วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสำหรับการขยายพันธุ์ไส้เดือนดินและการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือน

Agricultural waste materials for earthworm propagation and vermicompost production

เสาวนิตย์ ชอบบุญ[1,2], ศักดิ์ชาย คงนคร[1]* และ ปริญญา ทับเที่ยง[1]

Saowanit Chobbun[1,2], Sakchai Khongnakhon[1]* and Parinya Thubthaing[1]

[1] *คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 ต. เขารูปช้าง อ. เมือง จ. สงขลา 90000*
[1] *Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University, 160, Kaorupchang, Mueang, Songkhla, 90000*
[2] *ศูนย์ทรัพยากรจุลินทรีย์และการใช้ประโยชน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 160 ต. เขารูปช้าง อ. เมือง จ. สงขลา 90000*
[2] *Microbial resources and utilization center, Songkhla Rajabhat University, 160, Kaorupchang, Mueang, Songkhla, 90000*

บทคัดย่อ: วัสดุเหลือใช้ทางเกษตรจำพวกมูลสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้แก่ มูลวัวนม นิยมนำมาใช้เป็นอาหารของไส้เดือนดินสำหรับการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีสารอาหารมากกว่ามูลของวัวไล่ทุ่งและโคขุน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อขยายพันธุ์ไส้เดือนดินสายพันธุ์ AF (African Night Crawler, *Eudrilus eugeniae*) และผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยนำผลไม้สุกงอมจากร้านค้าและส่วนของต้นไม้จากแปลงเกษตร ได้แก่ กล้วยสุก มะม่วงสุก ฝรั่งกิมจูสุก โสน และหยวกกล้วย ผสมกับมูลวัวนมใช้สำหรับเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์ AF โดยการวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จากผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าฝรั่งกิมจูสุกเหมาะสำหรับเป็นอาหารของไส้เดือน รองลงมาคือ หยวกกล้วย ในขณะที่กล้วยสุกและมะม่วงสุกไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นอาหารของไส้เดือน จากการศึกษาปริมาณผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือน ถุงไข่ จำนวนตัว และน้ำหนักของไส้เดือนโดยวิธีสุ่มสมบูรณ์ และเพาะเลี้ยงนาน 30 วัน พบว่าสัดส่วนของหยวกกล้วยต่อมูลวัวนม เท่ากับ 500 ต่อ 2,500 กรัม และ 1,000 ต่อ 2,000 กรัม ให้ผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนสูงสุด เท่ากับ 2,313.33 ± 37.24 และ 1,896.67 ± 149.76 กรัม ตามลำดับ จำนวนถุงไข่ไส้เดือนสูงสุด เท่ากับ 738.50 ± 56.00 ถุง รองลงมา คือ 426.00 ± 43.88 ถุง ได้จากอาหารที่มีส่วนผสมของฝรั่งสุกต่อมูลวัวกิมจูสุกต่อมูลวัวนมในสัดส่วน 500 ต่อ 2,500 กรัม และสัดส่วนของหยวกกล้วยต่อมูลวัวนม เท่ากับ 500 ต่อ 2,500 กรัม ตามลำดับ และพบว่าอาหารผสมฝรั่งกิมจูสุกต่อมูลวัวนม เท่ากับ 1,000 ต่อ 2,000 กรัม ให้จำนวนไส้เดือนมากที่สุด เท่ากับ 898.00 ตัว ± 60.04 ตัว ตามด้วยสัดส่วนของหยวกกล้วยต่อฝรั่งกิมจูสุกต่อมูลวัวนม เท่ากับ 500 ต่อ 500 ต่อ 2,000 และ 333 ต่อ 333 ต่อ 2,333 กรัม มีจำนวนไส้เดือน เท่ากับ 584.33 ± 86.83 และ 533.00 ± 17.32 ตัว ตามลำดับ และน้ำหนักตัวสูงสุดของไส้เดือน เท่ากับ 211.13 ± 5.99 และ 135.42 ± 4.60 กรัม จากการเลี้ยงด้วยส่วนผสมของหยวกกล้วยต่อมูลวัวนมในสัดส่วน 500 ต่อ 2,500 กรัม และผลฝรั่งกิมจูสุกต่อมูลวัวนมในสัดส่วน 500 ต่อ 2,500 กรัม ตามลำดับ ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสำหรับเกษตรกรที่ต้องการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนและผลผลิตไส้เดือนควรเลือกใช้สูตรอาหารที่มีสัดส่วนของหยวกกล้วยต่อมูลวัวนม เท่ากับ 500 ต่อ 2,500 กรัม และปุ๋ยมูลไส้เดือนมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดเป็นไปตามเกณฑ์ของประกาศกรมวิชาการเกษตร กรณีที่ต้องการขยายพันธุ์ไส้เดือนดินสายพันธุ์ AF ควรเลือกใช้สูตรอาหารที่มีสัดส่วนของฝรั่งกิมจูสุกต่อมูลวัวนม เท่ากับ 1,000 ต่อ 2,000 กรัม

คำสำคัญ: ไส้เดือน; มูลวัวนม; ปุ๋ยมูลไส้เดือน; วัสดุเหลือใช้ทางเกษตร

ABSTRACT: Agricultural waste materials such as ruminant manure, i.e. milk cow manure, are widely used as earthworm feed for vermicompost production as they contain more nutrients than manure of field cows and fattening cows. The objective of this research is to propagate AF earthworms (African Night Crawler, *Eudrilus eugeniae*) and produce vermicompost using agricultural waste materials. The ripe fruits and tree parts collected

* Corresponding author: sakchai.kh@skru.ac.th

Received: date; September 14, 2023 Revised: date; May 21, 2024

Accepted: date; June 27, 2024 Published: date; September 24, 2024

from fruit shops and agricultural plots such as ripe bananas, ripe mangoes, ripe guavas, sesbania, and banana leaf sheath were mixed with cow manure for feeding AF earthworms by using a completely randomized design (CRD). The preliminary study found that ripe guava was suitable for earthworms following by banana leaf sheath, respectively, while ripe bananas and ripe mangoes were unsuitable for feeding of earthworms. Study in the amount of vermicompost yield, cocoon, number, and body weight of earthworms by CRD for 30 days showed the ratio of banana leaf sheath: cow manure as 500:2,500 g and 1,000:2,000 g were the highest vermicompost yield as 2,313.33 ± 37.24 and 1,896.67 ± 149.76 g, respectively. The highest number of cocoons as 738.50 ± 56.00 following by 426.00 ± 43.88 sacs from the ratio of ripe guavas: cow manure as 500:2,500 g and the ration of banana leaf sheath: cow manure as 500:2,500 g, respectively. The study of number of earthworms showed ripe guavas: cow manure as 1,000:2,000 g, were the highest number of earthworms as 898.00. ± 60.04 followed by ratio of banana leaf sheath: ripe guavas: cow manure as 500:500:2,000 and 333:333:2,333 g showed the number of earthworms as 584.33 ± 86.83 and 533.00 ± 17.32 respectively. The highest body weight of earthworms of 211.13 ± 5.99 and 135.42 ± 4.60 g from the mixed of banana leaf sheath: cow manure as 500:2,500 g and ripe guavas: cow manure as 500:2,500 g, respectively. The results of the study show that vermicompost production and earthworm production should be formulated with a ratio of leaf sheath to cow manure equal to 500:2,500 g. The vermicompost contains total nitrogen, phosphorus and potassium content in accordance with the criteria of the Department of Agriculture announcement. The propagation of *Eudrilus eugeniae* should be chosen a recipe with a ratio of 1,000:2,000 g of ripe guava to milk cow manure.

Keywords: *Eudrilus eugeniae*; cow manure; vermicompost; agricultural waste materials

บทนำ

ปัจจุบันนี้ในประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์ไส้เดือนดินในด้านการเกษตรอย่างแพร่หลาย ไส้เดือนดินมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศวิทยาของดิน ได้ชื่อว่าเป็น วิศวกรระบบนิเวศ (ecosystem engineers) สามารถปรับเปลี่ยนและปรับปรุงสุขภาพของดินและเพิ่มผลผลิตของพืช (Xiao et al., 2022) การเคลื่อนที่ของไส้เดือนดินทำให้ดินเกิดช่องว่าง เพิ่มความพรุน ดินร่วนซุย ระบายน้ำและอากาศได้ดี และไส้เดือนดินช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเร่งการสลายตัวของเศษซากพืชและอินทรียวัตถุในดิน และปล่อยสารอาหารในรูปแบบที่พืชสามารถดูดซึมได้ง่าย (Edwards and Arancon, 2022) โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะอาหารของไส้เดือนดินจะช่วยเร่งการย่อยสลายและลดความเป็นพิษของสารเคมีลงและในขุยของไส้เดือนดินมีสารกระตุ้นการเจริญของพืชประเภทออกซินจะช่วยกระตุ้นการเกิดราก ทำให้พืชเจริญเร็วขึ้น และยังช่วยกระตุ้นการเจริญของยอดและหน่อพืชหลายชนิดจึงทำให้พืชเจริญเติบโตเร็วและแผ่กิ่งก้านคลุมวัชพืช ช่วยลดการแก่งแย่งน้ำและธาตุอาหารของวัชพืช นอกจากนี้การกินเศษหญ้าและเศษซากพืชของไส้เดือนยังช่วยลดศัตรูพืช เช่น ไส้เดือนดินฝอย ลดไข่ของแมลง และจุลินทรีย์ที่เป็นโทษต่อพืช ในพื้นที่มีไส้เดือนดินจำนวนมากจะช่วยยับยั้งวัชพืชเพราะไส้เดือนดินจะกินและทำลายเมล็ดวัชพืช (Edwards and Bohlen, 1996) ส่วนปุ๋ยมูลไส้เดือนดินช่วยเพิ่มการงอกของเมล็ดพืช นอกจากนี้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินผสมวัสดุอินทรีย์ยังสามารถส่งเสริมการงอกของเมล็ดพืชที่มีศักยภาพในการปลูกในพื้นที่ดินเค็มได้ (ณัฐกิตติ์ และคณะ, 2564) เมือกไส้เดือนดินทำให้เกิดเม็ดดินและกักเก็บความชื้นในดินได้ดี อีกทั้งช่วยแพร่กระจายจุลินทรีย์ในดินหลายกลุ่ม โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่มีความสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศและย่อยสลายฟอสเฟตจากดินออกมาให้พืชใช้ได้ (อานัฐ, 2557) จำนวนและปริมาณความหนาแน่นของไส้เดือนดินที่มีอยู่ในดินสามารถบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินในบริเวณนั้นได้อีกด้วย (สมชัย , 2560) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ไส้เดือนดินการเปนดัชนีที่มีชีวิต (bio-Index) สำหรับการบ่งชี้การปนเปอนของสารพิษตาง ๆ ในดิน เนื่องจากไสเดือนดินมีไขมันที่สามารถดูดซับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางกลุ่ม (อานัฐ, 2563) และยังใช้ไส้เดือนดินในการทำเกษตรอินทรีย์โดยใช้ทำปุ๋ยทางดินและทางใบ เช่น ใช้ผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือน (vermicompost) และน้ำหมักมูลไส้เดือน ซึ่งเป็นวัสดุที่มีสารอาหารพืชสูงและพร้อมที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนี้ยังใช้ไส้เดือนดินเป็นอาหารสัตว์โดยตรงหรือแปรรูปเป็นไส้เดือนป่นผงใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ เช่น อาหารปลา ไก่ สุกร และกุ้ง เป็นต้น ไส้เดือนดินที่นิยมเพาะเลี้ยงได้แก่ ไส้เดือนดินสายพันธุ์ขี้ตาแร่ (*Pheretima peguana*) ไส้เดือนดินสายพันธุ์ African Night Crawler (*Eudrilus eugeniae*) และไส้เดือนดินสายพันธุ์ดินสีแดง (*Lumbricus rubellus*) โดยทั้ง 3 สายพันธุ์มีโปรตีนรวมสูง 58.50%, 59.77% และ 49.85% ตามลำดับ และมีไขมันรวม 6.40%, 10.65% และ 8.42% ตามลำดับ (ปฐมพงศ์ และคณะ, 2562) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมของวัสดุรองพื้นที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ไส้เดือนดิน ได้แก่ ความชื้น (60-80%)

อุณหภูมิ (15-30 C) ความเป็นกรด-ด่าง (กรดอ่อนถึงด่างอ่อน) การระบายน้ำและอากาศ และปริมาณอาหารคืออินทรีย์วัตถุ (อานัฐ, 2549) ดังนั้นไส้เดือนดินจึงเป็นสัตว์อีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญมากต่ออาชีพเกษตรกรรมยั่งยืน เกษตรกรสามารถเพิ่มปริมาณได้ง่าย เนื่องจากประเทศไทยมีพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ทำการเกษตรกรรมจึงมีวัสดุเหลือใช้ปริมาณสูง ประกอบด้วยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (agricultural wastes) ประกอบด้วยเศษซากพืชจากไร่นาและสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ต่าง ๆ และวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม (industrial wastes) เช่น กากตะกอนอ้อย (filter cake) และกากชานอ้อย (bagasse) จากโรงงานกากน้ำตาล กากตะกอนเยื่อกระดาษจากโรงงานเยื่อกระดาษ เป็นต้น (ชัยสิทธิ์, 2563) รวมทั้งขยะอินทรีย์ เช่น เศษผักและผลไม้ที่มีตลอดทุกฤดูและตามฤดูกาล ดังนั้นเกษตรกรของไทยจึงควรเรียนรู้เทคนิคการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินและเลือกใช้วัสดุเหลือใช้ในพื้นที่ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต การขยายพันธุ์และการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์จากไส้เดือนดินให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด การใช้ไส้เดือนดินในการบำรุงดินและเป็นอาหารสัตว์ ทำให้ลดต้นทุนการซื้อปุ๋ยเคมีและลดค่าใช้จ่ายอาหารสัตว์ ตัวอย่างวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีการใช้เพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน เช่น มูลควายและมูลวัวเหมาะสำหรับเป็นวัสดุรองพื้น (พงษ์สุดา และคณะ, 2559) วัสดุเหลือใช้ที่ใช้เพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน ได้แก่ ใช้มูลวัวผสมชานอ้อย (1:3) (ปนัดดา และคณะ, 2560) กากมันผสมดินและมูลไก่ (7:2:1) (ณัฏฐิรา, 2558) กากตะกอนเยื่อกระดาษผสมดินร่วนและมูลวัว (2:1:1) (วันวิสาข์ และคณะ, 2566) มูลนกแอ่นกินรังผสมขุยมะพร้าว (6:4) (ปนัดดา และคณะ, 2563) และยังมีการใช้ขยะอินทรีย์เป็นส่วนผสมเป็นอาหารไส้เดือนดิน เช่น ดินร่วนผสมมูลวัวขี้เถ้าและเศษผัก (3:2:1:4) (ณัฏฐ์ชยธร และ ชุลีมาศ, 2561) มูลวัวผสมขยะอินทรีย์ (6:1) (ขวัญฤทัย และ จันทนา, 2562)

การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินในภาคใต้ส่วนใหญ่เกษตรกรนิยมใช้มูลวัวนมเพียงอย่างเดียว เนื่องจากมูลวัวนมมีสารอาหารเหมาะสมและเตรียมได้ง่าย โดยการนำมูลวัวนมแห้งมาแช่น้ำ 3-5 วัน ระบายน้ำทิ้งวันละครั้ง เพื่อลดปริมาณแก๊สและความร้อน วางทิ้งไว้ให้หมาด ๆ แล้วนำมูลวัวนมไปใช้เพาะเลี้ยงไส้เดือนดิน แต่ในท้องตลาดภาคใต้มีการจำหน่ายมูลวัวนมในราคาค่อนข้างแพง เกษตรกรจึงควรมีการผสมมูลวัวนมกับวัสดุเหลือใช้ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มมูลค่า ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ African Night Crawler (AF) ศึกษาผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดินและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน โดยใช้มูลวัวนมผสมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและขยะอินทรีย์

วิธีการศึกษา

1) เตรียมไส้เดือนดินสายพันธุ์ African Night Crawler (*Eudrilus eugeniae*) จากฟาร์มไส้เดือนในจังหวัดชัยภูมิ โดยเพาะเลี้ยงด้วยมูลวัวนมนาน 1 เดือน ในกะละมังขนาด 110 ลิตร และปิดด้วยกระดาษลัง วางใต้อาคารและมีอากาศถ่ายเท เพื่อให้ไส้เดือนดินปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่และเพิ่มปริมาณ

2) คัดเลือกตัวอย่างอาหารของไส้เดือนที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น ได้แก่ มะม่วงสุกงอม กล้วยหอมสุกงอม ฝรั่งกิมจูสุกงอม (ผลไม้คัดทิ้งจากร้านผลไม้ ต. บ่อยาง อ. เมือง จ. สงขลา) หยวกกล้วยและยอดสโน (จากพื้นที่เกษตรกรรม ต. พะวง อ. เมือง จ. สงขลา) เพื่อนำไปผสมในมูลวัวนม

3) เตรียมมูลวัวนม โดยการแช่น้ำให้ท่วมในถังและปล่อยน้ำทิ้งทุก ๆ วันๆ ละ 2 ครั้ง นาน 5 วัน แล้ววางให้สะเด็ดน้ำนาน 1 คืน (ดัดแปลงจาก อารีรัตน์ และ นิวัตน์, 2560; ภาวิณีย์, 2560) เพื่อไปผสมกับวัสดุอินทรีย์ตามสูตรที่วางแผนไว้

4) เพาะเลี้ยงไส้เดือนจำนวน 100 g โดยเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีส่วนผสมของมูลวัวนมและวัสดุอินทรีย์ที่คัดเลือกในภาชนะพลาสติกสีดำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 cm เจาะรูบริเวณก้นภาชนะจำนวน 32 รู จำนวน 7 สูตร โดยการวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ดัง **Table 1** รดน้ำให้มีความชื้นประมาณ 60-70% เพาะเลี้ยงนาน 30 วัน (ดัดแปลงจาก อานัฐ, 2563)

Table 1 Proportion of feed for earthworm feeding for 30 days

Treatment	Proportion of ingredients (g)		
	Banana leaf sheath	Ripe guavas	Cow manure
T1	0.00	0.00	3,000
T2	0.00	1,000	2,000
T3	1,000	0.00	2,000
T4	500	500	2,000
T5	0.00	500	2,500
T6	500	0.00	2,500
T7	333	333	2,333

5) เก็บข้อมูลปริมาณปุ๋ยมูลไส้เดือน จำนวนถุงไข่ จำนวนไส้เดือน และน้ำหนักไส้เดือน และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple's Rang test (DMRT)

6) วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (as determined basis) และความชื้น (as received basis) โดยการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (N) ด้วยวิธี Kjeldahl method โดยใช้ Total Nitrogen Analyzer, Kjeltec 8400, FOSS, Denmark (Abrams et al, 2014) ปริมาณฟอสฟอรัส (total P_2O_5) และโพแทสเซียม (total K_2O) วิเคราะห์ด้วย ICP-OES : Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrophotometer, Perkin Elmer, AVIO 500, USA (Van et al., 1999) สำหรับความชื้นวิเคราะห์ด้วยวิธี Gravimetric method (Black, 1965)

7) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามแผนการทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

ผลการศึกษา

ชนิดของวัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงไส้เดือน

ผลการศึกษาพบว่าไส้เดือนดินกินเฉพาะฝรั่งกิมจูสุกตั้งแต่วันแรกที่ให้อาหาร ส่วนกล้วยหอมสุกนั้นไส้เดือนดินจะกินเพียงบางส่วนที่ย่อยสลายเน่าเละ แต่ไม่กินและไม่เข้าใกล้มะม่วงสุก และยังพบว่ามีไส้เดือนดินบางส่วนจะหนีออกจากภาชนะออกมาตายบนพื้น ไส้เดือนดินกินหยวกกล้วยว้าในวันที่สองโดยไม่ต้องทิ้งไว้ให้เน่าเปื่อย ส่วนยอดต้นโสนใช้เวลา 2-3 วัน ไส้เดือนดินจึงเข้ามากิน ดังนั้นผู้วิจัยจึงคัดเลือกฝรั่งกิมจูสุกและหยวกกล้วยน้ำว้าให้เป็นส่วนผสมในมูลวัวนมสำหรับเป็นอาหารของไส้เดือนดินใช้สัดส่วนใน **Table 1**

ลักษณะของอาหารไส้เดือนระหว่างการเพาะเลี้ยง

เมื่อเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินนาน 21 วัน ทุกสูตรยังมีมูลวัวนมเหลืออยู่ โดยสูตรที่ 2 , 5 และสูตรที่ 7 นั้น ไส้เดือนดินกินฝรั่งกิมจูสุกหมด และสูตรที่ 3, 4, 6 และสูตรที่ 7 ยังมีหยวกกล้วยน้ำว้าเหลืออยู่บางส่วน และเมื่อเพาะเลี้ยงไส้เดือนนาน 30 วัน พบว่าทุกสูตรไม่มีขี้วัวเหลืออยู่เลย สำหรับสูตรที่ 3 ยังมีหยวกกล้วยน้ำว้าเหลือบริเวณผิวหน้าปุ๋ยมูลไส้เดือนประมาณ 10% ส่วนสูตรที่ 4 และ สูตรที่ 6 มีหยวกกล้วยน้ำว้าเหลือบริเวณผิวหน้าปุ๋ยมูลไส้เดือนใกล้เคียงกันประมาณไม่เกิน 5% และสูตรที่ 7 มีหยวกกล้วยชิ้นโตบนผิวหน้าไม่เกิน 2% (**Table 2**)

ปริมาณปุ๋ยมูลไส้เดือน จำนวนถุงไข่ จำนวนไส้เดือน และน้ำหนักไส้เดือน

การศึกษาครั้งนี้สูตรที่ 1 เป็นชุดควบคุมซึ่งเป็นสูตรที่เกษตรกรเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ โดยการทดลองนี้ใช้มูลวัวนมแห้งที่มีจำหน่ายในร้านวัสดุปลูกต้นไม้ทั่วไป ผลการศึกษาดังนี้

ปริมาณปุ๋ยมูลไส้เดือน

เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนกับชุดควบคุม พบว่าสูตรที่ 6 ให้ผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนสูงที่สุด เท่ากับ 2,313.33±37.24 กรัม (77.12%) รองลงมาคือสูตรที่ 3 ผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนเท่ากับ 1,896.67±149.76 กรัม (63.22%) ซึ่งทั้ง 2 สูตรนี้ให้ผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนน้อยกว่าชุดควบคุมความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนสูตรที่ 2 และ 5 ให้ผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนน้อยที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เท่ากับ 1,470.00 ±85.32 กรัม (49.00%) และ 1,393.33±36.15 กรัม (46.45%) ตามลำดับ (**Table 3**)

Table 2 Characteristics of earthworm feeding within 30 days

Treatment	Proportion of ingredients (g)			The residual of earthworm feeding
	Banana leaf sheath	Ripe guavas	Cow manure	
T1	0.00	0.00	3,000	
T2	0.00	1,000	2,000	
T3	1,000	0.00	2,000	
T4	500	500	2,000	
T5	0.00	500	2,500	
T6	500	0.00	2,500	
T7	333	333	2,333	

Table 3 The yield (fresh weight) of vermicompost in different treatments for 30 days

Treatments	Cow Manure (g)	Banana leaf sheath (g)	Ripe guavas (g)	Vermicompost (g)	% Yield of Vermicompost
T1	3,000 (100.00%)	-	-	2,440.00±35.78a	81.33±1.19a
T2	2,000 (66.67%)	-	1,000	1,470.00±85.32e	49.00±2.85e
T3	2,000 (66.67%)	1,000	-	1,896.67±149.76c	63.22±4.99c
T4	2,000 (66.67%)	500	500	1,700.00±44.72d	56.67±1.49d
T5	2,500 (83.33%)	-	500	1,393.33±36.15e	46.45±1.21e
T6	2,500 (83.33%)	500	-	2,313.33±37.24b	77.12±1.40b
T7	2,333 (77.77%)	333	333	1,686.67±31.41d	56.22±1.05c
%CV				20.08	20.08

T_1 = control (only manure cow: 3,000 g), T_2 = Ripe guavas + manure cow (1:2), T_3 = Banana leaf sheath + manure cow (1:2), T_4 = Ripe guavas + Banana leaf sheath + manure cow (0.5:0.5:2), T_5 = Ripe guavas + manure cow (0.5:2.5), T_6 = Banana leaf sheath + manure cow (0.5:2.5), T7= Ripe guavas+ Banana leaf sheath+ manure cow (0.33:0.33:2.33) [Means in a same column followed by the different letters are significantly different by DMRT ($P<0.05$)]

จำนวนถุงไข่

พบว่าสูตรที่ 5 มีจำนวนถุงไข่มากที่สุด และแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) รองลงมาคือสูตรที่ 6 เท่ากับ 738.50±56.00 และ 426.00±43.88 ถุง ตามลำดับ โดยชุดควบคุมมีจำนวนถุงไข่น้อยมากและมีจำนวนใกล้เคียงกับในสูตรที่ 3 คือเท่ากับ 59.50±5.20 และ 23.00±2.31 ถุง ตามลำดับ สำหรับสูตรที่ 2, 4 และสูตรที่ 7 มีจำนวนถุงไข่ใกล้เคียงกันและมีมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (**Table 4**)

จำนวนไส้เดือน

การศึกษาครั้งนี้ได้นับจำนวนไส้เดือนทั้งหมดที่รอดชีวิตและเกิดใหม่ พบว่าสูตรที่ 2 มีจำนวนตัวมากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับชุดควบคุม เท่ากับ 898.00±60.04 ตัว สูตรที่มีจำนวนไส้เดือนมากรองลงมาได้แก่ สูตรที่ 7,4 และสูตรที่ 3 เท่ากับ 533.00±17.32, 584.33±86.83 และ 505.33±90.20 ตามลำดับ (**Table 4**)

น้ำหนักไส้เดือน

การศึกษานี้ได้คัดเลือกไส้เดือนที่มีขนาดใกล้เคียงกันจำนวนประมาณ 100 กรัม มาเพาะเลี้ยงในอาหารทั้ง 7 สูตร นานเป็นเวลา 30 วัน และได้ชั่งน้ำหนักไส้เดือนทั้งหมดอีกครั้ง พบว่าสูตรที่ 6 มีน้ำหนักสูงสุด เท่ากับ 211.13 ± 5.99 กรัม และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมและสูตรอื่น ๆ ($P<0.05$) รองลงมาคือ สูตรที่ 5 เท่ากับ 135.42 ± 4.60 กรัม (**Table 4**)

Table 4 The amount of the number of cocoons, the number of earthworms and the weight of earthworms in different treatment for 30 days

Treatment	No. of cocoons (sac)	No. of earthworms	Weight of earthworms (g)
T1	59.50 ± 5.20d	768.50 ± 91.80a	96.09 ± 13.67c
T2	238.50 ± 74.48c	898.00 ± 60.04a	115.55 ± 8.39bc
T3	23.00 ± 2.31d	505.33 ± 90.20b	89.91 ± 2.96d
T4	242.50 ± 8.66c	584.33 ± 86.83b	109.05 ± 11.78c
T5	738.50 ± 56.00a	433.00 ± 66.64bc	135.42 ± 4.60b
T6	426.00 ± 43.88b	335.00 ± 30.29c	211.13 ± 5.99a
T7	289.50 ± 16.74c	533.00 ± 17.32b	89.94 ± 16.91d
%CV	74.54	32.71	17.05

T_1 = control (only manure cow: 3,000 g), T_2 = Ripe guavas + manure cow (1:2), T_3 = Banana leaf sheath + manure cow (1:2), T_4 = Ripe guavas + Banana leaf sheath + manure cow (0.5:0.5:2), T_5 = Ripe guavas + manure cow (0.5:2.5), T_6 = Banana leaf sheath + manure cow (0.5:2.5), T7= Ripe guavas+ Banana leaf sheath+ manure cow (0.33:0.33:2.33) [Means in a same column followed by the different letters are significantly different by DMRT ($P<0.05$)]

ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และความชื้น

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกส่วนผสมอาหารเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสูตรที่ 6 ประกอบด้วยมูลวัวนม 2,500 กรัมและหยวกกล้วยน้ำว้า 500 กรัม สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ไนโตรเจนและความชื้น เนื่องจากเป็นสูตรที่ให้ผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนมีปริมาณสูงรองมาจากสูตรควบคุมและเหมาะสมสำหรับการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนในครัวเรือนของเกษตรกร เพราะหยวกกล้วยหาได้ง่าย เนื่องจากเกษตรกรในภาคใต้ทุกครัวเรือนนิยมปลูกกล้วยน้ำว้าไว้สำหรับรับประทานผลสุกและใช้ต้นกล้วยหรือหยวกกล้วยเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ ผลการศึกษาพบว่ามีปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 2.08±0.010% มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 1.474±0.008% และโพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับ 1.538±0.009% และมีความชื้น เท่ากับ 63.81 ±0.010%

วิจารณ์

ในการศึกษาครั้งนี้ไส้เดือนไม่กินมะม่วงสุก อาจเป็นไปได้ว่าผู้วิจัยได้ซื้อมะม่วงสุกจากร้านขายผลไม้ ซึ่งเกษตรกรอาจจะเก็บเกี่ยวในขณะไม่แก่เต็มที่ ดังนั้นแม้ได้บ่มให้สุกจนงอมใกล้เน่าแล้วก็จะยังคงมีรสเปรี้ยวอยู่ และมีความเป็นกรดไม่เหมาะสม (pH<5) สำหรับเป็นอาหารของไส้เดือนและยังทำให้สิ่งแวดล้อมบริเวณที่มะม่วงสุกวางอยู่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของไส้เดือนดิน โดยความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมคือ pH=5-8 (USDA Natural Resources Conservation Service, 2024) ทั้งนี้เนื่องจากลำตัวของไส้เดือนดินสัมผัสกับอาหารโดยตรงและผิวมีคุณสมบัติให้สารซึมผ่านผิวได้ (permeable skin) (Roubalova et al., 2015) ไส้เดือนดินจึงมีความไวสูงต่อมลพิษหรือสารปนเปื้อนในแหล่งอาศัย เนื่องจากมี sensory tubercles ซึ่งทำหน้าที่เป็น chemoreceptors บริเวณด้านหน้าและด้านหลังของลำตัว (Cui et al., 2022) ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงผลไม้หรืออาหารที่มีรสเปรี้ยว เช่น ผลไม้ตระกูลส้ม และสับปะรด เป็นต้น เนื่องจากทำให้สภาพแวดล้อมเป็นกรดไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของไส้เดือนดิน (Marlbough district council, 2024) ส่วนกล้วยหอมสุกงอมนั้นในช่วงแรกไส้เดือนไม่กินกล้วยหอมสุกงอมและมีไส้เดือนดินบางส่วนหนีออกจากภาชนะที่เพาะเลี้ยง และจะกินเมื่อกล้วยหอมย่อยสลายจนเน่าเละ ทั้งนี้เนื่องมาจากหอมสุกมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเนื้อกล้วยหอมสุก 100 กรัม ประกอบด้วยความชื้น 77.19 กรัม โปรตีน 1.82 กรัม ไขมัน 0.73 กรัม คาร์โบไฮเดรต 18.42 กรัม เถ้า 0.65 กรัม แคลเซียม 14.17 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 21.09 มิลลิกรัม เหล็ก 8.17 มิลลิกรัม เบต้า-แคโรทีน 197.20 ไมโครกรัม กรดแอสคอบิค 11.06 มิลลิกรัม เบญจมาศ, 2538) เมื่อสุกงอมจึงเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ได้แก่ *Pediococcus* sp., *Propionibacterium* sp. *Pseudomonas aeruginosa*,

Botryodiplodia theobromae, *Aspergillus niger* และ *Rhizopus* sp. ระหว่างการเจริญทำให้คาร์โบไฮเดรตและโปรตีนลดลงและความชื้นเพิ่มขึ้น ส่วนน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) จะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น (Okonkwo et al., 1990) และยีสต์ เช่น *Pichia bruneiensis* , *Kodamaea ohmeri* และ *Hanseniaspora* sp. (Utama et al, 2019) จะหมักน้ำตาลในกล้วยหอมสุกงอมได้เป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยในระหว่างการเจริญของแบคทีเรีย เชื้อรา และยีสต์มีการคายความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นไม่เหมาะกับการดำรงชีวิตของไส้เดือนดิน อย่างไรก็ตามเปลือกกล้วยหอมสุกส่งเสริมการเจริญของไส้เดือนดินชนิด *Lumbricus rubellus* ได้ (Merta and Raksun, 2022) และเมื่อเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินนานเป็นเวลา 30 วัน พบว่าทุกสูตรที่มีส่วนผสมของหยวกกล้วยน้ำว้ายังมีหยวกกล้วยชิ้นที่มีขนาดใหญ่และกาบชั้นนอกสุดของต้นกล้วยเหลืออยู่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกาบกล้วยชั้นนอกมีลักษณะเหนียวและมีความชื้นน้อยกว่ากาบกล้วยชั้นใน นอกจากนี้เนื่องจากในต้นกล้วยแต่ละส่วนมีส่วนประกอบของเซลลูโลสแตกต่างกันก็อาจจะมีผลต่อระยะเวลาในการกินของไส้เดือนด้วยเช่นกัน โดยลำต้นกล้วยส่วนโคน ส่วนกลาง และส่วนปลายมีปริมาณเซลลูโลส เท่ากับ 28.5 %, 32.7% และ 32.3% ตามลำดับ (สำนักพัฒนาอาหารสัตว์, 2566) ดังนั้นเกษตรกรควรหั่นหยวกกล้วยให้มีขนาดเล็กและใกล้เคียงกัน และคัดเลือกกาบชั้นนอกสุดของต้นกล้วยออก รวมทั้งชิ้นส่วนที่มีลักษณะแห้งเหนียว เพื่อช่วยให้ไส้เดือนดินกินหยวกกล้วยหมดในเวลาสั้นลง

เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนกับชุดควบคุม สูตรที่ 6 ให้ผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนสูงสุดเท่ากับ 2,313.33±37.24 กรัม คิดเป็น 77.12± 1.40% โดยมีส่วนผสมของมูลวัวนม 83.33% และหยวกกล้วยน้ำว้า 16.67% ในขณะที่สูตรที่ 3 ให้ผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือน เท่ากับ 1,896.67±149.76 กรัม คิดเป็น 63.22±4.99% ซึ่งมีส่วนผสมของมูลวัวนม 66.67% และมีหยวกกล้วยน้ำว้า 33.33% ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนแปรผันตามปริมาณเซลลูโลสในอาหารเพาะเลี้ยงนั่นเอง โดยในมูลวัวประกอบด้วยสารประกอบเซลลูโลสที่ยังไม่ย่อยสลาย (undigested cellulose) ประมาณ 40% (American Chemical Society, 2018) ซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส 1.6-26.6% เฮมิเซลลูโลส 1.4-12.8% และมีลิกนิน 2.7-13.9% (Zulkifli et al., 2018) นอกจากนี้หยวกกล้วยประกอบด้วยลิกนินประมาณ 4% และเซลลูโลสประมาณ 26% เช่นเดียวกับมูลวัว (สำนักพัฒนาอาหารสัตว์, 2566)

สำหรับสูตรที่ 2 และสูตรที่ 5 มีส่วนผสมของฝรั่งกิมจูสุกมากเป็นอันดับที่ 1 (1,000 g) และ 2 (500g) มีผลผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนปริมาณน้อยเท่ากับ 1,470.00 ±85.32 และ 1,393.33±36.15 กรัม คิดเป็น 49.00 ± 2.85 % และ 46.45 ± 1.21 % ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากส่วนประกอบของผลฝรั่งกิมจูสุกส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำ 89.5% (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย, 2561) แต่ทั้งสองสูตรมีจำนวนไส้เดือนและปริมาณของจำนวนถุงไข่มากกว่าสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ดังนั้นผลฝรั่งกิมจูสุกผสมมูลวัวนมจึงไม่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนแต่เหมาะสมสำหรับการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน AF เนื่องจากผลฝรั่งกิมจูสุกอุดมสมบูรณ์ไปด้วยสารอินทรีย์และแร่ธาตุต่าง ๆ อาทิ โปรตีน 0.76% ไขมัน 0.21% คาร์โบไฮเดรต 6.01% แคลเซียม 0.002% ฟอสฟอรัส 0.014% และโพแทสเซียม 0.174% (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย, 2561) ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการผลิตไข่ของไส้เดือนดินชนิด AF

ปุ๋ยมูลไส้เดือนสูตรที่ 6 และ 3 ได้จากเพาะเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์ AF ด้วยมูลวัวนมต่อหยวกกล้วยน้ำว้าในสัดส่วน 2,500 ต่อ 500 กรัม (อัตราส่วน 5:1) และ 2,000 ต่อ 1,000 กรัม (อัตราส่วน 2:1) นาน 30 วัน เป็นสูตรอาหารที่ให้ปริมาณปุ๋ยมูลไส้เดือน (2,313.33±37.24 คิดเป็น 77.12% และ 1,896.67±149.76 g คิดเป็น 63.22%) สูงเป็นลำดับสองและอันดับสามรองจากชุดควบคุม (2,440.00±35.72 g คิดเป็น 81.33%) ดังนั้นหยวกกล้วยทั้งต้นจึงเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกชนิดหนึ่งที่สามารถใช้เป็นอาหารของไส้เดือนดินได้เป็นอย่างดีเนื่องจากคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีน ไขมัน เยื่อไย ลิกนิน และเซลลูโลส เท่ากับ 4.1%, 0.4%, 23.9%, 4.51% และ 26.9 % ตามลำดับ นอกจากนี้หยวกกล้วยหรือต้นกล้วยยังมีแร่ธาตุแคลเซียม 1% โพแทสเซียม 3% ฟอสฟอรัส 0.1% แมกนีเซียม 0.42% และยังมีแร่ธาตุแมงกานีส ทองแดง เหล็ก และสังกะสี 2.87%, 0.05%, 6.37% และ 1.41% มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ (สำนักพัฒนาอาหารสัตว์, 2566) และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุอาหารหลักและความชื้นของปุ๋ยมูลไส้เดือนสูตรที่ 6 ตามเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่ามีปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 2.080±0.010% มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 1.474±0.008% และโพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับ 1.538±0.009% และมีความชื้น เท่ากับ 63.81 ±0.010% จากการศึกษานี้ปุ๋ยไส้เดือนดินมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสทั้งหมดและโพแทสเซียมทั้งหมดเป็นไปตามเกณฑ์ของประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 ซึ่งได้กำหนดลักษณะเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการควบคุมคุณภาพ กรณีไม่เป็นปุ๋ยอินทรีย์เหลว มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดไม่น้อยกว่า 1%, 0.5% และ 0.5% ของน้ำหนัก

ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2562) โดยปริมาณของธาตุอาหารหลักทั้ง 3 ชนิดสูงกว่าเกณฑ์ของประกาศกรมวิชาการเกษตรไม่น้อยกว่า 2 เท่า โดยเฉพาะโพแทสเซียมทั้งหมดมีปริมาณมากกว่า 3 เท่าของเกณฑ์ประกาศกรมวิชาการเกษตร ในการศึกษาครั้งนี้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินสูตรคัดเลือก สูตรที่ 3 มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงกว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนที่เพาะเลี้ยงไส้เดือนดินด้วยอาหารที่มีประกอบของผัก : ดิน : มูลโค : ขี้เถ้า เป็นอาหารในอัตราส่วน 4 : 3 : 2 : 1 (N=0.80%, P=1.74% และ K=0.49% (ณัฏฐ์ชยธร และ ชุลีมาศ, 2561) และการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินโดยใช้มูลแพะผสมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอัตราส่วน 3: 1 ส่วน โดยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ใบกล้วย หญ้าสับ ฟางข้าว ใบพืชตระกูลถั่ว ใบมันสำปะหลัง กาบหัวปลีและขี้เลื่อย ยกเว้นปริมาณของโพแทสเซียมของอาหารที่มีส่วนผสมของมูลแพะกับใบพืชตระกูลถั่ว (Narita, 2022) แต่อย่างไรก็ตามองค์ประกอบของธาตุอาหารของพืชและความชื้นในปุ๋ยมูลไส้เดือนขึ้นกับชนิดของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง ชนิดของไส้เดือนดินและปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ อาทิ การเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ African Night Crawler (*Eudrilus eugeniae*) และ Indian blue (*Perionyx excavatus*) โดยใช้มูลโคเป็นวัสดุรองพื้นและให้ขยะอินทรีย์เป็นอาหาร พบว่า ปริมาณธาตุอาหารของพืชที่พบในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังนี้ (1) ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินสายพันธุ์ African Night Crawler มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 16:1 อินทรียวัตถุ 35.1% อินทรีย์คาร์บอน 20.4% ไนโตรเจน 1.3% ฟอสฟอรัส 1.0% และโพแทสเซียม 0.9% (2) ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินสายพันธุ์ Indian blue มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 15:1 อินทรียวัตถุ 38.1% อินทรีย์คาร์บอน 22.1% ไนโตรเจน 1.5% ฟอสฟอรัส 1.1% และโพแทสเซียม 1.2% (ขวัญฤทัย และ จันทนา, 2562)

ความชื้นของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินเป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เท่ากับ 30-50% (Edwards et al., 2011) ดังนั้นจึงควรนำปุ๋ยมูลไส้เดือนที่ผลิตได้จากอาหารที่มีส่วนผสมของมูลวัวนมและหยวกกล้วยน้ำว้าไปผึ่งลมในที่ร่มลดความชื้น เพื่อให้เก็บได้นานและลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งเมื่อผลิตในทางการค้า หากใช้ตู้อบลมร้อนไล่ความชื้นควรใช้ความร้อนไม่เกิน 38 C ทำให้อุณหภูมิภายในของปุ๋ยมูลไส้เดือนไม่เกิน 25 C ใช้เวลาไม่เกิน 150 นาที โดยมีความเร็วลมในตู้อบลมร้อน 0.6 $m\text{-}s^{-1}$ (Kakitis et al., 2017) อย่างไรก็ตามคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาในการเก็บรักษาปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่เก็บรักษา เป็นเวลา 3 เดือน ยังคงมีประสิทธิภาพดี และเมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน ปริมาณ ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ปริมาณจุลินทรีย์ และค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลง ค่าความ เป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มสูงขึ้น (ณัฏฐ์ชยธร และ ชุลีมาศ, 2561)

สรุป

ผลการศึกษาการขยายพันธุ์ไส้เดือนดินสายพันธุ์ AF และผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรสามารถนำหยวกกล้วยน้ำว้าและผลฝรั่งกิมจูสุกมาใช้เป็นส่วนผสมในมูลวัวนมเพื่อเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ AF ได้ โดยมูลวัวต่อหยวกกล้วยน้ำว้าในสัดส่วน 2,500 ต่อ 500 กรัม (อัตราส่วน 5:1) เหมาะสมสำหรับการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนและปุ๋ยมูลไส้เดือนที่ได้มีปริมาณธาตุอาหารหลัก 3 ชนิด (N, P และ K) เป็นไปตามเกณฑ์เป็นไปตามเกณฑ์ของประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่องกำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 ส่วนมูลวัวนมผสมผลฝรั่งกิมจูสุกเหมาะสมสำหรับการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน โดยสามารถเลือกใช้มูลวัวนมต่อผลฝรั่งกิมจูสุกในสัดส่วน 2,000 ต่อ 1,000 กรัม (อัตราส่วน 2:1) และ สัดส่วน 2,500 ต่อ 500 กรัม (อัตราส่วน 5:1) ดังนั้นเกษตรกรสามารถเลือกใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งานได้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2562. ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่องเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557. แหล่งข้อมูล: https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2019/11/FEDOA11.pdf. ค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2566.

ขวัญฤทัย ทองบุญฤทธิ์ และจันทนา ยอดทอง. 2562. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารของพืชในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ผลิตโดยแอฟริกันไนท์ครอเลอร์ (*Eudrilus eugeniae* และอินเดียบลู (*Perionyx excavatus*). สักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.) 6(2): 1-9.

ชัยสิทธิ์ ทองจู. 2563. การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร. เกษตรอภิรมย์. 6(30): 44-45.

ณัฏฐิรา แก้วกล้าหาญ. 2558. การศึกษาปัจจัยบางประการ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ณัฐกิตติ์ เพชรหมื่นไว, ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย และธรรมเรศ เชื้อสาวถี. 2564. ผลของระดับความเค็มต่อการงอกของเมล็ดพืชและการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินร่วมกับวัสดุอินทรีย์เพื่อส่งเสริมการงอกของเมล็ดโสนแอฟริกาในสภาพเรือนทดลอง. แก่นเกษตร. 49(1): 894-900.

ณัฏฐ์ชยธร ขัตติยะพุฒิเมธ และชุลีมาศ บุญไทย อิวาย. 2561. ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน. แก่นเกษตร. 46(1): 1188-1192.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2538. กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ปฐมพงศ์ หล้าคำ, สุลีวัลย์ สุธรรมแจ่ม, ชานนท์ ทองดี, กษมา ตั้งมุททาภัทรกุล, ธีรชัย หายทุกข์, เทอดศักดิ์ คำเหม็ง และสาวิตรี วงศ์ตั้งถิ่นฐาน. 2562. การศึกษาผลผลิตหรือคุณค่าทางโภชนะของไส้เดือนดิน 3 สายพันธุ์ เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนอาหารสัตว์. แก่นเกษตร. 47(2): 691-696.

ปนัดดา จะแจ้ง, โชติรัตน์ ศรีเกลื่อน, ชัยสิทธิ์ ทองจู และวนิดา สืบสายพรหม. 2563. ประสิทธิภาพการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากมูลนกแอ่นกินรัง โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae*. แก่นเกษตร. 48(3): 471-472.

ปนัดดา จะแจ้ง, โชติรัตน์ ศรีเกลื่อน และวนิดา สืบสายพรหม. 2560. การศึกษาการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* โดยการเลี้ยงในวัสดุที่ต่างกัน. น. 2799-2804. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 14 เรื่อง ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์กำแพงแสน (พ.ศ. 2560) วันที่ 7-8 ธันวาคม 2560 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

พงษ์สุดา ชาญวิชัยพจน์, เบ็ญจวรรณ ชูติชูเดช และประสิทธิ์ ชูติชูเดช. 2559. ผลของวัสดุรองพืชต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของไส้เดือนดิน *Eisenia fetida*. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 36(5): 650-660.

ภาวิณีย์ เจริญยิ่ง. 2560. รัตนชัย ฟาร์มไส้เดือน สตูล เดินหน้าส่งขายมาเลย์. วารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน. 29(653): 67-69.

วันวิสาข์ วัฒนะพันธ์ศักดิ์, ธรรมธวัช แสงงาม, ใยไหม ช่วยหนู, ปฐมา แทนนาค และทศพร วัฒนะพันธ์ศักดิ์. 2566. ผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษที่มีต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินและคุณภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ. 6(1): 79-86.

สมชัย จันทร์กระจ่าง. 2560. ไส้เดือน มหัศจรรย์จากธรรมชาติ. แหล่งข้อมูล: https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=37245. ค้นเมื่อ 29 สิงหาคม 2566.

สำนักพัฒนาอาหารสัตว์. 2566. การนำผลผลิตจากต้นกล้วยมาใช้เลี้ยงสัตว์. แหล่งข้อมูล: http://nutrition.dld.go.th/Nutrition_Knowlage/ARTICLE/ArtileF.htm. ค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2566.

สำนักโภชนาการ กรมอนามัย. 2561. คุณค่าทางโภชนาการฝรั่ง, กิมจู (Guava, Kim-ju variety). แหล่งข้อมูล: https://thaifcd.anamai.moph.go.th/nss/view.php?fID=05067. ค้นเมื่อ 27 เมษายน 2567.

อานัฐ ตันโช. 2549. เทคนิคการผลิตปุ๋ยหมักจากมูลไส้เดือนดิน. สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ,ปทุมธานี.

อานัฐ ตันโช. 2557. สายพันธุ์ไส้เดือนดินที่น่าเลี้ยง. วารสารดินและปุ๋ย. 36(1-4): 6-12.

อานัฐ ตันโช. 2563. ไส้เดือนดินกำจัดขยะอินทรีย์ ตำรับแม่โจ้. วารสารผลิตกรรมการเกษตร. 2(1): 1-10.

อารีรัตน์ แดงกระจ่าง และนิวัฒน์ แดงกระจ่าง. 2560. โรงงานปุ๋ยหลังบ้าน. เกษตรอภิรมย์. 3(17): 46-48.

American Chemical Society. 2018. Elephant and cow manure for making paper sustainably. Press releases presented at a meeting of the American Chemical Society, held in New Orleans, March 21, 2018.

Abrams, D., D. Metcalf, and M. Hojjatie. 2014. Determination of Kjeldahl Nitrogen in Fertilizers by AOAC Official Method^{SM} 978.02: Effect of copper sulfate as a catalyst. Journal of AOAC International. 97(3): 764-767.

Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis: Part I Physical and mineralogical properties. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Cui, W., P. Gao, M. Zhang, L. Wang, H. Sun, and C. Liu. 2022. Adverse effects of microplastics on earthworms: A critical review. Science of the Total Environment. 850: 158041.

Edwards, C.A., N.Q. Arancon, and R.L. Sherman. 2011. Vermiculture Technology. Earthworms, organic wastes, and environmental Management. CRC Press, 623 p. NY, USA.

Edwards, C.A., and N.Q. Arancon. 2022. Earthworms, Soil Structure, Fertility, and Productivity. In: Biology and Ecology of Earthworms. Springer, New York, NY.

Edwards, C.A., and P.J. Bohlen. 1996. Biology and Ecology of Earthworms. Chapman and Hall, London.

Merta, I.W., and A. Raksun. 2022. The use of banana peel as feed to increase growth of earthworms (*Lumbricus rubellus*). Jurnal Pijar MIPA. 17(6): 809-812.

Kakitis, A., I. Nulle, and O. Vronskis. 2017. Experimental study of vermicompost drying process. Engineer of Rural Development. (24): 1086-1092.

Marlbough district council. 2024. A guide to worm composting. Available: https://www.marlborough.govt.nz/repository/libraries/id:2ifzri1o01cxbymxkvwz/hierarchy/documents/environment/environmental-education/a-guide-to-worm-composting-list/A_Guide_To_Worm_Composting_Printable.pdf. Accessed May.14, 2024.

Narita, R. 2022. Different substrates on the reproduction rate of earthworm (*Eudrilus eugeniae*) and NPK content of its casting. Available: NaritaRovelitoJRMSUearthwormresearch%20(2).pdf. Accessed Sept. 4, 2023.

Okonkwo, S.N., O.O. Amund, and C.O. Ogunsanya. 1990. Microbial rotting and preservation of banana fruits (*Musa sapientium* L.) in Nigeria. Microbios Letters. 44: 147-155.

Roubalova, R., P. Prochazkova, J. Dvorak, F. Skanta, and M. Bilej. 2015. The role of earthworm defense mechanisms in ecotoxicity studies. Invertebrate Survival Journal. 12(1): 203-221.

USDA Natural Resources Conservation Service. 2024. Soil Quality Indicators- Earthworms. Available: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Earthworms.pdf. Accessed May.14, 2024.

Utama, G.L., M.O. Kurniawan, N. Natiqoh, and R.L. Balia. 2019. Species identification of stress resistance yeasts isolated from banana waste for ethanol production. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 306: 1-8.

Van, R.E., M. Verloo, A. Demeyer, and J.M. Pauwels. 1999. Manual for the Soil Chemistry and Fertility Laboratory. Ghent University, Ghent.

Xiao, R., A. Ali, Y. Xu, H. Abdelrahman, R. Li, Y. Lin, N. Bolan, S.M. Shaheen, J. Rinklebe, and Z. Zhang. 2022. Earthworms as candidates for remediation of potentially toxic elements contaminated soils and mitigating the environmental and human health risks: A review. Environment International. 158: 1-18.

Zulkifli, Z.B., N.B. Rasit, N.A. Umor, and S. Ismail. 2018. The effect of *A. fumigatus* SK1 and *Trichoderma* sp. on the biogas production from cow manure. Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences. 14(3): 353–359.