การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารตัวเร่งต่างชนิดต่อการย่อยสลายเพื่อลดการใช้มูลสัตว์ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

Efficiency of Various Catalysts on Compost Decomposition to Reduce the Use of Farm Yard Manure to Produce Organic Fertilizer

ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์[1*] และกัญชลิกา รัตนเชิดฉาย[1]
Taweesab Chaiyarak[1*] and Kanchalika Ratanacherdchai[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารเร่งต่างชนิดต่อการย่อยสลายปุ๋ยอินทรีย์ วางแผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial จัดสิ่งทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ ปัจจัย A เป็นชนิดพืช 2 ชนิดคือ ผักตบชวา และใบจามจุรี ปัจจัย B เป็นสารตัวเร่ง 4 ชนิด คือ มูลโค, เชื้อจุลินทรีย์ EM, เชื้อจุลินทรีย์ไตรโคเดอร์มา และปุ๋ยยูเรีย เก็บข้อมูลที่ 30 และ 60 วันหลังหมักปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารหลัก จากนั้นนำมาทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของพืชทดสอบ คือ พริกพันธุ์จินดา ผลการศึกษา พบว่า ที่ระยะเวลา 60 วัน ปุ๋ยอินทรีย์มีค่า pH, EC, Organic carbon และ C/N ratio ลดลง ส่งผลให้มีอัตราการย่อยสลายดีกว่าระยะเวลา 30 วัน แต่มีปริมาณ OM, Total N, Total P และ Total K ไม่แตกต่างกันทั้ง 2 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล สำหรับใบจามจุรีหมักด้วยไตรโคเดอร์มาให้ค่า Total N สูงสุด ผักตบชวาหมักด้วยไตรโคเดอร์มาทำให้มี Total P สูงสุด และผักตบชวาหมักด้วยไตรโคเดอร์มาและ EM ทำให้มี Total K สูงสุด และมีประสิทธิภาพดีเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้มูลโคเป็นสารตัวเร่งการย่อยสลาย เมื่อนำปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้ (หมัก 60 วัน) ไปทดสอบกับพริกพันธุ์จินดา พบว่า ปุ๋ยจากผักตบชวาหมักร่วมกับไตรโคเดอร์มา ใบจามจุรีหมักร่วมกับไตรโคเดอร์มา และใบจามจุรีหมักร่วมกับ EM ส่งผลให้พริกพันธุ์จินดามีการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตสูงสุด (19.50, 19.25 และ 18.12 กรัมต่อกระถาง) ตามลำดับ ดังนั้น สารตัวเร่งที่นำมาทดสอบคือ ไตรโคเดอร์มาหรือ EM จึงอาจเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้เพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์ การย่อยสลาย มูลสัตว์

Received: 28 August 2021; Accepted: 27 November 2022

[1] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม มหาสารคาม 44000
[1] Program in Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University Maha Sarakham 44000
* Corresponding author: taweesab.ch@rmu.ac.th

Abstract

This research aimed to study various catalysts on the decomposition of organic fertilizer. The experiment plan was 2 x 4 factorial with randomized complete block design. Factor A consisted of 2 plant material types i.e. water hyacinth straw and rain tree leaves. Factor B were 4 catalysts i.e. cow manure, effective microorganism (EM), Trichoderma, and Urea. Chemical properties and macronutrient contents were collected at 30 and 60 days after composting. The compost was then tested for qualities on Chinda chili. The study found that there was a decrease in pH, EC, Organic carbon, and C/N ratio at 60 days. This meant there was a better decomposition than after 30 days. However, there was no different in OM, Total N, Total P, and Total K in both time periods. Highest total N was found in rain tree leaves with Trichoderma while water hyacinth straw with Trichoderma resulted in the highest in total P. Highest total K was resulted from water hyacinth straw with Trichoderma and EM and the efficiency was better with cow manure as a catalyst. The 60 days water hyacinth straw with Trichoderma, rain tree leaves with Trichoderma, and rain tree leaves with EM composts on Chinda chili resulted in 19.50, 19.25, and 18.12 grams per pot, respectively. Therefore, Trichoderma and EM could be used to increase degradation efficiency for organic fertilizer production.

Keywords: Organic fertilizer, decomposition, farmyard manure

บทนำ

การผลิตพืชในระบบเกษตรปลอดภัย การจัดการดินและปุ๋ยมีความสำคัญมาก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการปรับปรุงบำรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ ทำให้แนวโน้มความต้องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพในการผลิตพืชเติบโตอย่างรวดเร็ว เพื่อการปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่ง ที่ได้จากการนำเอาเศษวัสดุอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ เช่น ต้นถั่วต่างๆ หญ้าแห้ง เศษใบไม้ ผักตบชวา ของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ตลอดจนขยะมูลฝอยตามบ้านเรือนมาหมักร่วมกับมูลสัตว์ ปุ๋ยไนโตรเจนและสารเร่งจุลินทรีย์ จนกระทั่งได้อินทรียวัตถุที่มีความคงทน มีความพรุนสูง ไม่มีกลิ่น สีน้ำตาลปนดำ มีอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ โดยมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกันไปตามชนิดพืช (อภิชาติ, 2557) มีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ การปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินให้มีความร่วนซุยมากยิ่งขึ้น ส่งเสริมการเกาะตัวของดิน ให้ดินมีความสามารถในการดูดซึมธาตุอาหารได้สูง รวมถึงการช่วยรักษาจุลินทรีย์ในดินที่มีประโยชน์ต่อพืช (Nunes *et al*., 2015; Ghorbani *et al*., 2008) และมีราคาไม่สูง เกษตรกรสามารถผลิตใช้ได้เองเพราะวัตถุดิบที่นำมาผลิตปุ๋ยหมักสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น ซากพืช ซากสัตว์ และวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น แต่เนื่องจากปุ๋ยหมักมีปริมาณธาตุอาหารไม่แน่นอนและมีในปริมาณที่น้อย จึงต้องใช้ปุ๋ยหมักเป็นปริมาณมากเกษตรกรจึงไม่นิยมใช้ (กรมวิชาการเกษตร, 2559) หรือในบางพื้นที่ประสบปัญหาขาดแคลนมูลสัตว์เนื่องจากการทำเกษตรในปัจจุบันหันมาใช้เครื่องจักรกลมากขึ้น มูลสัตว์จึงหายากและมีราคาแพง นอกจากความต้องการใช้มูลสัตว์เพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์แล้ว ยังมีการนำมูลสัตว์มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพ (กษิดิ์เดช และคณะ, 2559) จึงเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้ปริมาณมูลสัตว์มีไม่เพียงพอต่อการนำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้

ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีมากขึ้น แต่ก็ยังมีการ

ใช้ไม่มากนัก เพราะปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณธาตุอาหารหลักในปริมาณที่น้อย ซึ่งวัสดุอินทรีย์ที่นำมาทำปุ๋ยหมักนั้นควรมีอัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับไนโตรเจนทั้งหมด (C:N ratio) ของพืช อยู่ในช่วง 25-30 (Lynch, 1993; ยงยุทธและคณะ, 2564) เช่น การใช้พืชตระกูลถั่ว จะมีไนโตรเจนเหลือปลดปล่อยออกมาสู่สภาพแวดล้อมในรูป NH_4^+ เรียกกระบวนการ mineralization โดยเฉพาะระยะเวลาเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อกระบวนการ mineralization ของวัสดุอินทรีย์แต่ละชนิด เนื่องจากความแตกต่างขององค์ประกอบทางชีวเคมีของวัสดุอินทรีย์ เช่น ลิกนิน C/N ratio มีความสัมพันธ์เชิงลบกับกระบวนการดังกล่าว หรือสภาพแวดล้อมมักส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาแตกต่างกัน (Kaleeem Abbasi *et al*., 2015) ค่า C:N ratio จึงเป็นปัจจัยที่บ่งชี้ว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้นจะมีไนโตรเจนเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์และการย่อยสลายสารอินทรีย์ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์และอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยอินทรีย์ (วีณา, 2561) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้แก่ดิน จึงเป็นแนวทางเดียวที่จะช่วยเพิ่มปริมาณของอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้น ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด รวมทั้งผลพลอยได้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมต่างๆ เกษตรกรได้นำมาใช้ในการเกษตรเป็นเวลานานแล้ว แต่ยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร แม้ว่าหน่วยงานภาครัฐและเอกชนได้รณรงค์และส่งเสริมกันอย่างเต็มที่ ปุ๋ยอินทรีย์ยังคงมีข้อจำกัดหลายด้าน ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์นั้นต้องใช้เศษพืชต่อมูลสัตว์ในอัตราส่วน 10:1 แต่ปริมาณของเศษพืชหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นๆ มีจำนวนมาก ทำให้มีความต้องการใช้มูลสัตว์เพิ่มปริมาณขึ้น หากสามารถเลือกใช้วัสดุอื่นหรือสารเร่งการย่อยสลายอื่นทดแทนมูลสัตว์ได้ย่อมจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและเพื่อเป็นแนวทางในการสนับสนุนหรือส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาใช้ปุ๋ยอินทรีย์กันมากขึ้น ผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำจืดที่เจริญเติบโตรวดเร็ว สามารถดูดซับธาตุอาหารที่ปะปนอยู่กับตะกอนในน้ำและนำมาสะสมไว้ในส่วนของลำต้น ใบและราก ซึ่งประกอบด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม เท่ากับ 1.75, 0.63 และ 3.07% ตามลำดับ (Sotolu, 2010b; Sotolo, 2010a) ทำให้มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ และพบว่าผักตบชวามีปริมาณธาตุอาหารสูงเหมาะสำหรับการนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้แต่ยังคงมีการใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยยูเรียเป็นสารเร่ง (ทวีทรัพย์ และธนะรัตน์, 2554) และจากงานของ สุทธี (2552) ศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาผสมมูลโคโดยใช้สารเร่งชีวภาพ อัตราผักตบชวาร่วมกับมูลโค 3:1 และมีการใช้สารเร่งชีวภาพทำให้ปุ๋ยหมักเป็นเร็วมีค่า pH ไม่เป็นอันตรายต่อพืช แต่จากการศึกษาของ ศุภกาญจน์และคณะ (2553) พบว่า อัตราการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนจะสูงที่สุดในช่วง 2 สัปดาห์หลังการผสมมูลสุกร มูลโคและมูลไก่ลงไปในชุดดินยโสธร โดยมีปริมาณ 15-20 กรัมไนโตรเจนต่อดิน 100 กรัม หรือประมาณ 15-35% ของปริมาณไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบทั้งหมดของปุ๋ย ซึ่งระยะเวลาการปลดปล่อยสูงสุด นอกจากนี้ มีการศึกษาการนำปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาที่หมักด้วยแร่ลีโอนาไดท์ หินภูเขาไฟ มูลสุกรและมูลไก่ อัตรา 4:1:1:2:2 ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของพริกมากที่สุด (นัทธพงศ์, 2563) ดังนั้น เพื่อเป็นการหาแนวทางลดปริมาณมูลโคที่ใช้ในการผลิตเป็นปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการใช้สารตัวเร่งต่างชนิดต่อการย่อยสลายปุ๋ยอินทรีย์ และใช้เป็นข้อมูลในการแนะนำส่งเสริมเกษตรกรในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อย่างเหมาะสมต่อไป

วิธีวิจัย

ดำเนินการทดลอง ณ โรงเรือนปฏิบัติการด้านปุ๋ย และปลูกพืชทดสอบในแปลงปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2558 ถึงเดือนพฤษภาคม 2559 วางแผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial จัดสิ่งทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยศึกษา 2 ปัจจัย คือ ปัจจัย A เป็นชนิดพืช 2 ชนิด คือ 1) ผักตบชวา และ 2) ใบจามจุรี ปัจจัย B เป็นสารตัวเร่ง 4 ชนิด คือ 1) มูลโค 2) เชื้อจุลินทรีย์ EM 3) เชื้อจุลินทรีย์ไตรโคเดอร์มา และ 4) ปุ๋ยยูเรีย (อัตราส่วนเศษพืช : สารตัวเร่ง, 100:10 โดยน้ำหนัก) รวมทั้งสิ้น 8 ตำรับการทดลอง ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นหมักปุ๋ยในท่อซีเมนต์นำน้ำหมักชีวภาพผสมกับน้ำรดให้ทั่วกองปุ๋ย ใช้วัสดุคลุมกองปุ๋ยให้มิดชิดเพื่อควบคุมอุณหภูมิในกองปุ๋ย กลับกองปุ๋ยทุก 7 วัน วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารหลัก โดยสุ่มตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ ประมาณ 10 กรัม (น้ำหนักเปียก) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน ดังนี้ วิเคราะห์ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ด้วยเครื่อง pH/EC meter (อัตราส่วนดิน:น้ำ 1:1), , ปริมาณ Organic

matter ด้วยวิธี Walkley and Black (1947) และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ Total N ด้วยวิธี Kjeldahl (AOAC, 2016), Total P ด้วยวิธี Bray II ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Bray and Kurtz, 1945) และ Total K ด้วยวิธีการสกัดดินด้วย 1 M NH_4OAc (pH7) แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (AOAC, 2016) จากนั้นนำมาทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของพืชทดสอบ คือ พริกพันธุ์จินดา

เตรียมวัสดุปลูกในกระถางโดยนำดินร่อนผ่านตะแกรง ผสมกับแกลบดำ : ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยอินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้ว (ใช้ปุ๋ยอินทรีย์หมักที่ระยะเวลา 60 วัน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่) ในอัตราส่วน 1:1:1:1 บรรจุลงในกระถางขนาด 12 นิ้ว จากนั้นนำต้นกล้าพริกพันธุ์จินดา อายุ 45 วัน ย้ายปลูกลงในกระถางที่เตรียมไว้ ปลูกเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2559 ศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตของต้นพืช โดยบันทึกข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตพริกพันธุ์จินดา ได้แก่ จำนวนผลต่อต้น ความกว้างของผล ความยาวของผล น้ำหนักของผล และผลผลิต (กรัมต่อกระถาง) เมื่ออายุ 120 วันหลังปลูก

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของลักษณะต่างๆ ที่ได้ศึกษาตามการจัดการทดลองแบบแฟคทอเรียล และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธี โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขึ้นไป

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารหลักในกองปุ๋ยอินทรีย์

ที่ระยะเวลา 30 วัน การใช้ผักตบชวาทำให้ปุ๋ยอินทรีย์มีสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ใบจามจุรี ยกเว้น Total N ที่พบในการหมักด้วยใบจามจุรีมีค่าสูงสุด

สำหรับชนิดของสารตัวเร่งที่ต่างกัน พบว่า การใช้ EM ทำให้ค่า EC, OM และ Total N มีปริมาณมากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารตัวเร่งชนิดอื่น การใช้มูลโค, ไตรโคเดอร์มา และปุ๋ยยูเรีย ทำให้ค่า Organic carbonและ C/N ration มีปริมาณมากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ EM ส่วน Total K พบมากในมูลโค EM (0.64, 0.60%) Total P พบมากเมื่อใช้ไตรโคเดอร์มา ส่วนการใช้ปุ๋ยยูเรียทำให้มีค่า pH สูงสุด (7.82)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดพืชกับสารตัวเร่งที่ใช้ พบว่า การใช้ผักตบชวาหมักด้วย EM ทำให้ pH, EC, OM และ Total N มีค่าสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้ผักตบชวาหมักด้วยไตรโคเดอร์มา มีค่า Organic carbon สูงสุด (78.00%) ส่วนการใช้ผักตบชวาหมักปุ๋ยยูเรีย, EM และ มูลโค มีค่า C/N ratio สูงสุด (40.00, 39.33 และ 39.00%) ตามลำดับ ส่วนการใช้ผักตบชวาหมักด้วย EM, ไตรโคเดอร์มา และปุ๋ยยูเรีย มีค่า Total P ไม่แตกต่างกัน (0.32, 0.33, 0.35%) ตามลำดับ เช่นเดียวกับ การใช้ผักตบชวาหมักด้วยมูลโค และ EM มีค่า Total K สูงสุด (1.07 และ 1.05%) ตามลำดับ (Table 1)

การใช้ใบจามจุรีหมักด้วย EM, ไตรโคเดอร์มา และปุ๋ยยูเรีย ที่ระยะเวลา 30 วัน ให้ค่า C/N ratio อยู่ระหว่าง 20.66-23.33 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการหมักด้วยมูลโค ซึ่ง ค่า C/N ratio เท่ากับ 20 : 1 ถือว่าปุ๋ยหมักมีคุณภาพดีตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ยงยุทธ และคณะ, 2554) นับได้ว่าเป็นการย่อยสลายของปุ๋ยหมักที่มีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมักผักตบชวาหมักด้วยสารตัวเร่งทุกชนิด (Table 1) จึงอาจเป็นไปได้ว่าการใช้ใบจามจุรีเป็นวัตถุดิบทำปุ๋ยหมักด้วย EM, ไตรโคเดอร์มาและปุ๋ยยูเรีย หมักที่ระยะเวลา 30 วันมีประสิทธิภาพย่อยสลายให้กลายเป็นปุ๋ยได้ไม่แตกต่างกับการหมักด้วยมูลโค แต่คุณสมบัติทางเคมีด้านค่า pH, EC ของปุ๋ยหมักก็ควรนำมาเป็นปัจจัยพิจารณาร่วมด้วยเช่นเดียวกันซึ่งอาจจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้

Table 1 Chemical properties and nutrient contents in organic fertilizer (30 days after organic fertilizer composting

Factor	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Organic Carbon (%)	C/N ratio	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
ชนิดพืช (A)								
ผักตบชวา (A1)	8.05^{A}	1.71^{A}	55.09^{A}	75.37^{A}	38.16^{A}	1.80^{B}	0.33^{A}	1.01^{A}
ใบจามจุรี (A2)	7.16^{B}	0.68^{B}	45.27^{B}	33.85^{B}	21.42^{B}	2.04^{A}	0.14^{B}	0.17^{B}
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*
สารตัวเร่ง (B)								
มูลโค (B1)	7.50^{B}	1.12^{C}	43.13^{D}	54.92^{A}	31.17^{A}	1.73^{C}	0.22^{C}	0.64^{A}
เชื้อจุลินทรีย์ EM (B2)	7.51^{B}	1.37^{A}	55.36^{A}	52.33^{B}	27.33^{B}	2.25^{A}	0.24^{B}	0.60^{AB}
ไตรโคเดอร์มา (B3)	7.58^{B}	1.22^{B}	52.91^{B}	55.83^{A}	30.33^{A}	1.97^{B}	0.26^{A}	0.57^{B}
ปุ๋ยยูเรีย (B4)	7.82^{A}	1.07^{C}	49.31^{C}	54.83^{A}	30.33^{A}	1.73^{C}	0.23^{BC}	0.56^{B}
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*
(A) X (B)								
A1B1	7.93^{A}	1.68^{B}	50.78^{D}	77.50^{AB}	39.00^{A}	1.95^{C}	0.30^{B}	1.07^{A}
A1B2	8.05^{A}	1.96^{A}	59.62^{A}	71.67^{C}	39.33^{A}	2.38^{A}	0.32^{AB}	1.05^{AB}
A1B3	8.20^{A}	1.63^{B}	56.87^{B}	78.00^{A}	34.33^{B}	1.99^{C}	0.33^{A}	0.94^{C}
A1B4	8.02^{A}	1.58^{B}	53.10^{C}	74.33^{BC}	40.00^{A}	1.84^{D}	0.35^{A}	0.97^{BC}
A2B1	7.08^{C}	0.56^{D}	35.49^{G}	32.33^{D}	23.33^{C}	1.51^{F}	0.13^{DE}	0.20^{D}
A2B2	6.97^{C}	0.78^{C}	51.11^{D}	33.00^{D}	20.33^{C}	2.12^{B}	0.15^{D}	0.14^{D}
A2B3	6.97^{C}	0.81^{C}	48.95^{E}	33.67^{D}	23.33^{C}	1.95^{C}	0.19^{C}	0.19^{D}
A2B4	7.63^{B}	0.55^{D}	45.52^{F}	35.33^{D}	20.66^{C}	1.62^{E}	0.11^{E}	0.15^{D}
F-test	*	*	*	*	**	*	*	*
CV. (%)	1.55	4.17	1.21	3.61	8.22	2.09	4.81	6.36

Note: Means within a column followed by the same letter are not significantly at p>0.05 by DMRT

*, ** : significantly different at P≤0.05 and P≤0.01, respectively

ที่ระยะเวลา 60 วัน การใช้ผักตบชวาทำให้ปุ๋ยอินทรีย์มีสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ใบจามจุรี ยกเว้น Total N ที่พบว่าการหมักด้วยผักตบชวาและใบจามจุรีทำให้ค่า Total N ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการหมักด้วยใบจามจุรีมีค่าสูงสุด ซึ่งการหมักที่ระยะเวลานานขึ้นอาจทำให้ผักตบชวามีการย่อยสลายได้ดีขึ้นจึงสามารถปลดปล่อย Total N ได้ใกล้เคียงกับใบจามจุรี

สำหรับชนิดของสารตัวเร่งที่ต่างกัน พบว่า ค่า pH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใช้ไตรโคเดอร์มา ทำให้ค่า OM, Total N และ Total P มีปริมาณมากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารตัวเร่งชนิดอื่น ส่วนการใช้มูลโค มีค่า Organic carbon และ C/N ratio สูงสุด ส่วน Total K ยังคงพบมากในการใช้มูลโคและ EM เป็นสารตัวเร่ง การใช้ปุ๋ยยูเรียทำให้มีค่า pH, EC และ Total N ต่ำสุด

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดพืชกับสารเร่งที่ใช้ พบว่า การใช้ผักตบชวาหมักด้วย EM, ไตรโคเดอร์มา และปุ๋ยยูเรียทำให้ค่า pH สูงสุดแต่ไม่แตกต่างกับการหมักด้วยมูลโค การหมักผักตบชวาด้วย EM ทำให้ OM สูงสุด (64.71%) การหมักผักตบชวาด้วยมูลโคทำให้มีค่า Organic carbon และ C/N ratio สูงสุด (41.37 และ 18.33%) ตามลำดับ ส่วนการหมักผักตบชวาด้วยไตรโค

เดอร์มาทำให้ Total P สูงสุด (1.49 %) การหมักผักตบชวาด้วยไตรโคเดอร์มา, EM และ มูลโค มีค่า Total K สูงสุด (2.67, 2.10 และ 2.07 %) ตามลำดับ สำหรับการใช้ใบจามจุรีหมักร่วมกับไตรโคเดอร์มาทำให้มี Total N สูงสุด (3.63%) (Table 2)

Table 2 Chemical properties and nutrient contents in organic fertilizer (60 days after organic fertilizer composting)

Factor	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Organic Carbon (%)	C/N ratio	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
ชนิดพืช (A)								
ผักตบชวา (A1)	8.08^{A}	3.22^{A}	57.75^{A}	35.76^{A}	15.00^{A}	2.09	0.60^{A}	1.85^{A}
ใบจามจุรี (A2)	7.27^{B}	0.59^{B}	52.99^{B}	29.84^{B}	12.08^{B}	2.49	0.16^{B}	0.20^{B}
F-test	*	*	*	*	*	ns	*	*
สารตัวเร่ง (B)								
มูลโค (B1)	6.63	2.29^{A}	48.39^{C}	35.04^{A}	15.83^{A}	2.23^{BC}	0.30^{B}	1.18^{A}
เชื้อจุลินทรีย์ EM (B2)	6.77	1.99^{B}	60.68^{A}	28.68^{C}	14.17^{B}	2.35^{B}	0.21^{B}	1.14^{A}
ไตรโคเดอร์มา (B3)	6.67	1.75^{C}	60.34^{A}	33.36^{B}	14.67^{AB}	3.26^{A}	0.79^{A}	0.92^{B}
ปุ๋ยยูเรีย (B4)	6.62	1.59^{D}	52.09^{B}	34.11^{AB}	11.5^{C}	2.12^{C}	0.21^{B}	0.85^{B}
F-test	ns	*	*	*	*	*	*	*
(A) X (B)								
A1B1	6.91^{AB}	3.89^{A}	52.28^{E}	41.37^{A}	18.33^{A}	2.19^{C}	0.28^{B}	2.07^{A}
A1B2	6.00^{A}	3.43^{B}	64.71^{A}	32.93^{BC}	14.33 ^{AB}	2.27^{C}	0.27^{BC}	2.10^{A}
A1B3	6.14^{A}	2.97^{C}	59.72^{B}	34.86^{B}	12.33^{BC}	2.40^{C}	1.49^{A}	2.67^{A}
A1B4	6.28^{A}	2.58^{D}	54.31^{D}	33.86^{BC}	15.00 ^{AB}	2.40^{C}	0.34^{B}	1.55^{B}
A2B1	6.35^{B}	0.70^{E}	44.49^{G}	28.72^{D}	13.33^{BC}	2.89^{B}	0.32^{B}	0.28^{C}
A2B2	6.26^{BC}	0.56^{E}	56.65^{C}	24.43^{E}	14.00^{AB}	2.80^{B}	0.15^{BC}	0.18^{C}
A2B3	6.21^{C}	0.52^{E}	60.95^{B}	31.87^{C}	14.33^{AB}	3.63^{A}	0.09^{C}	0.17^{C}
A2B4	6.24^{BC}	0.60^{E}	49.87^{F}	34.35^{B}	10.67^{C}	2.84^{B}	0.08^{C}	0.16^{C}
F-test	*	*	*	*	**	*	*	*
CV. (%)	2.79	4.35	1.48	4.08	7.55	4.33	20.45	7.71

Note: Means within a column followed by the same letter are not significantly at p>0.05 by DMRT
ns, *, ** : not significantly and significantly different at P≤0.05 and P≤0.01, respectively

การหมักปุ๋ยที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน พบว่าการย่อยสลายของผักตบชวาและปุ๋ยหมักผักตบชวาร่วมกับสารตัวเร่งทุกชนิด มีค่า pH สูงเมื่อเปรียบเทียบกับการหมักด้วยใบจามจุรี ทั้งนี้ เนื่องจากในช่วงแรกของการสลายตัว จุลินทรีย์จะผลิตกรดสำหรับการเจริญเติบโต ปุ๋ยหมักที่ไม่ย่อยสลายหรือสลายตัวช้าจะมีสภาพที่เป็นกรด (Paekum *et al*., 2013) อย่างไรก็ตาม เมื่อมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ย่อยสลายเสร็จ ปริมาณของกรดจะสลายตัว กระบวนการย่อยสลายไนโตรเจนอินทรีย์ได้แอมโมเนียมก็จะเริ่มขึ้น (Hartz, 2007) เมื่อหมักปุ๋ยที่ระยะเวลา 60 วัน ค่า pH และค่า EC มีการเปลี่ยนแปลงค่าลดลงเพียงเล็กน้อย โดยค่า pH อยู่ในช่วงระหว่าง 6.00-6.35 ซึ่งเป็นค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช สำหรับค่า pH ที่เหมาะสมของวัสดุทำปุ๋ยหมักจะอยู่ในช่วง 6-8 (นิชรัตน์ และคณะ, 2558) และค่า EC มีค่าเพิ่มมากขึ้น

สำหรับค่า OM การย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ทำให้มีปริมาณ OM เพิ่มมากขึ้น ซึ่งค่า OM ในกองปุ๋ยอินทรีย์มีค่าสูงกว่ามาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (ปริมาณอินทรียวัตถุ ไม่น้อยกว่า 30% โดยน้ำหนัก) ที่ระยะเวลา 30

และ 60 วันหลังหมักปุ๋ย ทั้งนี้อาจเนื่องจากชนิดพืชทั้ง 2 ชนิด ต่างก็มีการสะสมอาหารไว้ในส่วนของพืชต่างๆ เมื่อนำมาหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ย่อมทำให้เกิดการย่อยสลายและปลดปล่อยอินทรียวัตถุได้ดีขึ้นด้วย ในขณะที่การใช้ใบจามจุรีเป็นวัตถุดิบหลักในการทำปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้มีค่า Total N สูงสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ที่ระยะเวลา 60 วันหลังหมักปุ๋ยอินทรีย์ การใช้ใบจามจุรีหมักร่วมกับไตรโคเดอร์มามีประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์และให้ค่าไนโตรเจนสูงที่สุด ซึ่งมีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงสุด (3.63%) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ผักตบชวา อาจเนื่องจากใบจามจุรีที่นำมาเป็นวัสดุในการทำปุ๋ยหมักนั้น เป็นพืชวงศ์เดียวกับพืชตระกูลถั่ว ที่ดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับแบคทีเรียที่ตรึงธาตุไนโตรเจนได้และมีธาตุไนโตรเจนมากถึง 2% สอดคล้องกับงานของ สุธีรา (2553) ได้วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ เศษผัก ฟางข้าว ผักตบชวา และใบจามจุรี พบว่า ปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษใบจามจุรี มีคุณภาพดีกว่าปุ๋ยหมักในทุกกรรมวิธีทั้งในด้านลักษณะภายนอกและปริมาณธาตุอาหารหลัก เนื้อปุ๋ยหมักมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย ขาดง่ายมีกลิ่นคล้ายดิน สีของวัสดุหมักมีสีน้ำตาลเข้มและมีการย่อยสลายได้ดีกว่าทุกกรรมวิธีที่ไม่มีการตัดย่อยเศษวัสดุก่อนทำการหมัก อีกทั้งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก จัดอยู่ในเกณฑ์สูงกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ว่าจะมี Total N ที่น้อยกว่าปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับผักตบชวาแต่ก็ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จึงสรุปได้ว่าปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษใบจามจุรีสามารถใช้ประโยชน์ทางการเกษตรโดยการนำมาเป็นปุ๋ยหมักได้ และเพื่อให้ได้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

สำหรับปริมาณธาตุอาหารหลักที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์ การย่อยสลายของสารตัวเร่งทำให้เศษพืชที่ต่างกันมีการย่อยสลายอย่างต่อเนื่องและทำให้มีปริมาณ Total N, Total P, Total K มีการปลดปล่อยออกมาอยู่ในกองปุ๋ยอินทรีย์ จาก Table 2 พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผักตบชวาหมักร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ไตรโคเดอร์มาทำให้ปุ๋ยอินทรีย์มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 1.49% และส่งผลทำให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผักตบชวาหมักร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ EM และผักตบชวาหมักร่วมกับมูลโค ทำให้มีค่า Total K สูงสุดเช่นเดียวกัน เท่ากับ 2.10 และ 2.07% ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของสุรพงค์ และคณะ (2559) รายงานว่า กรรมวิธีการหมักปุ๋ยด้วยเชื้อรา *Mucor ellipsoideus* + *Rhizopus oryzae* + *Trichoderma harzianum* นาน 60 วัน และกรรมวิธีการหมัก ปุ๋ยด้วยเชื้อรา *M. ellipsoideus* + *T. harzianum* นาน 30 วัน ได้ปุ๋ยที่มีคุณภาพโดยรวมดีที่สุด โดยมี Total K และ Total N สูงที่สุด เท่ากับ 0.87% และ 0.54% ตามลำดับ และปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ย่อยสลายโดยเชื้อรา *R. oryzae* + *T. harzianum* นาน 60 วัน มีการย่อยสลายผักตบชวาได้ดีที่สุด และรายงานของเฉลิมชัยและคณะ (2557) ได้ศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ย่อยสลายโดยเชื้อรา *Trichoderma sp*. ไอโซเลท UPPY19 โดยทำการหมักและสุ่มเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักผักตบชวา ที่ระยะเวลาดังนี้ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 วัน พบว่า การใช้เชื้อรา *Trichoderma sp*. ไอโซเลท UPPY19 เป็นตัวเร่งในกระบวนการหมักปุ๋ยมีคุณภาพดีกว่าปุ๋ยหมักที่ไม่มีเชื้อรา *Trichoderma sp*. ไอโซเลท UPPY19 (ชุดควบคุม) ทั้งในด้านลักษณะภายนอกและปริมาณธาตุอาหารหลัก กล่าวคือ เนื้อปุ๋ยหมักมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย ขาดง่าย มีกลิ่นคล้ายดิน และสีของวัสดุหมักมีสีน้ำตาลเข้มและมีการย่อยสลายได้ดีกว่าชุดควบคุม อีกทั้งมีปริมาณธาตุอาหารหลักจัดอยู่เกณฑ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับการศึกษาของ ทวีทรัพย์และธนะรัตน์ (2554) ได้ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในเศษวัสดุต่างๆ พบว่าผักตบชวามีปริมาณธาตุอาหารสูงเหมาะสำหรับการนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้ แต่ยังคงมีการใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยยูเรียเป็นสารเร่งกระบวนการหมักปุ๋ย

จากการศึกษาการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าว ที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน พบว่า ระยะเวลา60 วัน มีการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ได้ดีกว่าระยะเวลา 30 วัน เมื่อพิจารณาจากข้อมูลคุณสมบัติทางเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่า C/N ratio ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 10.67-18.33 ซึ่งเป็นดัชนีที่สำคัญสำหรับการทำปุ๋ยหมัก ในการเริ่มต้นหมักปุ๋ยตามทฤษฎีมีค่าอยู่ระหว่าง 25-30 หรือในทางปฏิบัติอาจจะมีค่าได้ถึง 35-45 แต่ถ้าค่า C/N ratio ต่ำกว่า 20 : 1 ถือว่าปุ๋ยหมักมีคุณภาพดีตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ยงยุทธ และคณะ, 2554) ซึ่งหากค่า C/N ratio สูงขึ้นก็จะทำให้ระยะเวลาในการหมักนานขึ้นด้วย และค่า pH, EC ของปุ๋ยหมักดังกล่าวอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืช นอกจากนี้คุณสมบัติทางกายภาพที่สังเกตเห็นคือขนาดของวัสดุหมักถูกย่อยสลายมีขนาดเล็กลงกว่าที่ระยะหมัก 30 วัน ปุ๋ยหมักมีสีดำปนน้ำตาล และมีกลิ่นคล้ายดินจึงได้นำปุ๋ยหมักที่ระยะ 60 วัน มาทดสอบประสิทธิภาพกับพืชทดสอบต่อไป

ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตพริก

จากการศึกษาอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกันที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ พริกชี้ฟ้าพันธุ์จินดา พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดพืชและสารตัวเร่งทำ

ให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตพริกแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้ผักตบชวาหมักร่วมกับเชื้อราไตโคเดอร์มา และใบจามจุรีหมักร่วมกับเชื้อราไตโคเดอร์มา และเชื้อจุลินทรีย์ EM ส่งผลให้มีผลผลิตพริกสูงสุดคือ 19.50, 19.25 และ 18.12 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ (Table3) และมีผลทำให้ผลพริกมีความยาวเช่นเดียวกัน เนื่องจากใบจามจุรีมีปริมาณของธาตุไนโตรเจนสูงกว่าการใช้ชนิดพืชและสารตัวเร่งอื่นๆ สอดคล้องกับค่าวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้ ส่งผลทำให้พริกมีผลผลิตพริกต่อไร่จากการใช้ปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและเศษใบไม้ร่วมกับสารตัวเร่งคือ เชื้อจุลินทรีย์ไตรโคเดอร์มาทำให้มีผลผลิตสูงสุด ส่งผลให้ขนาดความยาวของผลพริกให้ผลผลิตดีที่สุดเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับรายงานของพัฒน์พงษ์ และคณะ (2555) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใช้ปูนและจุลินทรีย์ควบคุมสาเหตุโรคพืช (ไตรโคเดอร์มา) เพื่อเพิ่มผลผลิตพริกขี้หนู พบว่า ผลผลิตจากการเก็บพริกทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มพบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีตาม ค่าวิเคราะห์ร่วมกับปุ๋ยหมักและการใช้จุลินทรีย์ควบคุมสาเหตุโรคพืชให้ผลผลิตพริกขี้หนูสูงสุดเท่ากับ 2,188 กิโลกรัมต่อไร่ และการศึกษาของทวีทรัพย์และคณะ (2561) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มา *Trichoderma harzianum* ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกชี้ฟ้า โดยการผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มา *T. harzianum* ในวัสดุปลูก พบว่า การผสมเชื้อรา *T. harzianum* ในวัสดุปลูกอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และวิธีการผสมเชื้อรา *T. harzianum* ในวัสดุปลูกอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการฉีดพ่นสารละลาย เชื้อรา *T. harzianum* ทุก 15 วัน มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโต ทางด้านความสูงของต้น ความยาวราก น้ำหนักต้นและน้ำหนักราก ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับการไม่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* ในวัสดุปลูก (control) นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตพริกชี้ฟ้าซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับการไม่ใส่ (control) อย่างไรก็ตามการผสมเชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับการฉีดพ่น เชื้อรา *T. harzianum* ยังส่งผลให้คุณภาพของผลผลิตพริกชี้ฟ้า ทางด้านความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของผลสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* ในวัสดุปลูกอีกด้วย และงานทดลองของโสรญา (2552) ได้ศึกษาผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของพริกหนุ่มที่ปลูกในดินชุดสันทรายพบว่าความยาวของผลพริก ในแต่ละตำรับปุ๋ย N:P:K ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ต้นพริกหนุ่มที่ได้รับไนโตรเจนเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มที่มีความยาวของผลพริกที่เพิ่มขึ้น ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างไนโตรเจนกับฟอสฟอรัส และอิทธิพลร่วมระหว่างไนโตรเจนกับโพแทสเซียมจะทำให้ผลพริกมีแนวโน้มทำให้ความยาวผลพริกเพิ่มขึ้นและการใส่โพแทสเซียมหรือฟอสฟอรัสอย่างเดียว จะทำให้ผลพริกมีขนาดความยาวไม่แตกต่างกันกับตำรับควบคุมและสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Naeem *et al.* (2002) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เพียงพอควบคู่กับฟอสฟอรัสหรือโพแทสเซียมจะทำให้พริกมีจำนวนผลผลิตต่อต้น และความยาวผลพริกมากกว่าต้นที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย จึงเป็นไปได้ว่านอกจากไนโตรเจนจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตด้านลำต้นและใบแล้วยังส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตอีกด้วย

Table 3 Yield and Yield components of Chinda chilli production

Factor	ผลผลิต (กรัมต่อกระถาง)	องค์ประกอบของผลผลิต			
		จำนวนผล/ต้น (ผล)	ความกว้างของผล (มิลลิเมตร)	ความยาวของผล (มิลลิเมตร)	น้ำหนักต่อผล (กรัม)
ชนิดพืช (A)					
ผักตบชวา (A1)	15.66	60.00	0.83	52.50	9.65
ใบจามจุรี (A2)	16.75	65.13	0.83	53.42	7.70
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
สารตัวเร่ง (B)					
มูลโค (B1)	13.74^{C}	66.75	0.80	41.47^{C}	5.60^{C}
เชื้อจุลินทรีย์ EM (B2)	14.71^{BC}	62.50	0.89	53.05^{B}	9.60^{A}
ไตรโคเดอร์มา (B3)	19.37^{A}	63.50	0.85	65.25^{A}	7.74^{B}
ปุ๋ยยูเรีย (B4)	17.02^{AB}	57.50	0.78	52.08^{B}	7.86^{B}
F-test	*	ns	ns	*	*
(A) X (B)					
A1B1	12.74^{D}	60.00	0.85	42.30^{C}	5.14^{C}
A1B2	12.29^{D}	57.50	0.92	42.10^{C}	13.62^{A}
A1B3	19.50^{A}	65.50	0.83	66.30^{A}	13.05^{A}
A1B4	17.12^{B}	57.00	0.73	59.63^{B}	10.24^{A}
A2B1	14.74^{C}	73.50	0.75	40.65^{C}	6.06^{B}
A2B2	18.12^{A}	67.50	0.86	64.00^{A}	5.59^{B}
A2B3	19.25^{A}	61.50	0.87	64.20^{A}	5.39^{B}
A2B4	15.91^{BC}	58.00	0.82	52.48^{BC}	5.96^{B}
F-test	*	ns	ns	*	*
CV. (%)	5.85	12.61	13.52	5.80	11.47

Note: Means within a column followed by the same letter are not significantly at p>0.05 by DMRT
ns, * : not significantly and significantly different at P≤0.05, respectively

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การใช้ผักตบชวาและใบจามจุรีหมักร่วมกับสารตัวเร่งทั้ง 4 ชนิด คือ มูลโค EM ไตรโคเดอร์มา และยูเรีย ส่งผลให้ปุ๋ยหมักที่ระยะเวลา 60 วัน มีคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) แตกต่างกันทางสถิติ มีค่า pH, EC อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืช ค่า C/N Ratio ต่ำกว่า 20 ถือว่าปุ๋ยหมักมีคุณภาพดีตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ค่า OM, Total N, Total P และ Total K อยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้เป็นอย่างดีการใช้ใบจามจุรีหมักร่วมกับไตรโคเดอร์มาทำให้มี Total N สูงสุด การใช้ผักตบชวาหมักร่วมกับไตรโคเดอร์มาทำให้มี Total P สูงสุด และการใช้ผักตบชวาหมักร่วมกับไตรโคเดอร์มาและ EM ทำให้มี Total K สูงสุดและมีประสิทธิภาพดีเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้มูลโคเป็นสารตัวเร่งการย่อยสลายและเมื่อใช้ปุ๋ยหมักจากผักตบชวาหมักร่วมกับไตรโคเดอร์มา ใบจามจุรีหมักร่วมกับไตรโคเดอร์มา และใบจามจุรีหมักร่วมกับ EM ส่งผลให้พริกพันธุ์จินดามีการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตสูงสุด (19.50, 19.25 และ 18.12 กรัมต่อกระถาง) ตามลำดับ เนื่องจากมีปริมาณธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ จึงส่งผลทำให้พริกพันธุ์จินดามีการดูดใช้ธาตุอาหารและส่งผลทำให้มีความยาวของผล และน้ำหนักผลพริกสดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 66.30 มิลลิเมตรต่อผล และ 13.05 กรัมต่อผล ตามลำดับ

ดังนั้น แนวทางที่อาจนำไปประยุกต์ใช้กับเกษตรกรในการหมักปุ๋ยคือ ใช้ปุ๋ยหมักจากผักตบชวาร่วมกับไตรโคเดอร์มา ใบจามจุรีหมักร่วมกับไตรโคเดอร์มา และใบจามจุรีหมักร่วมกับ EM หมักที่ระยะเวลา 60 วัน ทดแทนการใช้มูลโคเป็นสารตัวเร่งการย่อยสลายได้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2559. คู่มือปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับวิชาการ). กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กษิดิ์เดช สืบศิริ กิตติคุณ แก้วภิรมย์ เขษมพงษ์ สงสอน. 2559. โครงการการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์เพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทน สำหรับครัวเรือนในชุมชนแบบยั่งยืน ปีที่ 6. คลินิกเทคโนโลยี. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.

เฉลิมชัย แพะคำ บุญร่วม คิดค้า มนัส ทิตย์วรรณ และวิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก. 2557. การศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ย่อยสลายโดยเชื้อรา *Trichoderma* sp. ไอโซเลท UPPY19. วารสารแก่นเกษตร 42(1), 671-676.

ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์ และธนะรัตน์ ฤาชัยราม. 2554. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการและธาตุอาหารหลักของปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นต่างชนิดกัน. *ใน*: การประชุมวิชาการนานาชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางการเกษตร ครั้งที่ 1 วันที่ 21-22 กรกฎาคม 2554 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์ กัญชลิกา รัตนเชิดฉาย จักรตราวุธ บุตรดาชุย และวัฒนา วารินอินทร์. 2561. ประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มา *Trichoderma harzianum* ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกชี้ฟ้า. *ใน*: การประชุมวิชาการระดับชาติราชมงคลสกลนคร. ครั้งที่ 1. วันที่ 17-19 พฤษภาคม พ.ศ. 2561. ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร.

นัทธพงศ์ ยะแสง. 2563. การปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์จากผักตบชวาที่หมักด้วยรายอยสลาย *Mucor ellipsoideus* (UPPY06), *Rhizopus oryzae* (UPPY29) และ *Trichoderma harzianum* (UPPY19) เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และควบคุมโรคแอนแทรคโนสและโรคเหี่ยวเหลืองพริก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา.

นิชรัตน์ ศรีโสภณ เฉลิมชัย แพะคำ และวิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก. 2558. การคัดเลือกจุลินทรีย์ดินในการผลิตเอนไซม์ย่อยสลายผักตบชวาหมักและเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชเพื่อผลิตปุ๋ยหมักผักตบชวา. วารสารแก่นเกษตร. 43(1), 367-372.

พัฒน์พงษ์ ยอดเพชร สุรินทร์ แก้วลาด และ ธงชัย มาลา. 2555. *ศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใช้ปูนและจุลินทรีย์ควบคุมสาเหตุโรคพืช*. ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรื่องปลูกพืชทดลองสถาบันวิจัยและพัฒนากำแพงแสน. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยาเขตกำแพงแสน**.**

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2554. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีณา นิลวงศ์. 2561. ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 36(3), 178-188.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี สมฤทัย ตันเจริญ ภาวนา ลิกขนานนท์ และสุปราณี มั่นหมาย. 2553. ศึกษาการสลายตัวและพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยผสมอินทรีย์เคมี ภายใต้สภาพความชื้นสนาม: การทดลองย่อย ศึกษาการสลายตัวและพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยหมัก. ผลการปฏิบัติงาน ประจำปีงบประที่ 2553 เล่มที่ 1, กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

สุทธี พลรักษา. 2552. การทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาผสมมูลวัวโดยใช้สารเร่งชีวภาพ. ปัญหาพิเศษสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุธีรา แก้วมี. 2553. ศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรื่องปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนากำแพงแสน นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สุรพงค์ คุณา กนิษฐา ทองเกล็ด บุญร่วม คิดค้า และวิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก. 2559. ผลของเชื้อรายอยสลาย

และระยะเวลาในการหมักปุ๋ยต่อคุณภาพปุ๋ยหมักผักตบชวา. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 3(พิเศษ III), 1-7.

โสรญา มูลด้วง. 2552. ผลของระดับปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของพริกหนุ่มในดินชุดสันทราย. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อภิชาติ ศรีสะอาด. 2557. แนวทางการใช้ปุ๋ยที่ถูกต้อง. สมุทรสาคร: สำนักพิมพ์นาคา.

AOAC. 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International 20th Edition. Maryland, USA: AOAC International.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz.1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Science. 59(1), 39-45.

Ghorbani, R., A. Koocheki, M. Jahan, and G.A. Asadi. 2008. Impact of organic amendments and compost extracts on tomato production and storability in agroecological systems. Agronomy for Sustainable Development. 28(2), 307–311.

Hartz, T.K. 2007. Assessing compost maturity and suitability for agricultural uses. Accessed: 28 August 2021, http://www.p2pay.org/ref-/11/10513.html.

Kaleeem Abbasi, M., M. Mahmood Tahir, N. Sabir, and M. Khurshid. 2015. Impact of the addition of different plant residues on nitrogen mineralization–immobilization turnover and carbon content of a soil incubated under laboratory conditions. Solid Earth. 6(1), 197–205.

Lynch, J.M., 1993. Substrate Availability in the Production of Compost. *In*: H.A.J. Hoitink and H. Keener (Eds.). Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological, and Utilization Aspects. Worthington, Ohio: Renaissance Publications.

Naeem, N., I. Muhammad, J. Khan, G. Nabi, N. Muhammad, and N. Badshah. 2002. Influence of various levels of nitrogen and phosphorus on growth and yield of chilli (*Capsicum annum* L.). Asian Journal of Plant Sciences. 1, 599-601.

Nunes, W.A.G. de A., J.F.S. Menezes, V. de M. Benites, S.A. de Lima Junior, and A. dos S. Oliveira. 2015. Use of organic compost produced from slaughterhouse waste as fertilizer in soybean and corn crops. Scientia Agricola. 72(4), 343–350.

Paekum, C, Tittayavan, M. and Nuangmek, W. 2013. Screening of enzymes activities in indigenous microorganism for water hyacinth degradation. 29th National Graduate Research Conference. 24-25 October 2013, Mae Fah Luang University, Chaingrai.

Sotolu, A. O. 2010b. Management and utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for improved aquatic resources. *In*: 25th Annual Conference of the Fisheries Society of Nigeria (FISON). 25-29 October 2010. Lagos, Nigeria.

Sotolu, A.O. 2010a. Digestibility value and nutrient utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) meal as plant protein supplement in the diet of Clarias gariepinus (Burchell, 1822) juveniles. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 9(5), 539–544.

Walkley, A., and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil science. 37(1), 29–38.