินทรีย์ ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันรวมทั้งสิ้น 5 สูตร หลังจากการหมัก 60 วัน ผลการศึกษาพบว่า วัสดุปลูกทุกสูตรมีการย่อยสลายได้ดี มีผลผลิตร้อยละ 60 - 75 โดยปริมาตร ทั้งนี้ วัสดุปลูกที่เหมาะสมคือวัสดุปลูกสตรที่ 2 ซึ่งที่มีส่วนผสมของ ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง : มูลวัว : ใบก้ามปู : แกลบดิบ : ใบไผ่ ในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1 : 1 อีกทั้งการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุปลูกสูตรนี้ พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารที่สามารถสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชได้สูงกว่าวัสดุปลูกสูตรอื่น และเมื่อนำวัสดุปลูกสูตรที่ 2 ไปปลูกผักสลัด พบว่าต้นพืชมีการเจริญเติบโตในภาพรวมที่ดีกว่าวัสดุปลูกสูตรอื่น ๆ ทั้งยังสามารถเก็บผลผลิตได้ภายใน 40 วัน โดยไม่จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเพิ่มเติม

Acknowledgments

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการทำปฏิบัติการวิเคราะห์ ขอขอบคุณชุมชนตำบลรางบัว และตำบลปากช่อง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ที่มีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

Alexander, M. (1977). *Introduction to soil microbiology*. 2nd Edition, John Wiley and Sons Inc. New York, USA

Department of Land Development. (2004). *Soil and plant management to improve soils low in organic matter*. Bangkok: Department of Land Development Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

Department of Land Development. (2010). *Manual for the process of chemical soil analysis analysis*. Bangkok: Department of Land Development Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1974). *The Euphrates Pilot Irrigation Project. Methods of Soil Analysis, Gadeb Soil Laboratory (A Laboratory manual)*. Rome, Italy : Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Mclean, E.O. (1982). *Soil pH and lime requirement*. P. 199-224, In: Page, A. L. (ed.), Methods of soil analysis Part 2: Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA

Meng, X., Dai, J., Zhang, Y., Wang, X., Wanbin, Z., Yuan, X., Yuan, H., & Cui, Z. (2018). Composted biogas residue & spent mushroom substrate as a growth medium for tomato & pepper seedlings. *Journal of Environmental Management*, *216*(1), 62–69.

Naemsai, P. (2003). Effects of seedling media on the growth of vegetable seedlings. Mater Degree Thesis, Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. (in Thai)

Nakatsuka, H., Oda, M., Hayashi, Y., & Tamura, K. (2016). Effects of fresh spent mushroom substrate of *Pleurotus ostreatus* on soil micromorphology in Brazil. *Geoderma*, *269*(1), 54–60.

Office of Science for Land Development. (2004). *Handbook for analyzing samples of soil, water, fertilizer, plants, soil amendments and analysis to certify product standards, Volume 1*. Bangkok: Department of Land Development. (in Thai)

Palaaud, K., Muymas, P., & Plasal, K. (2018). Application of chitin and cow manure for increase the yield of “Butterhead” lettuce grown in pots. *Khon Kaen Agriculture Journal*, *46*(1) SUPPL. 1, 344-349.

Saenmanoch, W. (2021). Efficiency enhancing of spent mushroom cultivation substrate–derived compost by using actinomycetes to green onion (*Alliumcepa var. aggregatum*) growth andincrease defense against phytopathogenic fungi. *Prawarun Agricultural Journal*, *18*(2), 56–62. (in Thai)

Thongpradistha, S., Muadsri, T., & Sukkaew, A. (2020). The effect of organic fertilizer formula from Sajor-caju mushroom (Pleurotus sajor-caju) waste on macronutrients. *Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal*, *12*(1), 61-71. (in Thai)

Walkley, A. (1974). A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soil: Effect of variation in digestion conditions and of organic soil constituents. *Soil Science*, *63*, 251-263.

Wongkrachang, S., & Rattaneetoo, B. (2018). Effects of media mixed with local residues in Narathiwat Province for Lactuca sativa var. crispa L. growth. *Khon Kaen Agricultural Journal*, *46* (SuppL.1), 115-1160. (in Thai)

Zhang, R.H., Duan, Z.Q., & Li, Z.G. (2012). Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato & cucumber seedlings. *Pedosphere*, *22*(3), 333–342.