KHON KAEN AGR. J. 48 (3): 471-482 (2020)./doi:10.14456/kaj.2020.43.

ประสิทธิภาพการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากมูลนกแอ่นกินรัง โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae*

Efficiency of Organic Fertilizer Production from Swiftlet Faeces Using Earthworms *Eudrilus eugeniae*

ปนัดดา จะแจ้ง[1], โชติรัตน์ ศรีเกลื่อน[1], ชัยสิทธิ์ ทองจู[2] และ วนิดา สืบสายพรหม[3*]

Panutda Jhajang[1], Chotirat Srikluan[1], Chaisit Thongjoo[2] and Wanida Suebsaiprom[3*]

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้เป็นศึกษาการใช้ประโยชน์จากมูลนกแอ่นกินรัง และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยมูลนกแอ่นกินรังและมูลโค ใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* โดยมีวิธีการเตรียมสิ่งทดลองจากมูลสัตว์ 2 ชนิด มาผสมกับขุยมะพร้าวในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ใช้แผนการทดลองแบบ 2×3 factorial in completely randomized design (CRD) โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 2 ปัจจัย การทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของมูลสัตว์ 2 ชนิด คือ มูลนกแอ่นกินรัง และมูลโค ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับของมูลสัตว์ 3 ระดับ คือ 40, 60 และ 80% ตามลำดับ แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มทดลอง ระยะเวลาในการเลี้ยงทั้งหมด 50 วัน ทำการเก็บตัวอย่างสิ่งทดลองในช่วงเริ่มต้นและสิ้นสุดการเลี้ยง เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen; N), ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus; P), ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium; K), ปริมาณแคลเซียม (Calcium; Ca), ปริมาณแมกนีเซียม (Magnesium; Mg), ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter; OM), ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity; EC) พบว่า ตัวอย่างเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง (Days 50) ของปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน T2 (มูลนกแอ่นกินรัง 60%: ขุยมะพร้าว 40%) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและแมกนีเซียมเท่ากับ 0.55% และ 1.39% มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง ($P<0.05$) ส่วนในธาตุอาหารอื่นๆ มีในปริมาณใกล้เคียงกับสิ่งทดลองอื่นๆ ดังนั้น มูลนกแอ่นกินรังสามารถนำมาเลี้ยงไส้เดือนดินและให้ปุ๋ยที่มีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการของพืช แต่อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการใช้วัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ ในการเลี้ยง จะส่งผลให้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้มีคุณสมบัติแตกต่างกัน

คำสำคัญ: ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae*, ปุ๋ยอินทรีย์, มูลนกแอ่นกินรัง

Received December 9, 2019
Accepted November 6,2019

[1]สาขาวิจัยและพัฒนาการเกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
Research and Development Agriculture Program, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, 73140

[2] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, 73140

[3] ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, 73140

* Corresponding author: agrwdj@ku.ac.th

ABSTRACT: The aims of this study were to the utilization of swiftlet faeces and to determine the chemical components of vermicompost from swiftlet faeces and cow dung. The *Eudrilus eugeniae* was raised in two types of dung mixed with coconut dust in different ratios. Completely randomized design; CRD (2×3 factorial) with 3 replications was considered in this investigation. The first factor consisted of two types of manure as swiftlet faeces and cow dung. The second factor included 3 different levels of manure 40, 60 and 80% and divided into 6 groups. The chemical compounds (total Nitrogen; N, total Phosphorus; P, total Potassium; K, Calcium; Ca, Magnesium; Mg, pH, Organic matter; OM and Electrical conductivity; EC of vermicompost) were analyzed at the end of raising. The results showed that the vermicompost T2 (swiftlet faeces 60%: coconut dust 40%) had the highest values of N and Mg 0.55% and 1.39% respectively ($P<0.05$). For other nutrients, there is similar to other treatment. Consequently, the swiftlet faeces can be used to feed the earthworms and provide fertilizer with high nutrient content. However, vermicompost from the different organic materials will cause the different of vermicompost and properties.
Keywords: *Eudrilus eugeniae*, organic fertilizer, swiftlet faeces

บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจการเลี้ยงนกแอ่นกินรังในประเทศไทยเริ่มมีความแพร่หลายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ โดยเฉพาะในทางภาคใต้ที่มีธุรกิจการผลิตรังนกแอ่นกินรัง และมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดรายได้เข้าประเทศไทยอย่างมาก เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคและประเทศคู่ค้าโดยเฉพาะประเทศจีน ในปี พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2557 ประเทศไทยส่งออกรังนกเป็นมูลค่า 46,636,743 และ 91,921,281 บาท ตามลำดับ มีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้นในปี พ.ศ. 2558 (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน), 2558) และภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2561 ขยายตัวร้อยละ 4.6 เมื่อเทียบกับปี 2560 รังนกแอ่นกินรังจัดอยู่ในสาขาป่าไม้ที่มีการขยายตัวร้อยละ 2.0 มีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.2-2.2 ในปี 2562 (ทัศนีย์, 2561) ซึ่งในการเลี้ยงนกแอ่นกินรังนั้น จะต้องมีการจัดการด้านมาตรฐานฟาร์มที่ดี หนึ่งในการจัดการที่ดีนั้นต้องมีการจัดการของเสียก่อนที่จะออกสู่ชุมชน และยังเป็นการนำเอาของเสียมาใช้ประโยชน์ ไมตรี (2554) ทำการวิจัยเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยอินทรีย์จากการหมักวัสดุต่างๆ โดยการใช้ มูลของนกแอ่นกินรัง เปลือกกาแฟ รำข้าว กากถั่วเหลือง กระดูกป่น และเลือดแห้ง มาทำการทดลอง พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์จากมูลนกแอ่นกินรังที่นำมาเป็นวัสดุหลักในการทดลองให้ไนโตรเจน (N), โพแทสเซียม (K) สูงที่สุดร้อยละ 5.33, 4.37 ตามลำดับ และมีแมงกานิส (Mn) 3,704 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวมีปริมาณที่สูงมาก เมื่อเทียบกับปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุอินทรีย์ที่นำมาทดลองด้วยกัน เมื่อนำมาทำเป็นปุ๋ยทำให้มีธาตุอาหารบางส่วนสูญหายไปจากการใช้ของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามก็ยังคงมีปริมาณธาตุอาหารเหลืออยู่ในปุ๋ยอินทรีย์สูงกว่าการใช้วัสดุอินทรีย์อื่น ๆ

ไส้เดือนดิน African Night Crawler (*Eudrilus eugeniae*) เป็นพันธุ์พื้นเมืองในทวีปแอฟริกา ที่ได้รับความนิยมนำมาเลี้ยงกันอย่างกว้างขวางทั่วโลก ทั้งในทวีปอเมริกา ยุโรป และเอเชีย ซึ่งจุดประสงค์ของการเพาะเลี้ยงไส้เดือนดินส่วนใหญ่เพื่อในธุรกิจตกปลา ในปัจจุบันมีผู้ที่ให้ความสนใจใช้ไส้เดือนดินในการบำบัดของเสียต่างๆ มากขึ้น (สุพาภรณ์, 2549) อานัฐ (2552) รายงานว่า สายพันธุ์ของไส้เดือนดินที่เหมาะแก่การนำมาใช้กำจัดขยะอินทรีย์หรือเป็นการบำบัดของเสีย ส่วนใหญ่เป็นไส้เดือนดินกลุ่มผิวดินที่มีลำตัวสีแดง กินอาหารเก่ง แพร่พันธุ์ได้รวดเร็วและมีจำนวนมาก ที่สำคัญมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ไส้เดือนที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย คือ สายพันธุ์ขี้ตาแร่ แต่ในต่างประเทศนิยมเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* (Tiger Worm), *Eisenia andrei* (Red Tiger Worm), *Eudrilus eugeniae* (African Night Crawler), *Dendrobaena veneta* หรือ *Perionyx excavatus* (Indian Blue) และ *Lumbricus rubellus* (Red Worm) จากการศึกษาของ Neuhauser et al. (1988) พบว่า *Eisenia foetida,*

Eudrilus eugeniae, *Perionyx excavates* เติบโตได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 15-25 องศาเซลเซียส และผลิตถุงไข่ที่หุ้มไข่ของไส้เดือนดิน (cocoon) ได้ดีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ การเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน ยังส่งผลต่อคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน เนื่องจากไส้เดือนดิน เมื่อฟักออกจากไข่จะต้องการอาหารปริมาณมาก เพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโต ซึ่งมีผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์และกิจกรรมต่างๆ ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหาร ในขณะที่ไส้เดือนดินตัวเต็มวัยจะต้องการอาหารเพียงเพื่อการดำรงชีวิตเท่านั้น (อาภรณ์ และชุลีมาศ, 2561) การศึกษาครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการเลี้ยงด้วยมูลนกแอ่นกินรัง เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ในการจัดการมูลนกแอ่นกินรัง ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และได้ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งคาดว่าน่าจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกร ทั้งในการนำเอาไปใช้เอง และการเพิ่มมูลค่าทางการค้า

วิธีการศึกษา

1. การเลี้ยงไส้เดือนดิน

ทำการศึกษาในช่วงเดือนกุมภาพันธ์–พฤษภาคม พ.ศ. 2561 ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาทางสัตวศาสตร์ ภาควิชาสัตวบาล และ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน งานทดลองนี้ใช้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* หรือ African Night Crawler (AF) **(Figure 1 A)** เลี้ยงในกะละมังขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 45 ซ.ม. สูง 16 ซ.ม. ความจุ 20 ลิตร และเจาะรูที่ก้นกะละมัง **(Figure 1 B)** วางแผนการทดลองแบบ 2×3 factorial in CRD (completely randomized design) จำนวน 6 กลุ่มการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยในการทดลอง คือ ชนิดของมูลสัตว์ 2 ชนิด ได้แก่ มูลนกแอ่นกินรัง (Swiftlet faeces) และมูลโค (Cow manure) เนื่องจากมูลโคเป็นมูลสัตว์ที่นิยมนำมาเลี้ยงและผสมเป็น bedding ให้กับไส้เดือนดิน นอกจากนี้แล้วยังเป็นการจัดการของเสียที่เกิดในฟาร์มโคที่เหมาะสมอีกทางหนึ่ง ความเข้มข้นของมูลสัตว์ที่ระดับแตกต่างกัน ได้แก่ 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ผสมร่วมกับขุยมะพร้าว (coconut dust) เรียกว่า bedding อัตราส่วนในการผสมดังแสดงใน **Table 1** ทำการแช่มูลสัตว์เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยการเปิดน้ำให้ไหลผ่านมูลสัตว์ที่อยู่ในกระสอบทุกวันเวลา เช้า-เย็น จากนั้นนำมาผสมกับขุยมะพร้าว และนำไปแบ่งใส่กะละมังที่เตรียมไว้เท่าๆ กัน และชั่งน้ำหนักไส้เดือนดิน 100 กรัมต่อกะละมัง ทำการเลี้ยงไส้เดือนดินเป็นเวลา 50 วัน และเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (ทำการคลุกตัวอย่างให้เข้ากันก่อนสุ่มเก็บ) โดยแบ่งออกเป็น วันที่เริ่มเลี้ยง และวันสุดท้าย เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548 (สาลี่ และหฤทัย, 2548)

A. B.

Figure 1 Materials and equipment used for the experiment. **A.**: *Eudriius eugeniae* (AF) and **B.**: Plastic wash basin

Table 1 Ratio of bedding for *Eudriius eugeniae*.

Treatments	Bedding	Ratio (%)
T_1	Swiftlet faeces : Coconut dust	40 : 60
T_2	Swiftlet faeces : Coconut dust	60 : 40
T_3	Swiftlet faeces : Coconut dust	80 : 20
T_4	Cow manure : Coconut dust	40 : 60
T_5	Cow manure : Coconut dust	60 : 40
T_6	Cow manure : Coconut dust	80 : 20

2. วิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์

นำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินผึ่งลมให้แห้ง จากนั้นนำไปบด และร่อนผ่านตระแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen; N) วิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl method ซึ่งย่อยตัวอย่างด้วย mixed catalyst + sulfuric acid 93-98% บนเตาย่อยตัวอย่าง และนำตัวอย่างที่ได้เข้าเครื่องกลั่นไนโตรเจน จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากเครื่องไปไตเตรทกับสารละลาย HCl 0.2 N จนเปลี่ยนเป็นสีชมพูม่วง, ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus; P) วิเคราะห์โดยวิธี Spectrophotometric molybdovanadophosphate method ทำการย่อยตัวอย่างด้วย nitric acid 69-70%: perchloric acid 69-70% ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร จากนั้นเตรียม working standard และปิเปตสารละลายตัวอย่างตามปริมาณความเข้มข้นให้อยู่ในช่วงการวัด ไปวัดความเข้มของสีด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร, ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium; K), ปริมาณแคลเซียม (Calcium; Ca), ปริมาณแมกนีเซียม (Magnesium; Mg) ทำการย่อยตัวอย่างด้วยวิธีเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด จากนั้นเตรียม working standard และปิเปตสารละลายตัวอย่างตามปริมาณความเข้มข้นให้อยู่ในช่วงการวัด ไปหาปริมาณ K, Ca และ Mg วัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (AAS), ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ชั่งตัวอย่างใส่ beaker และเติมน้ำกลั่น คนด้วยแท่งแก้วทิ้งไว้ 15 นาที แล้วคนอีกรอบทิ้งไว้ 15 นาที ทำการวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH-meter, ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter; OM) วิเคราะห์โดยวิธีของ Walkley and Black โดยย่อยตัวอย่างด้วย sulfuric acid 93-98% + $K_2Cr_2O_7$ ทิ้งไว้ 16 ชั่วโมง แล้วเติมน้ำกลั่นและ o-phenanthroline ferrous sulfate แล้วไตเตรทด้วยสารละลาย $FeSO_4 7H_2O$ จนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนแดง, ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity; EC) ชั่งตัวอย่างใส่ erlenmeyer flask แล้วเติมน้ำกลั่น นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า 30 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง EC-meter (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2551)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าที่กล่าวมาข้างต้น มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบตั้งต้น ได้แก่ ขุยมะพร้าว มูลโค และมูลนกแอ่นกินรัง พบว่า ขุยมะพร้าวมีปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสถุดิบตั้งต้นกับ ธนัชชา (2556) ได้ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในขุยมะพร้าวมีค่า K, Ca, Mg และ pH เท่ากับ 1.48, 0.06, 0.16% และ 4.61 นอกจากนั้นยังมีปริมาณ N, P, OM และ EC เท่ากับ 0.35, 0.07, 79.64% และ 4.74 dS/m ที่ค่อนข้างที่จะสูงเมื่อเปรียบเทียบกับ

ประมาณธาตุอาหารในขุยมะพร้าว (Table 2) ขณะที่ นริสรา และคณะ (2557) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในมูลโคมีปริมาณ N และ P เท่ากับ 1.31 และ 1.10% นอกจากนั้นยังมีปริมาณ K, pH, OM และ EC เท่ากับ 1.63%, 8.15, 35.59% และ 1.27 dS/m ค่อนข้างที่จะต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุอาหารในมูลโค (Table 2) นอกจากนั้นยังมีปริมาณ Ca ที่ค่อนข้างต่ำ และ Mg ที่ค่อนข้างที่จะสูงกว่า Moorthi et al. (2018) ได้วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในมูลโคมีค่า Ca และ Mg เท่ากับ 0.47 และ 0.39% ในส่วนของมูลนกแอ่นกินรังนั้นมีปริมาณ N, P, K, Ca, Mg, OM, pH และ EC เท่ากับ 1.61, 3.55, 1.69, 0.04, 0.55, 67.26%, 6.82 และ 8.49 dS/m ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ Moorthi et al. (2018) ได้วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในมูลโคมีค่า N, P, K, Ca, Mg, OM, pH และ EC เท่ากับ 2.3, 0.42, 0.49, 0.47, 0.39, 59.1%, 7.62 และ 3.8 dS/m ตามลำดับ

Table 2 Initial chemical characteristics in raw material

Parameters	Values of materials		
	Coconut dust	Cow manure	Swiftlet faeces
Total Nitrogen (%)	0.07	0.25	1.61
Total Phosphorus (%)	0.05	0.45	3.55
Total Potassium (%)	1.68	2.82	1.69
Calcium (%)	0.61	0.27	0.04
Magnesium (%)	0.40	0.48	0.55
pH (1:10)	5.99	9.08	6.82
Organic matter (%)	64.30	60.47	67.26
Electrical Conductivity (1:10; dS/m)	2.50	6.00	8.49

ผลการวิเคราะห์ N ที่ระยะเริ่มต้น (Day 0) พบว่า ชนิดมูลสัตว์ และระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์มีผลต่อปริมาณ N ในวัสดุเลี้ยง (bedding) โดยที่มูลนกแอ่นกินรังมี N สูงกว่ามูลโค และระดับความเข้มข้นของมูลที่ 80% ให้ปริมาณ N สูงกว่าระดับอื่น เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลนกแอ่นกินรัง ที่ระดับความเข้มข้น 80% (T_3) มีปริมาณ N สูงที่สุด เท่ากับ 1.30% ซึ่งมีค่าแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง เนื่องมาจากมูลนกแอ่นมี N เป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ ไมตรี (2554) ที่รายงานว่ามูลนกแอ่นกินรังมีปริมาณ N ที่ค่อนข้างสูง อยู่ที่ร้อยละ 5.33 เมื่อเทียบกับปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุอินทรีย์ที่นำมาทดลอง เมื่อเริ่มทำการทดลอง พบว่า T_3 มี N ใน bedding สูงจนเกินไปซึ่ง N เมื่อถูกย่อยสลายด้วยแบคทีเรีย เปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย (NH_3) จากนั้นเป็นไนไตรท์ (NO^-_2) และสุดท้ายเป็นไนเตรท (NO^-_3) พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่การที่มีความเข้มข้นของไนเตรทมากเกินไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อตัวไส้เดือนดิน และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ (เทพวิทูรย์, 2555) ในกรณีที่มีระดับความเข้มข้นของมูลนกแอ่นกินรัง 80% ไม่สามารถเลี้ยงไส้เดือนดินได้ เนื่องจาก bedding ที่มีปริมาณ N สูง ในพื้นที่จำกัดจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อตัวไส้เดือนดิน ซึ่งแตกต่างกับ อานัฐ (2543) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยเคมีที่มี N มากๆ บางครั้งทำให้จำนวนไส้เดือนดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของต้นพืชโดยเฉพาะจำนวนรากพืชในดินรวมถึงร่มเงาที่ช่วยลดอุณหภูมิในดิน และจำนวนเศษพืชที่เหลือในพื้นที่หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วมีปริมาณเพิ่มขึ้น ผลการวิเคราะห์ N ที่ระยะการเลี้ยง 50 วัน (Days 50) พบว่า มูลนกแอ่นมี N สูงกว่ามูลโค และระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์ที่ 60% ให้

ปริมาณ N สูงกว่าระดับอื่น เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลนกแอ่นกินรัง ที่ระดับความเข้มข้น 60% (T_2) มีปริมาณ N สูงที่สุด เท่ากับ 0.55% ซึ่งมีค่าแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง

ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณ P ที่ระยะเริ่มต้น (Day 0) พบว่า ชนิดมูลสัตว์ และระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์มีผลต่อปริมาณ P ใน bedding กล่าวคือ มูลนกแอ่นกินรังมี P สูงกว่ามูลโค และระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์ที่ 80% ให้ปริมาณ P สูงกว่าระดับอื่น เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลนกแอ่นกินรัง ที่ระดับความเข้มข้น 80% (T_3) มีปริมาณ P สูงที่สุด เท่ากับ 1.24% ซึ่งมีค่าแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง ผลการวิเคราะห์ P ที่ระยะการเลี้ยง 50 วัน (Days 50) พบว่า มูลโคมี P สูงกว่ามูลนกแอ่นกินรัง และระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์ที่ 80% ให้ปริมาณ P สูงกว่าระดับอื่นๆ เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลโคที่ระดับความเข้มข้น 60% (T_5) และ 80% (T_6) มีปริมาณ P สูงไม่แตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ Le Bayon and Binet (2006) ที่รายงานว่า ไส้เดือนดินเป็นสื่อกลางที่ช่วยเพิ่มเอมไซม์ Phosphatase ซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณ Alkaline Phosphatase โดยของเสียที่ถูกขับออกมาจากลำไส้จะกลายเป็นมูลไส้เดือนดินที่มีปริมาณ P เพิ่มขึ้น

ส่วนปริมาณ K ที่วิเคราะห์ในระยะเริ่มต้น (Day 0) พบว่า ชนิดมูลสัตว์ และระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์มีผลต่อปริมาณ K ใน bedding กล่าวคือ มูลโคมี K สูงกว่ามูลนกแอ่นกินรัง และระดับความเข้มข้นของมูลโคที่ 80% ให้ปริมาณ K สูงกว่าระดับอื่น เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลโค ที่ระดับความเข้มข้น 80% (T_6) มีปริมาณ K สูงที่สุด เท่ากับ 2.59% ซึ่งมีค่าแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง การวิเคราะห์ K ที่ระยะการเลี้ยง 50 วัน (Days 50) พบว่า มูลโคมี K สูงกว่ามูลนกแอ่นกินรัง และในทุกระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์มีปริมาณ K สูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลโค ที่ระดับความเข้มข้น 60% (T_5) มีปริมาณ K สูงที่สุด เท่ากับ 1.43% ซึ่งมีค่าแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ของไส้เดือนดินช่วยเพิ่มการย่อยสลายและการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมา รวมไปถึงน้ำคัดหลั่ง และเมือกจากไส้เดือนดินที่มีส่วนเพิ่มปริมาณโพแทสเซียม (Khwairakpam and Bhargava, 2009)

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ Ca ที่ระยะเริ่มต้น (Day 0) พบว่า ชนิดมูลสัตว์ และระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์มีผลต่อปริมาณ Ca ใน bedding กล่าวคือ มูลโคมี Ca สูงกว่ามูลนกแอ่นกินรัง และระดับความเข้มข้นของมูลที่ 40% ให้ปริมาณ Ca สูงกว่าระดับอื่นๆ เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลโค ที่ระดับความเข้มข้น 40% (T_4) มีปริมาณ Ca สูงที่สุด เท่ากับ 0.47% ซึ่งมีค่าแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง โดยซุลีมาศ และณัฏฐิรา (2559) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเก็บรักษาปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน พบว่าค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียม ของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่ามากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น และผลการวิเคราะห์ Ca ที่ระยะการเลี้ยง 50 วัน (Days 50) พบว่า มูลโคมี Ca สูงกว่ามูลนกแอ่นกินรัง และระดับความเข้มข้นของมูลที่ 80% ให้ปริมาณ Ca สูงกว่าระดับอื่นๆ เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลโค ที่ระดับความเข้มข้น 60% (T_5) มีปริมาณ Ca สูงที่สุด เท่ากับ 0.69% ซึ่งมีค่าแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง

ในการวิเคราะห์ Mg ที่ระยะเริ่มต้น (Day 0) พบว่า ชนิดมูลสัตว์ และระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์มีผลต่อปริมาณ Mg ใน bedding กล่าวคือ มูลนกแอ่นกินรังมี Mg สูงกว่ามูลโค และระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลนกแอ่นกินรังทุกระดับความเข้มข้นมี Mg สูงซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับมูลโคที่ทุกระดับ และการวิเคราะห์ Mg ที่ระยะการเลี้ยง 50 วัน (Days 50) พบว่า มูลนกแอ่นกินรังมี Mg สูงกว่ามูลโค และระดับความเข้มข้นของมูลที่ 40% ให้ปริมาณ Mg สูงกว่าระดับอื่นๆ เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลนกแอ่นกินรัง ที่ระดับความเข้มข้น 40% (T_1) และ 60% (T_2) มีปริมาณ Mg สูงไม่แตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง เนื่องจากมูลนกแอ่นกินรังมีแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบสูงกว่ามูลโค **(Table2)** ซึ่งแมกนีเซียมมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นส่วนประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ หรือความเขียวของใบพืชช่วยให้พืชปรุงอาหารได้ดีขึ้น และทำหน้าที่เป็นตัวพาฟอสฟอรัสซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยา phosphorylation ในพืช

(จักรชัยวัฒน์, 2550; Guo et al., 2016)

ที่ระยะเริ่มต้น (Day 0) ผลของการวิเคราะห์ค่า pH พบว่า ชนิดมูลสัตว์ และระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์มีผลต่อปริมาณค่า pH ใน bedding กล่าวคือ มูลโคมีค่า pH สูงกว่ามูลนกแอ่นกินรัง และระดับความเข้มข้นของมูลที่ 80% ให้ปริมาณค่า pH สูงกว่าระดับอื่นๆ เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลโค ที่ระดับความเข้มข้น 80% (T_6) มีปริมาณค่า pH สูงที่สุด เท่ากับ 8.46 ซึ่งมีค่าแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง เนื่องมาจาก วัสดุที่ผ่านการหมักโดยไส้เดือนดินมักมีค่าความเป็นด่างมากกว่าเป็นกลาง โดยเป็นด่างเล็กน้อยประมาณ 7.5-8.5 เนื่องจากโปรตีนถูกย่อยสลายและเป็นการปลดปล่อยแอมโมเนียออกมา (บรรจงศักดิ์, 2541) และผลการวิเคราะห์ค่า pH ที่ระยะการเลี้ยง 50 วัน (Days 50) พบว่า มูลโคมีค่า pH สูงกว่ามูลนกแอ่นกินรัง และระดับความเข้มข้นของมูลที่ 80% ให้ปริมาณค่า pH สูงกว่าระดับอื่นๆ เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลโค ที่ระดับความเข้มข้น 60% (T_5) มีปริมาณค่า pH สูงที่สุด เท่ากับ 7.39% ซึ่งมีค่าแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง Nuhaa et al. (2015) ได้ทำการศึกษาพบว่า การเพิ่มขึ้นและลดลงของค่า pH ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุอินทรีย์ที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมเริ่มต้นในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน โดยค่า pH ลดลง เนื่องจากการสะสมของกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างการย่อยสลายสารประกอบ polysaccharides แต่หลังจากปล่อยไส้เดือนดินจะทำให้ pH เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่า pH กับ Mauritius standard สามารถอธิบายได้ว่าช่วงค่า pH ที่เกิดขึ้น แตกต่างกันในระหว่างกระบวนการย่อยสลาย ถ้าการย่อยสลายเกิดจากพวกแบคทีเรีย จะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.0-7.5 หากเกิดจากพวกเชื้อรา จะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.5-8.0 และพวกแอคติโนมัยซีส จะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.0-9.9

ส่วนในการวิเคราะห์ค่า EC ที่ระยะเริ่มต้น (Day 0) พบว่า ชนิดมูลสัตว์ และระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์มีผลต่อปริมาณค่า EC ใน bedding กล่าวคือ มูลนกแอ่นกินรังมีค่า EC สูงกว่ามูลโค และระดับความเข้มข้นของมูลที่ 40% ให้ปริมาณค่า EC สูงกว่าระดับอื่นๆ เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลนกแอ่นกันรัง ที่ระดับความเข้มข้น 40% (T_1) มีปริมาณค่า EC สูงที่สุด เท่ากับ 3.19% ซึ่งมีค่าแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับทุกกลุ่มทดลอง การวิเคราะห์ค่า EC ที่ระยะการเลี้ยง 50 วัน (Days 50) พบว่า มูลนกแอ่นกินรังมีค่า EC สูงกว่ามูลโค และระดับความเข้มข้นของมูลที่ 60% ให้ปริมาณค่า EC สูงกว่าระดับอื่นๆ เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลนกแอ่นกินรัง ที่ระดับความเข้มข้น 60% (T_2) มีปริมาณค่า EC สูงที่สุด เท่ากับ 2.63% ซึ่งมีค่าแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง จากการศึกษาของ Gupta and Garg (2008) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของค่า EC อาจเนื่องจากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ ทำให้เกิดการปลดปล่อยเกลือในรูปฟอร์มต่างๆ เช่น ฟอสเฟต แอมโมเนีย และโพแทสเซียม การเติม biochar, charcoal และ ash จะช่วยดูดซับและลดการสูญเสียไนโตรเจนได้

ผลการวิเคราะห์ค่า OM ที่ระยะเริ่มต้น (Day 0) พบว่า ชนิดมูลสัตว์ และระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์มีผลต่อปริมาณ OM ใน bedding กล่าวคือ มูลนกแอ่นกินรังมี OM ที่สูงกว่ามูลโค และระดับความเข้มข้นของมูลสัตว์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลนกแอ่นกินรัง ที่ระดับความเข้มข้น 80% (T_3) มีปริมาณค่า OM สูงที่สุด เท่ากับ 66.27% ซึ่งมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง การวิเคราะห์ค่า OM ที่ระยะการเลี้ยง 50 วัน (Days 50) พบว่า มูลนกแอ่นกินรังมีค่า OM สูงกว่ามูลโค และระดับความเข้มข้นของมูลที่ 40% ให้ปริมาณค่า OM สูงกว่าระดับอื่นๆ เมื่อพิจารณาแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า การใช้มูลนกแอ่นกินรัง ที่ระดับความเข้มข้น 40% (T_1) มีปริมาณค่า OM สูงที่สุด เท่ากับ 65.21% ซึ่งมีค่าแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับทุกสิ่งทดลอง เมธี (2541) รายงานว่ากองปุ๋ยหมักที่มีปริมาณอินทรียวัตถุเริ่มต้นสูงกว่า หรือใกล้เคียง 60% อินทรียวัตถุนั้นจะมีการย่อยสลายไปเรื่อยๆ จนกระทั่งมีปริมาณอินทรียวัตถุเหลืออยู่ในช่วง 35-50% จึงจะจัดว่าเป็นการหมักที่สมบูรณ์ และปุ๋ยหมักที่ได้มีคุณภาพดีพอสมควร อานัฐ (2560) รายงานว่าดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุน้อย จะพบไส้เดือนดินอยู่จำนวนน้อย ในทางกลับกันถ้าปริมาณของอินทรียวัตถุอยู่เป็นจำนวนมาก ก็จะพบไส้เดือนดินจำนวนมาก เช่นไส้เดือนดินที่อยู่ใต้กองปุ๋ยหมัก ใต้เศษซากพืช หรือใต้กองมูลวัวจะพบไส้เดือนดินจำนวนมาก การเพิ่มอินทรียวัตถุลงในดินก็มีผลต่อการเพิ่มประชากรของไส้เดือนดินด้วยเช่นกัน และส่งผลให้ดินในบริเวณนั้นมีโครงสร้างของดินที่ดีขึ้น เช่น ดินจะร่วนและโปร่งขึ้นซึ่งจะทำให้ดินระบายน้ำและอากาศได้ดียิ่งขึ้น

Table 3 Nutrient content of primary macronutrients and secondary macronutrients of vermicompost

Treatment	%N		%P		%K		%Ca		%Mg	
Day 0	Days 50	Day 0	Days 50	Day 0	Days 50	Day 0	Days 50	Day 0	Days 50	
Manure (A)										
Swiftlet faeces	0.99a[1/]	0.51a	0.94a	0.08b	1.68b	0.81b	0.27b	0.15b	2.81a	1.38a
Cow manure	0.18b	0.25b	0.12b	0.25a	2.36a	1.29a	0.40a	0.58a	1.65b	0.50b
Level of manure (B)										
40% manure	0.41c	0.35b	0.36c	0.06c	1.91c	1.05a	0.43a	0.30c	2.11a	0.96a
60% manure	0.58b	0.40a	0.53b	0.22b	2.02b	1.12a	0.34b	0.42b	2.27a	0.93a
80% manure	0.76a	0.28c	0.70a	0.35a	2.14a	1.15a	0.24c	0.61a	2.31a	0.48b
A x B										
T_1; Swiftlet faeces 40% : Coconut dust 60%	0.69c	0.48b	0.63c	0.04b	1.68d	0.82c	0.38b	0.13d	2.63a	1.38a
T_2 ; Swiftlet faeces 60% : Coconut dust 40%	0.99b	0.55a	0.94b	0.13b	1.68d	0.80c	0.27c	0.16d	2.81a	1.39a
T_3; Swiftlet faeces 80% : Coconut dust 20%	1.30a	nd	1.24a	nd	1.69d	nd	0.15d	nd	3.01a	nd
T_4; Cow manure 40% : Coconut dust 60%	0.14f	0.22d	0.09d	0.09b	2.13c	1.28ab	0.47a	0.46c	1.61b	0.55b
T_5; Cow manure 60% : Coconut dust 40%	0.18e	0.25cd	0.12d	0.31a	2.36b	1.43a	0.40b	0.69a	1.73b	0.48b
T_6; Cow manure 80% : Coconut dust 20%	0.22d	0.28c	0.16d	0.35a	2.59a	1.15b	0.34b	0.61b	1.61b	0.48b
C.V. (%)	1.49	3.760	5.865	24.47	2.97	6.12	8.22	7.79	6.89	10.43

[1/]Mean in the same column followed by a common latter are not significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test. nd = Not detected.

เกษตร 48 ฉบับที่ 3: 471-482 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.43.

Table 4 Concentration of pH, electrical conductivity (EC), organic matter (OM) and germination index (GI) of vermicompost

Treatment	pH		EC		%OM	
	Day 0	Days 50	Day 0	Days 50	Day 0	Days 50
Manure (A)						
Swiftlet faeces	6.49b[1/]	4.46b	3.12a	2.35a	65.84a	65.05a
Cow manure	7.85a	7.21a	1.56b	1.82b	62.00b	58.56b
Level of manure (B)						
40% manure	6.78c	5.70c	2.53a	1.96ab	64.13a	63.73a
60% manure	7.17b	5.94b	2.31b	2.28a	63.89a	61.78b
80% manure	7.56a	7.29a	2.18c	1.69b	63.75a	54.77c
A x B						
T_1 ; Swiftlet faeces 40% : Coconut dust 60%	6.33f	4.43c	3.19a	2.07b	65.48a	65.21a
T_2 ; Swiftlet faeces 60% : Coconut dust 40%	6.49e	4.49c	3.00b	2.63a	65.78a	64.89a
T_3 ; Swiftlet faeces 80% : Coconut dust 20%	6.66d	nd	3.17a	nd	66.27a	nd
T_4 ; Cow manure 40% : Coconut dust 60%	7.23c	6.96b	1.86c	1.84b	62.77b	62.25b
T_5 ; Cow manure 60% : Coconut dust 40%	7.85b	7.39a	1.62d	1.94b	62.00bc	58.67c
T_6 ; Cow manure 80% : Coconut dust 20%	8.46a	7.29a	1.19e	1.69b	61.23c	54.77d
C.V. (%)	0.27	0.89	2.57	10.21	0.77	0.99

[1/]Mean in the same column followed by a common latter are not significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test. nd = Not detected

สรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากมูลนกแอ่นกินรัง โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* พบว่าการเลี้ยงไส้เดือนดินที่ Days 50 ในสิ่งทดลอง T_1 (swiftlet faeces 40%: coconut dust 60%) และT_2 (swiftlet faeces 60%: coconut dust 40%) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณอินทรียวัตถุ และค่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกสิ่งทดลอง ในขณะที่ T_4 (cow dung 40%: coconut dust 60%) และ T_5 (cow dung 60%: coconut dust 40%) มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ปริมาณแคลเซียม และค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกสิ่งทดลอง ดังนั้น อัตราส่วนของมูลนกแอ่นกินรังที่เหมาะสมในการนำมาเลี้ยงไส้เดือนดินอยู่ในช่วง 40-60%

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่มอบทุนสนับสนุนการวิจัยภายใต้แผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2562 และขอขอบพระคุณผู้ประกอบการบ้านนกแอ่นกินรังจากชมรมนกแอ่นกระบี่ จังหวัดกระบี่ ที่เอื้อเฟื้อมูลนกแอ่นกินรัง และขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาทางสัตวศาสตร์ ภาควิชาสัตวบาล และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัย และขอบคุณผู้ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. 2551. คู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. สำนักพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จักรชัยวัฒน์ กาวีวงค์. 2550. เอกสารประกอบการสอน. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, พิษณุโลก.

ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย และณัฏฐิรา แกล้วกล้าหาญ. 2559. การศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปุ๋ยหมัก โดยไส้เดือนดินระหว่างการเก็บรักษา. พืชศาสตร์ สงขลานครินทร์. 3:55-61.

ทัศนีย์ เมืองแก้ว. 2561. ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2561 และแนวโน้มปี 2562. ใน: การสัมมนาภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2561 และแนวโน้มปี 2562 เรื่องโลกเปลี่ยน เกษตรปรับ เกษตรกรปรับเปลี่ยน. 21 ธันวาคม 2561. โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น, กรุงเทพฯ.

เทพวิทูรย์ ทองศรี. 2555. ผลกระทบของไนโตรเจนต่อสิ่งแวดล้อม. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 60:12-14.

ธนัชชา เพ็ชรเล็ก. 2556. ผลของวัสดุอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน (*Eudrilus eugeniae)* และปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (ปัญหาพิเศษปริญญาตรี). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

นริสรา พานพ่วง, สาวิตรี จันทรานุรักษ์ และพีรพงษ์ เชาวนพงษ์. 2557. การศึกษาและพัฒนาวิธีการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae.* ใน: เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52: สาขาวิทยาศาสตร์, สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 4-7 กุมภาพันธ์ 2557. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บรรจงศักดิ์ ภักดี. 2541. ศักยภาพของการใช้ไส้เดือนดินเพื่อย่อยสลายอินทรียวัตถุในฟาร์ม

ขนาดเล็ก. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1, เชียงใหม่.

เมธี มณีวรรณ. 2541. มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก). วารสารพัฒนาที่ดิน. 36:12-22.

ไมตรี แก้วทับทิม. 2554. ปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยอินทรีย์จากการหมักวัสดุอินทรีย์ต่างๆ. วิทยาศาสตร์เกษตร. 42:479-482.

สาลี่ ชินสถิต และหฤทัย แก่นลา. 2548. คู่มือ ปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับเกษตรกร). ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

สุพาภรณ์ ดาดง. 2549. การศึกษาการวิภาคและการบำบัดกากตะกอนแห้งจากศูนย์ผลิตภัณฑ์นม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยไส้เดือนดิน *Eudrilus eugeniae*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน). 2558. รายละเอียดนกอีแอ่น/นกแอ่นกินรัง. แหล่งข้อมูล: http://www.nbbch.org/bedo2016/?page=eco-bio/list Variety.php&groupType_ID=3&variety_ID=135. ค้นเมื่อ 16 มกราคม 2562.

อานัฐ ตันโช. 2543. การทำปุ๋ยจากขยะโดยใช้ไส้เดือนดิน. แม่โจ้ปริทัศน์. 1:98-102.

อานัฐ ตันโช. 2552. คู่มือการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากขยะอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ทรีโอแอดเวอร์ไทซิ่ง แอนด์ มีเดีย จำกัด, เชียงใหม่.

อานัฐ ตันโช. 2560. คู่มือการผลิตปุ๋ยอินทรีย์มูลไส้เดือนดินจากขยะอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

อาภรณ์ ทองบุราณ และชุลีมาศ บุญไทย อิวาย. 2561. ผลการใช้แกลบเผาต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* และ *Eisenia foetida* ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน. แก่นเกษตร. 46:105-116.

Abdullah, A., Z.M. Wan, S. Ali, and M.B. Jusoh. 2012 Nutritional Composition of Swiftlets (*Aerodramus fuciphagus*) Faeces for Future Usage. In: Veterinary Association of Malaysia (VAM). September 21-23, 2012. Marriot Hotel Putrajaya, Kuala Lumpur.

Guo, W., H. Nazim, Z. Liang, and D. yang. 2016. Magnesium deficiency in plants: an urgent prolem. The crop. 4:83-91.

Gupta, R., and V.K. Garg. 2008. Stabilization of primary sewage sludge during vermicomposting. Hazard. Mater. 153:1023-1030.

Khwairakpam, M. and R. Bhargava. 2009. Vermitechnology for sewage sludge recycling. Hazard.Mater. 161:948-954.

Le Bayon, R.C., and F. Binet. 2006. Earthworm changes the distribution and availability of phosphorous in organic substrates. Soil Biol. Biochem. 38:235-246.

Moorthri, M., A.K. Senthikumar, S. Arumugam, C. Kaliyaperumal, and N. Karupannan. 2018. Vermicomposting of distillery sludge waste with tea lea residues. SER. 28:223-227.

Neuhauser, E. A., R. C. Loehr, and M.R. Malecki. 1988. The Potential of Earthworm for Managing Sewage Sludge. P. 9-20. In: Earthworm in Waste and Environmental Management. SPB Academic Publishing, The Hague.

Nuhaa, S., M. Romeela, and K. G. Vinod. 2015. Experimental process monitoring and potential of *Eudrilus eugeniae* in the vermicomposting of organic solid waste in Mauritius. Ecological Engineering. 84:149-158.