อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ
อิทธิพลของระยะห่างของช่องว่างระหว่างชั้นขยะกับดินรองพื้นที่มีผลต่อการหมักขยะโดยใช้ไส้เดือน *Perionyx excavatus*

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 21 ส.ค. 2558
เลขทะเบียน 1692053O
เลขเรียกหนังสือ ว วง
S64
ร1935
2558

โดย

รองเดช ตั้งตระการพงษ์ และคณะ

เมษายน 2558

สัญญาเลขที่ R2558C028

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ
อิทธิพลของระยะห่างของช่องว่างระหว่างชั้นขยะกับดินรองพื้นที่
มีผลต่อการหมักขยะโดยใช้ไส้เดือน *Perionyx excavates*

คณะผู้วิจัย

นายสัตวแพทย์รองเดช ตั้งตระการพงษ์ คณะวิทยาศาสตร์
ผศ.ดร. ดลเดช ตั้งตระการพงษ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สนับสนุนโดย
งบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีงบประมาณ 2558

Executive summary

ขยะอินทรีย์เป็นส่วนประกอบหลักของขยะชุมชนประเทสไทย[1] การใช้ไส้เดือนมาช่วยหมักขยะอินทรีย์ (vermin composting) เป็นอีกแนวทางหนึ่ง ในการจัดการขยะที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเศษอาหาร ในการหมักขยะเศษอาหารจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยหลายอย่างเช่น อุณหภูมิ ความชื้นพีเอช และอาหารที่ใส่ไม่ควรเผ็ด เปรี้ยว หรือเค็มเกินไปเนื่องจากจะระคายเคืองและเป็นอันตรายต่อไส้เดือนได้ [2] โดยที่ไส้เดือนจะช่วยย่อยสลายขยะเศษอาหารให้กลายเป็นวัสดุที่เสถียร ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับดินมีสีดำเข้มเหมาะสำหรับการปลูกพืช[3] จากการทดลองพบว่าระยะช่องว่างระหว่างชั้นขยะกับดินรองพื้นที่เหมาะสมในการหมักขยะเศษอาหารโดยใช้ไส้เดือน *P. excavatus* พบว่าที่ระยะช่องว่าง 0 ซม. ไส้เดือนตายในระหว่างทำการทดลอง ในขณะที่ระยะห่างอื่นๆน้ำหนักขยะเศษอาหารช่วงแรกลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 14 วัน หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้าๆจนสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 2 และพบว่า ที่ระยะช่องว่างที่ 2, 4 และ 6 ซม. ขยะเศษอาหารถูกย่อยสลายหมดในเวลา 18, 14 และ 25 วัน ในขณะที่ระยะห่าง 8 และ 10 ซม. พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (32 วัน) ยังคงเหลือปริมาณขยะเศษอาหารอยู่ และเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม(ไม่ใส่ไส้เดือน) รูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าน้ำหนักขยะเศษอาหารลดลงอย่างต่อเนื่องแต่ยังคงมีปริมาณขยะเศษอาหารอยู่จนสิ้นสุดการทดลอง และพบว่าที่ระยะช่องว่าง 0 ซม. ปริมาณขยะยังเหลือปริมาณมากเมื่อเทียบกับระยะช่องว่าง 2-10 ซม. ที่มีปริมาณขยะคงเหลือใกล้เคียงกัน อาจมีความเป็นไปได้ว่าระยะห่างมีผลต่อการย่อยสลายขยะเศษอาหาร

จากผลการทดลองดังกล่าวจึงสรุปได้ว่าระยะห่างช่องว่างระหว่างชั้นขยะเศษอาหารกับชั้นดินรองพื้นที่มีผลต่อการหมักขยะโดยใช้ไส้เดือน *P. excavatus* โดยพบว่าการไม่มีช่องว่างระหว่างชั้นขยะกับดินรองพื้นส่งผลให้ไส้เดือนตาย และพบว่าที่ระยะช่องว่างระหว่าง 2-4 ซม. ประสิทธิภาพในการหมักขยะดีใกล้เคียงกัน ในขณะที่เมื่อระยะช่องว่างเพิ่มขึ้นจาก 4 ถึง 10 ซม. ประสิทธิภาพในการหมักขยะจะลดลง จึงอาจกล่าวได้ว่าระยะห่างของช่องว่างที่เหมาะสมในการหมักขยะโดยไส้เดือน *P.excavates* ควรมีค่าไม่เกิน 4 ซม. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกองหมักมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันในทุกชุดการทดลอง คือจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง ค่าพีเอชจะค่อยๆสูงขึ้นจนเข้าสู่สภาวะเป็นกลาง ค่า C/N ของกองหมักจะมีค่าลดลงใน 5 วันแรก และหลังจากนั้นค่า C/N จะเพิ่มสูงขึ้นซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ในช่วง 5 วันแรกการย่อยสลายขยะเศษอาหารจึงเกิดขึ้นจากผลของกิจกรรมของไส้เดือน ในขณะที่การทดลองควบคุม ค่า C/N ลดลงในช่วง 5 วันแรก หลังจากนั้นจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนสิ้นสุดการทดลอง

บทคัดย่อ

การหมักขยะเศษอาหารโดยใช้ไส้เดือน Perionxy excavates. ได้ออกแบบถังปฏิกิริยาแบบใหม่ (Air 1) ให้มีช่องว่างระหว่างชั้นขยะเศษอาหารและดินรองพื้น โดยระยะช่องว่างระหว่าง 0 – 10 เซนติเมตร โดยใช้ไส้เดือนปริมาณ 150 กรัม ต่อขยะเศษอาหาร 1000 กรัม ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก อุณหภูมิ ค่าความชื้น ค่าอินทรีย์คาร์บอน และค่าไนโตรเจน ของขยะเศษอาหาร และทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักของไส้เดือนทุกช่วงเวลา เป็นระยะวลาทั้งสิ้น 32 วัน โดยมีชุดการทดลองที่ไม่ใส่ไส้เดือนเป็นการทดลองควบคุม ผลการศึกษาพบว่า ที่ระยะช่องว่าง 0 ซม. ไส้เดือนตายในระหว่างทำการทดลอง เมื่อระยะช่องว่างเพิ่มมากขึ้นไส้เดือนจะสามารถย่อยขยะเศษอาหารได้ช้าลง และขยะเศษอาหารสามารถถูกย่อยสลายได้หมดที่ระยะช่องว่างที่ 2, 4 และ 6 ซม. ขยะเศษอาหารถูกย่อยสลายหมดในเวลา 18, 14 และ 25 วัน ในขณะที่ระยะห่าง 8 และ 10 ซม. พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองยังคงเหลือปริมาณขยะเศษอาหารอยู่ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและพีเอช ในถังปฏิกิริยามีลักษณะคล้ายคลึงกันในทุกชุดการทดลอง ในขณะที่ ค่า C/N จะมีค่าลดลงใน 5 วันแรก ต่อจากนั้นค่า C/N จะเพิ่มขึ้นตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง ในขณะที่ ค่า C/N ในชุดการทดลองควบคุมจะมีค่าลดลงใน 5 วันแรก หลังจากนั้นจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนสิ้นสุดการทดลอง

คำสำคัญ : การหมักขยะโดยใช้ไส้เดือน; ขยะเศษอาหาร; การหมักขยะ; ไส้เดือนดิน; ระยะช่องว่าง

Abstract

Vermicomposting of food waste by Perionxy excavates. was designs new reactor (Air 1) have gap between food waste and soil base between the 0 - 10 cm. The experiments were carried out by 1000 g. of food waste and use worm 150 g. The weight and characteristics of worm and food waste were examined for 32 day. The control experiment was conducted by composting of food waste without the worm. The results show the gap 0 cm the worm was die in experiments. When the gap increases earthworm can digest food waste slowly and Gap at 2, 4 and 6 cm of waste is decomposed at 18, 14 and 25 days, while 8 and 10 cm. at the end of the experiment showed that the waste. The profile of pH and temperature in the composting piles were found to be quite similar in all experiment. For the composting pile with the worm, the C/N ratio was decreased in the 5 day and then increased from the 5 day ago to the end of the experiment. However, for the composting pile without worm, the C/N ratio was decreased in the 5 day and then quite stable from 5 day ago to the end of the experiment.

Keywords : vermicomposting; food waste; composting; earth worm; gap

บทนำ

ขยะมูลฝอยเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการขยายตัวของชุมชน ทำให้มีความต้องการอุปโภคบริโภค ซึ่งความต้องการดังกล่าวทำให้เกิดขยะมูลฝอยตามมา และขยะมูลฝอยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยสารอินทรีย์ถึง 64 % ซึ่งสารอินทรีย์ดังกล่าวจะเป็นพวก เศษอาหาร เป็นส่วนใหญ่ ในปัจจุบันมีสถานที่หลายแห่งให้ความสำคัญในการจัดการขยะมูลฝอย โดยให้มีการจัดแยกขยะก่อนทิ้งและช่วยทำให้การจัดการขยะมูลฝอยนั้นกระทำได้ง่ายขึ้น และขยะเศษอาหารดังกล่าวสามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักได้ ซึ่งรูปแบบการหมักขยะโดยทั่วไปมักเป็นการหมักแบบกองกลางแจ้ง (Windrow system) และแบบ (Static pileaystem) ซึ่งต้องจัดหาสถานที่ที่มีบริเวณกว้าง และหากไม่มีการวัดสถานที่ดีแล้วจะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่น และการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย นอกจากนี้การนำเอาไส้เดือนมาช่วยย่อยสลายขยะเศษอาหาร (vermin composting) เป็นอีกแนวทางหนึ่ง ในการย่อยสลายขยะที่มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการหมักได้ เนื่องจากกระบวนการหมักขยะของไส้เดือนเกิดจากการที่ไส้เดือนกินขยะเศษอาหารเข้าไป แล้วขับถ่ายเป็นมูล(Costing) ออกมา ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับดินมีสีดำเข้มเป็นเม็ดเหมาะที่จะนำไปใช้เพื่อการปรับปรุงดิน เพราะมีปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารค่อนข้างสูง [10]

การทดลองของ ดลเดช ตั้งตระการพงษ์ และ ขวัญทิพา ปานเดชา(2550) [9] ได้ใช้กล่องพลาสติกในการหมักขยะเศษอาหารโดนใช้ไส้เดือน P. excavatus โดยใส่ขยะเศษอาหารวางทับชั้นดินรองพื้น ซึ่งพบปัญหาสภาพที่ไม่เหมาะสมเช่น การระบายอากาศของกองหมักยังไม่ดีพอเกิดสภาวะการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนทำให้เกิดกลิ่นเหม็น และกองหมักมีอุณหภูมิสูงทำให้ไส้เดือนไม่ขึ้นมาย่อยขยะ นอกจากนี้น้ำชะขยะที่เกิดขึ้นส่งผลให้ไส้เดือนมีการตายและมีประสิทธิภาพในการทำงานน้อยลง จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นจึงได้ออกแบบถังปฏิกิริยาแบบใหม่ (Air 1) โดยให้มีช่องว่างระหว่างชั้นขยะเศษอาหาร และดินรองพื้น และทำการศึกษาระยะของช่องว่างระหว่างชั้นขยะกับดินรองพื้นที่เหมาะสมในการหมักขยะเศษอาหารโดยใช้ไส้เดือน P. excavates

อุปกรณ์และวิธีการ

ขยะเศษอาหาร

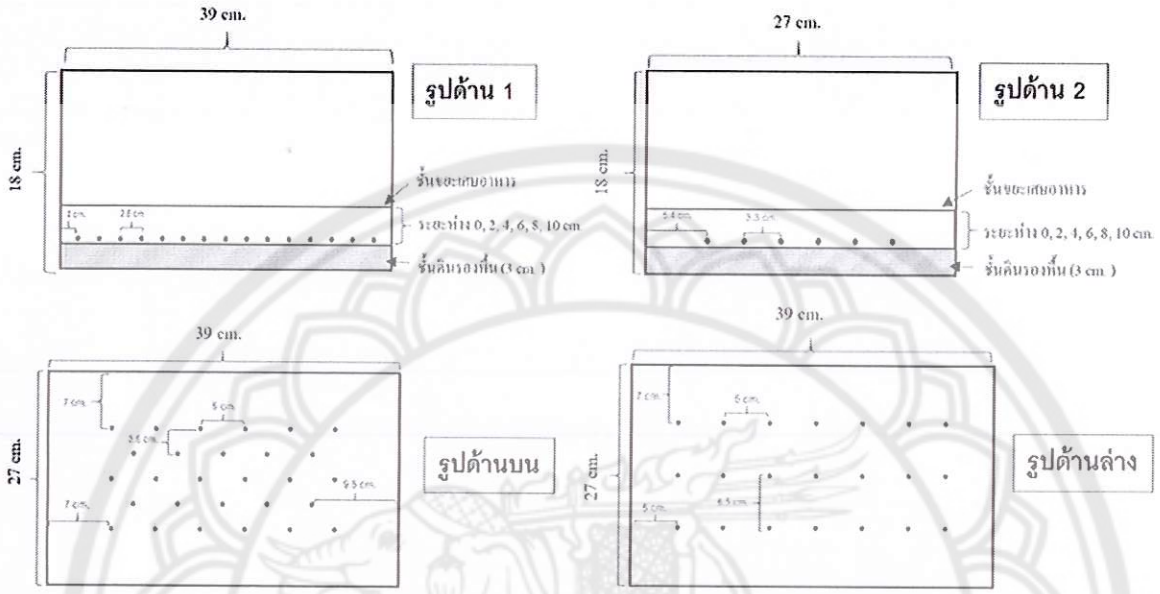
ขยะเศษอาหารใช้ในการทดลองเป็นขยะเศษอาหารจริง ซึ่งได้จากโรงอาหารของมหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก จากนั้นนำมาผสมกับกระดาษสำนักที่ใช้แล้ว (ย่อยโดยใช้เครื่องย่อยเอกสารให้ได้ขนาดประมาณ 0.5 – 1 ซม.) ด้วยอัตราส่วนของขยะเศษอาหารต่อกระดาษสำนักงานเท่ากับ 3 : 1 โดยน้ำหนัก

ไส้เดือน

การทดลองนี้ใช้ไส้เดือน *Perionyx excavatus.* (ทำการวิเคราะห์สายพันธุ์โดย อ.ประสุข โฆษวิทิตกุล ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร) ซึ่งนำมาจากฟาร์มไส้เดือนแห่งหนึ่งในชุมชนบรมไตรโลกนารถ 21 อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ถังปฏิกิริยา (Reactor)

ใช้ภาชนะพลาสติกมีฝาปิด ขนาดกว้าง 27 x ยาว 39 x 18 ซม. เจาะรูด้านข้างและด้านบนเพื่อระบายอากาศ และเจาะรูด้านล่างเพื่อระบายน้ำ (มีตาข่ายพลาสติกปิดทับรูเพื่อป้องกันไส้เดือนหนี) ดังรูปที่ 1 และใส่ดินเป็นวัสดุรองพื้นปริมาณ 1000 กรัม (สูง 3 ซม.)



รูปที่ 1 ถังปฏิกิริยา Air 1

วิธีการทดลอง

ไส้เดือน *P. excavatus* ถูกนำมาใช้ในการหมักขยะเศษอาหาร ถูกนำมาใช้ในการหมักขยะเศษอาหาร ปริมาณ 1000 กรัม ใช้ปริมาณไส้เดือน 150 กรัม โดยใช้ระยะช่องว่างระหว่างชั้นขยะกับชั้นดินรองพื้นที่แตกต่างกันคือ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ซม. ทำการทดลอง 2 ซ้ำ และการทดลองควบคุมที่ไม่ใส่ไส้เดือน รักษาระดับความชื้นตลอดการทดลองไม่ให้ต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยการสเปรย์น้ำด้วยกระบอกฉีดน้ำ เป็นเวลา 32 วัน และทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก อุณหภูมิ ค่าความชื้น ค่าอินทรีย์คาร์บอน และค่าไนโตรเจน ของขยะเศษอาหาร และทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักของไส้เดือนทุกช่วงเวลา และคำนวณอัตราการเจริญเติบโตจากสมการที่ 1 และคำนวณอัตราการการผลิตไส้เดือน(yield) ได้จากสมการที่ 2

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือน} = \frac{W_n - W_o}{d} \qquad (1)$$

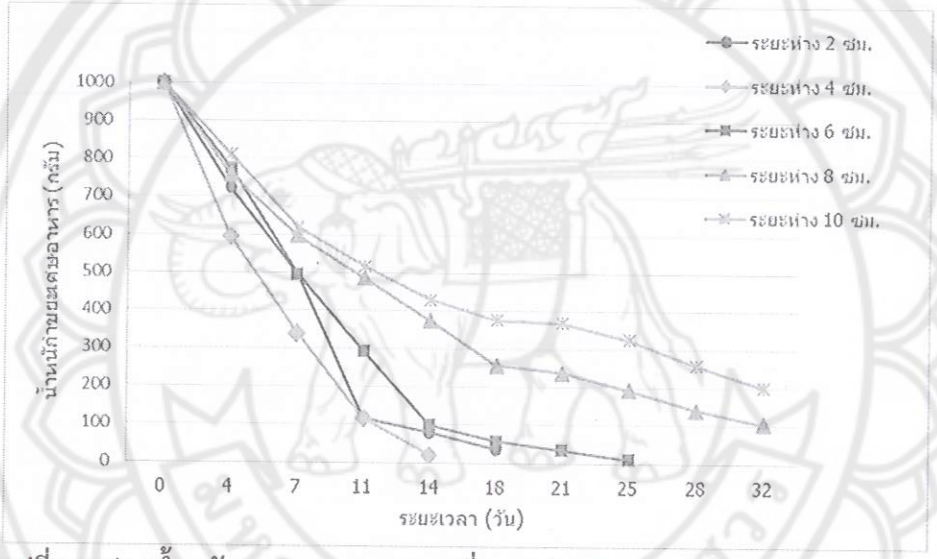
เมื่อ W_n = น้ำหนักไส้เดือนรวมในวันที่พิจารณา

W_o = น้ำหนักไส้เดือนรวมในวันที่เริ่มทำการทดลอง

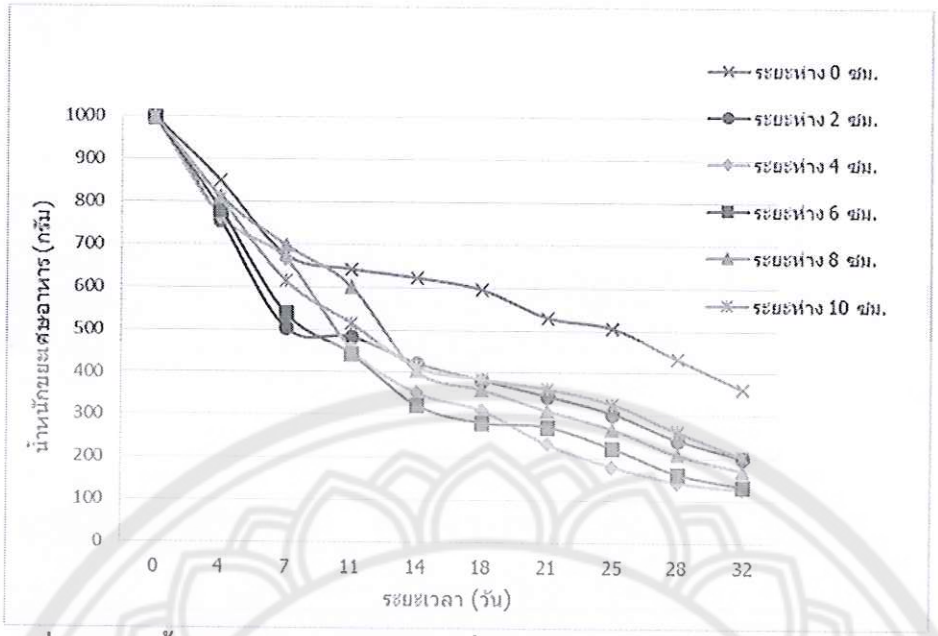
d = จำนวนวันที่พิจารณา

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษาระยะช่องว่างระหว่างชั้นขยะกับดินรองพื้นที่เหมาะสมในการหมักขยะเศษอาหารโดยใช้ไส้เดือน *P. excavatus* พบว่าที่ระยะช่องว่าง 0 ซม. ไส้เดือนตายในระหว่างทำการทดลอง ในขณะที่ระยะห่างอื่นๆน้ำหนักขยะเศษอาหารช่วงแรกลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 14 วัน หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้าๆ จนสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 2 และพบว่า ที่ระยะช่องว่างที่ 2, 4 และ 6 ซม. ขยะเศษอาหารถูกย่อยสลายหมดในเวลา 18, 14 และ 25 วัน ในขณะที่ระยะห่าง 8 และ 10 ซม. พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (32 วัน) ยังคงเหลือปริมาณขยะเศษอาหารอยู่ และเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม(ไม่ใส่ไส้เดือน) รูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าน้ำหนักขยะเศษอาหารลดลงอย่างต่อเนื่องแต่ยังคงมีปริมาณขยะเศษอาหารอยู่ จนสิ้นสุดการทดลอง และพบว่าที่ระยะช่องว่าง 0 ซม. ปริมาณขยะยังเหลือปริมาณมากเมื่อเทียบกับระยะช่องว่าง 2-10 ซม. ที่มีปริมาณขยะคงเหลือใกล้เคียงกัน อาจมีความเป็นไปได้ว่าระยะห่างมีผลต่อการย่อยสลายขยะเศษอาหาร

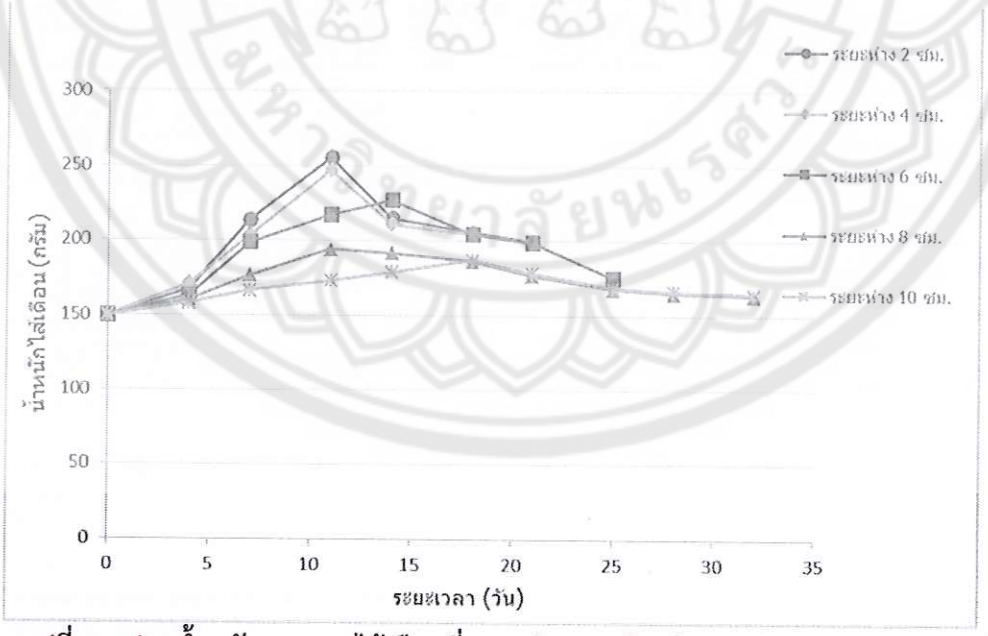


รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของขยะเศษอาหารที่ระยะห่างของช่องว่างระหว่างขยะเศษอาหารกับดินรองพื้นที่แตกต่างกันในการหมักขยะด้วยไส้เดือน *P. excavates*



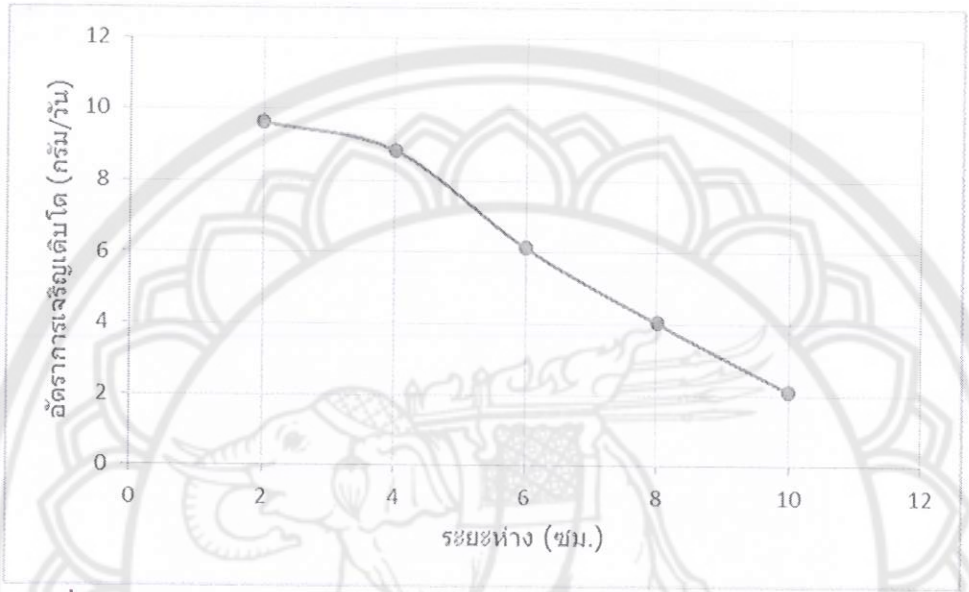
รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของขยะเศษอาหารที่ระยะห่างของช่องว่างระหว่างขยะเศษอาหารกับดินรองพื้นที่แตกต่างกันในการหมักขยะ (การทดลองควบคุม)

จากรูปที่ 4 พบว่าที่ระยะช่องว่าง 2 และ 4 ซม. น้ำหนักไส้เดือนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเวลา 11 วัน หลังจากนั้นจะลดลงโดยพบว่าน้ำหนักของไส้เดือนสูงสุดที่ระยะช่องว่าง 2 และ 4 ซม. เท่ากับ 255.80 และ 247.18 กรัมตามลำดับ สำหรับระยะช่องว่าง 6 ซม. ไส้เดือนมีน้ำหนักรวมสูงสุดในวันที่ 14 เท่ากับ 227.40 กรัม ส่วนระยะห่างที่ 8 และ 10 ซม. ไส้เดือนมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักรวมของไส้เดือนที่ระยะห่างของช่องว่างระหว่างขยะเศษอาหารกับดินรองพื้นที่แตกต่างกันในการหมักขยะด้วยไส้เดือน *P. Excavatus*

จากรูปที่ 5 อัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือนลดลงเมื่อระยะช่องว่างระหว่างชั้นขยะกับชั้นดินรองพื้นเพิ่มขึ้นโดยพบว่า ระยะห่าง 2 และ 4 ซม. ไส้เดือนมีอัตราการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน คือ 9.62 และ 8.84 กรัม/วัน และพบว่าที่ระยะห่าง 6, 8 และ 10 cm. ไส้เดือนมีอัตราการเจริญเติบโตเป็น 6.13, 4.04 และ 2.11 กรัม/วัน น้ำหนักไส้เดือนรวมเฉลี่ยทุกการทดลองลดลงเป็นผลมาจากระยะช่องว่างที่มีค่าเพิ่มขึ้นจึงทำให้ไส้เดือนขึ้นไปกินอาหารได้ปริมาณเพียงเล็กน้อย



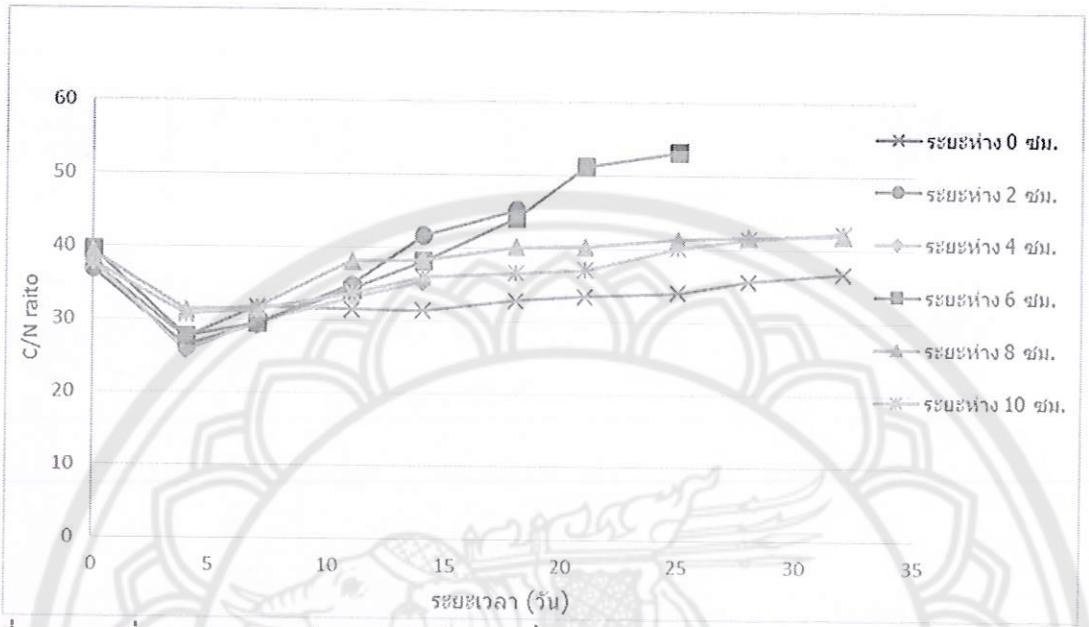
รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือนเมื่อระยะช่องว่างของขยะเศษอาหารและดินรองพื้นระหว่าง 2-10 ซม. เวลาในการหมัก 11 วัน

ลักษณะของขยะเศษอาหารในระหว่างการทดลอง

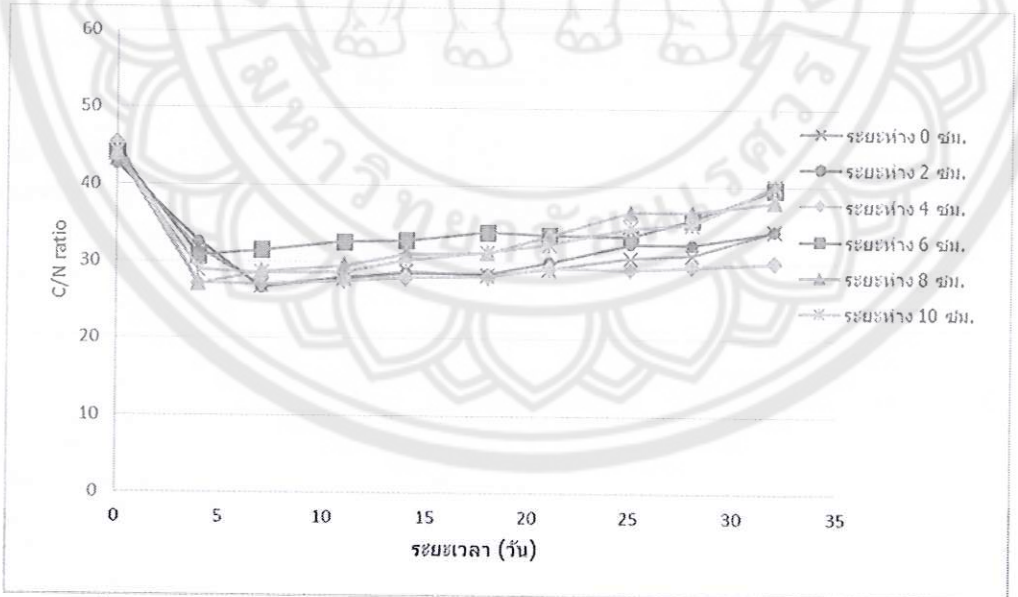
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกองหมักมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันในทุกชุดการทดลอง คือจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง เนื่องจากถังปฏิกิริยา Air 1 มีช่องระบายอากาศด้านข้างและด้านบนทำให้อากาศภายถังปฏิกิริยามีการหมุนเวียน สำหรับพีเอช ภายในกองหมักมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันในทุกชุดการทดลองคือ 4.6 ที่มีสภาพเป็นกรดอ่อนซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากขยะอาหารที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นขยะเศษอาหารจริง หลังจากนั้นจะค่อยๆเพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดการทดลองค่าพีเอชเฉลี่ยอยู่ที่ 7.0

สำหรับการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ของกองหมักดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งพบว่าค่า C/N ของทุกการทดลอง รวมทั้งการทดลองควบคุมรูปที่ 7 มีค่าลดลงในช่วง 5 วันแรก ซึ่งสามารถอิบายได้ว่าช่วงแรกไม่มีผลจากกิจกรรมของไส้เดือน ปริมาณคาร์บอนลดลงเนื่องจากถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ [6] ขณะที่มีการสูญเสียไนโตรเจนจำนวนน้อยในรูปของก๊าซแอมโมเนีย[7] หลังจาก 5 วันแรก นั้น สามารถอธิบายได้ว่าเป็นผลมาจากการกินของไส้เดือน โดยไส้เดือนจะกินวัสดุอินทรีย์ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายก่อน[8] ทำให้เหลือกระดาษซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สามารถย่อย

สลายได้ช้ากว่าขยะเศษอาหาร และมีค่า C/N ที่สูง จึงทำให้ค่า C/N ของการทดลองที่ใส่ไส้เดือนมีค่าสูงขึ้น สำหรับการทดลองควบคุม จะมีค่าลดลงใน 5 วันแรก หลังจากนั้นจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองการหมักขยะเศษอาหารโดยทั่วไป[2]



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ระยะห่างของช่องว่างระหว่างขยะเศษอาหารกับดินรองพื้นที่แตกต่างกันในการหมักขยะด้วยไส้เดือน *P. Excavatus*



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ระยะห่างของช่องว่างระหว่างขยะเศษอาหารกับดินรองพื้นที่แตกต่างกันในการหมักขยะ(การทดลองควบคุม)

สรุป

ระยะห่างช่องว่างระหว่างชั้นขยะเศษอาหารกับชั้นดินรองพื้นที่มีผลต่อการหมักขยะโดยใช้ไส้เดือน *P. excavatus* โดยพบว่าการไม่มีช่องว่างระหว่างชั้นขยะกับดินรองพื้น ส่งผลให้ไส้เดือนตาย และพบว่าที่ระยะช่องว่างระหว่าง 2-4 ซม. ประสิทธิภาพในการหมักขยะดีใกล้เคียงกัน ในขณะที่เมื่อระยะช่องว่างเพิ่มขึ้นจาก 4 ถึง 10 ซม. ประสิทธิภาพในการหมักขยะจะลดลง จึงอาจกล่าวได้ว่า ระยะห่างของช่องว่างที่เหมาะสมในการหมักขยะโดยไส้เดือน *P.excavates* ควรมีค่าไม่เกิน 4 ซม.

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกองหมักมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันในทุกชุดการทดลอง คือจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง ค่าพีเอชจะค่อยๆสูงขึ้นจนเข้าสู่สภาวะเป็นกลาง ค่า C/N ของกองหมักจะมีค่าลดลงใน 5 วันแรก และหลังจากนั้นค่า C/N จะเพิ่มสูงขึ้นซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ในช่วง 5 วันแรกการย่อยสลายขยะเศษอาหารจึงเกิดขึ้นจากผลของกิจกรรมของไส้เดือน ในขณะที่การทดลองควบคุม ค่า C/N ลดลงในช่วง 5 วันแรก หลังจากนั้นจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนสิ้นสุดการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ. (2544). รายงานหลักโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านการหมักขยะอินทรีย์ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

[2] อานัฐ ตันโช. (2548). ไส้เดือนเพื่อนสิ่งแวดล้อมและเกษตรธรรมชาติ. วารสารเกษตรธรรมชาติ, (1), 14-49.

[3] ธเรศ ศรีสถิตย์. (2553). วิศวกรรมการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ

[4] ดลเดช ตั้งตระการพงษ์ และ ขวัญทิพา ปานเดชา (2550), การหมักขยะเศษอาหารโดยไส้เดือน Perionyx excavatus, วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย, ปีที่ 21 ฉบับที่ 3 : หน้า 95-105

[5] Eawards,C.A.(1998). Earthworm Ecology .The Use of Earthworms in the Breakdown and Management of Organic Waste. Ohio: Ohio State University.

[6] Chaudhuri, P.S. et al. 2003. Rubber leaf litters (Hevea brasiliensis, var RRIM 600) as vermiculture substrate for epigeic earthworms, Perionyx excavates, Eudrilus eugeniae, Eisenia fetida: The 7th international symposium on earthworm ecology Cardiff Wales 2002, Pedobiologia, 47(5-6), pp. 796-800

[7] Loh,T.C. et al . (2005). Vermicomposting of cattle and goat manures by Eisenia fetida and their growth and reproduction performance. Bioresource Techology. 96(1). 169-173.

[8] Ndegwa,P.M.& S.A.,Thomson. (2000). Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. Bioresource Techology. 75(1). 7-12.

ภาคผนวก

<u>การเผยแพร่ผลงาน</u>

การนำเสนอในการประชุมวิชาการในระดับชาติ ที่มีการตีพิมพ์บทความบน Proceedings

1. รองเดช ตั้งตระการพงษ์ และดลเดช ตั้งตระการพงษ์ "การหมักขยะอินทรีย์สังเคราะห์โดยใช้แผงไข่กั้นระหว่างชั้นขยะอินทรีย์สังเคราะห์กับดินรองพื้นดินโดยใช้ไส้เดือนดิน Perionyx excavates" การประชุมวิชาการ "สิ่งแวดล้อมนเรศวร ครั้งที่ 10" วันพฤหัสบดีที่ 30 ตุลาคม 2557 คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร

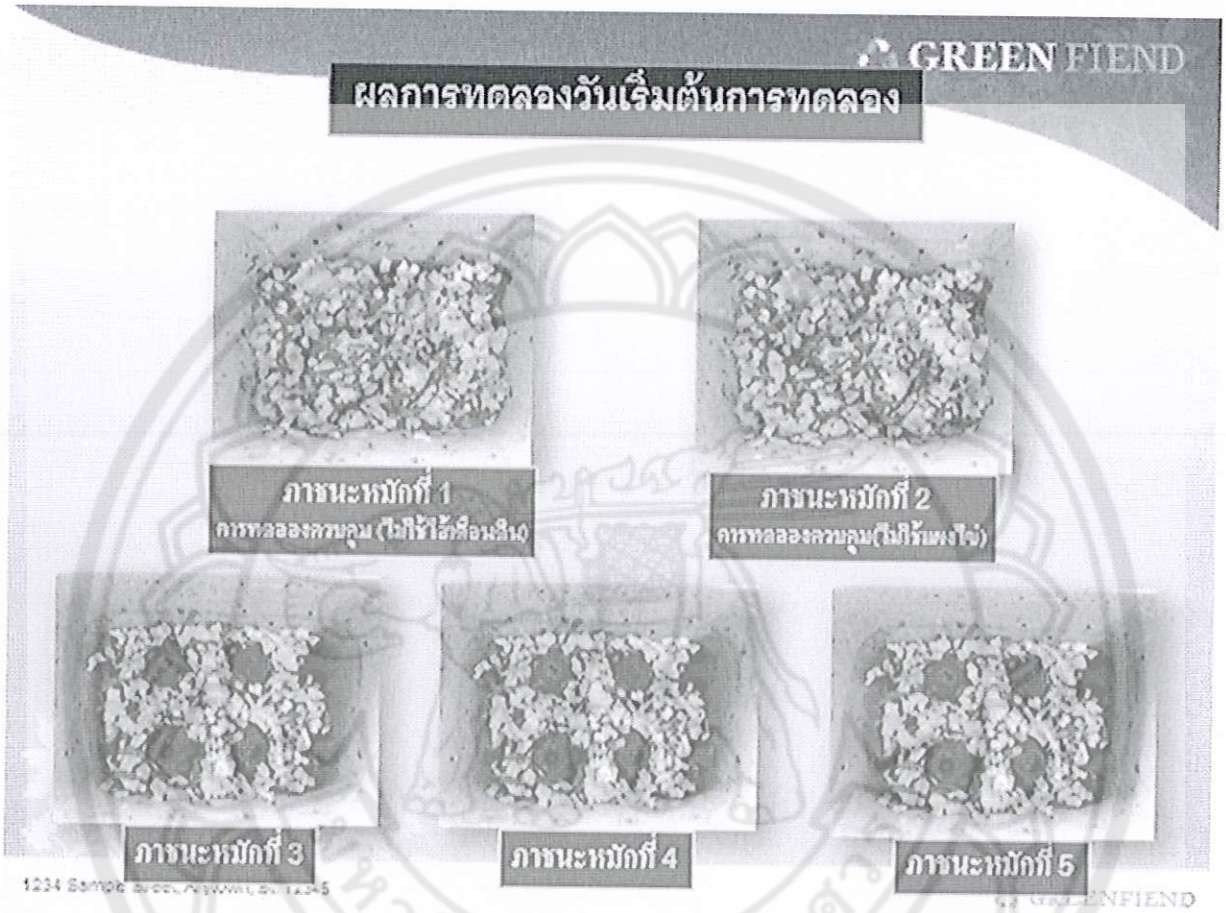
<u>รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการ</u>

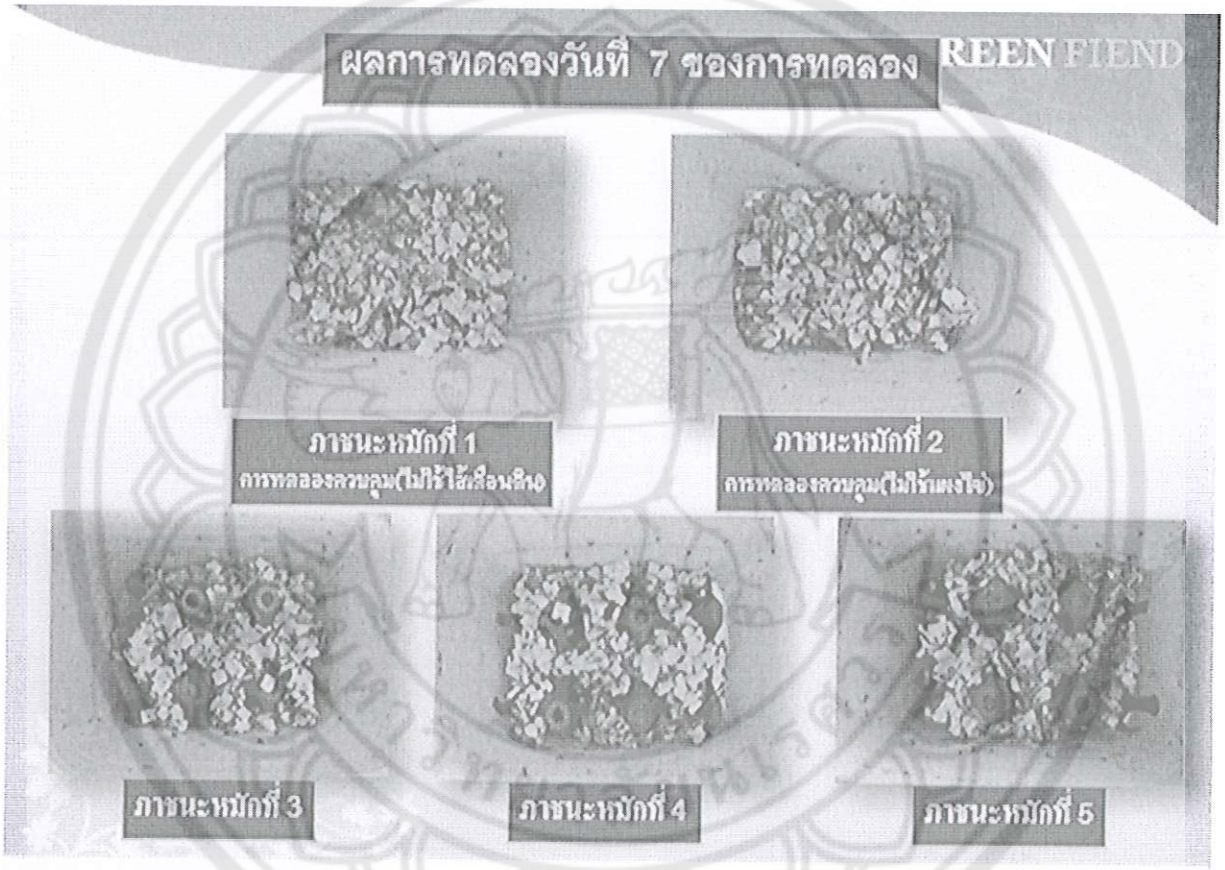
กิจกรรมที่วางแผนไว้

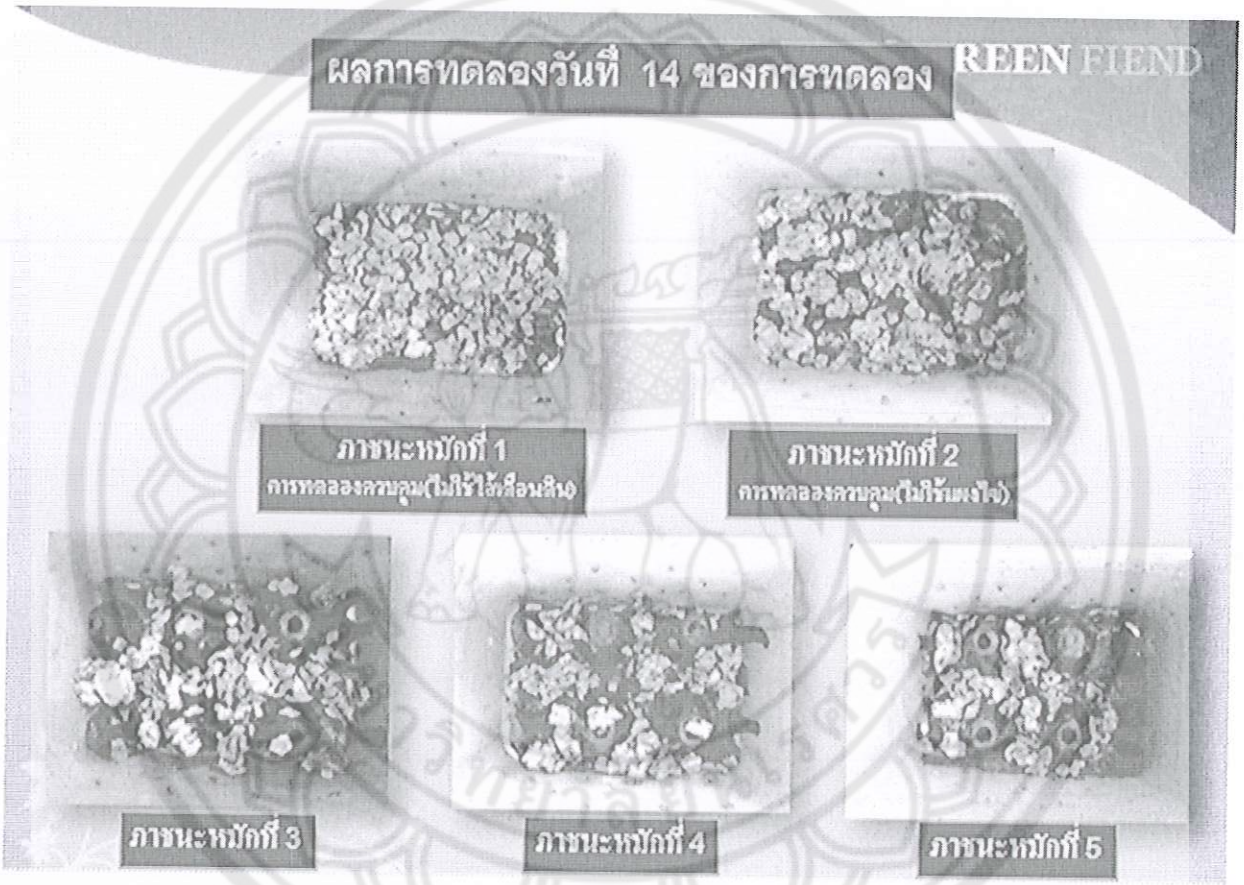
กิจกรรม	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลต่างๆ	←	→										
2. จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีต่างๆ	←					→						
7. ดำเนินการทดลอง			←								→	
8.เรียบเรียง อภิปรายผลและสรุปผล								←				→
9.นำเสนอผลงาน และตีพิมพ์ผลงาน										←		→

กิจกรรมที่ทำได้จริง

กิจกรรม	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลต่างๆ	←	→										
2. จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีต่างๆ	←	→										
7. ดำเนินการทดลอง		←	→									
8.เรียบเรียง อภิปรายผลและสรุปผล		←			→							
9.นำเสนอผลงาน และตีพิมพ์ผลงาน		←				→						


GREEN FIEND
ผลการทดลองวันเริ่มต้นการทดลอง
ภาชนะหมักที่ 1
การทดลองควบคุม (ไม่มีใช้ไส้เดือนดิน)
ภาชนะหมักที่ 2
การทดลองควบคุม(ไม่มีใช้แห้งไข่)
ภาชนะหมักที่ 3
ภาชนะหมักที่ 4
ภาชนะหมักที่ 5


ผลการทดลองวันที่ 7 ของการทดลอง
REEN FIEND
ภาชนะหมักที่ 1
การทดลองควบคุม(ไม่ใช้ไส้เดือนดิน)
ภาชนะหมักที่ 2
การทดลองควบคุม(ไม่ใช้แหวใจ)
ภาชนะหมักที่ 3
ภาชนะหมักที่ 4
ภาชนะหมักที่ 5
1234 Sample Street,Anytown,St 12345
GREENFIEND



1234 Sample Street, Anytown, St. 12345

การประชุมทางวิชาการ

"สิ่งแวดล้อมนเรศวร" ครั้งที่ 10

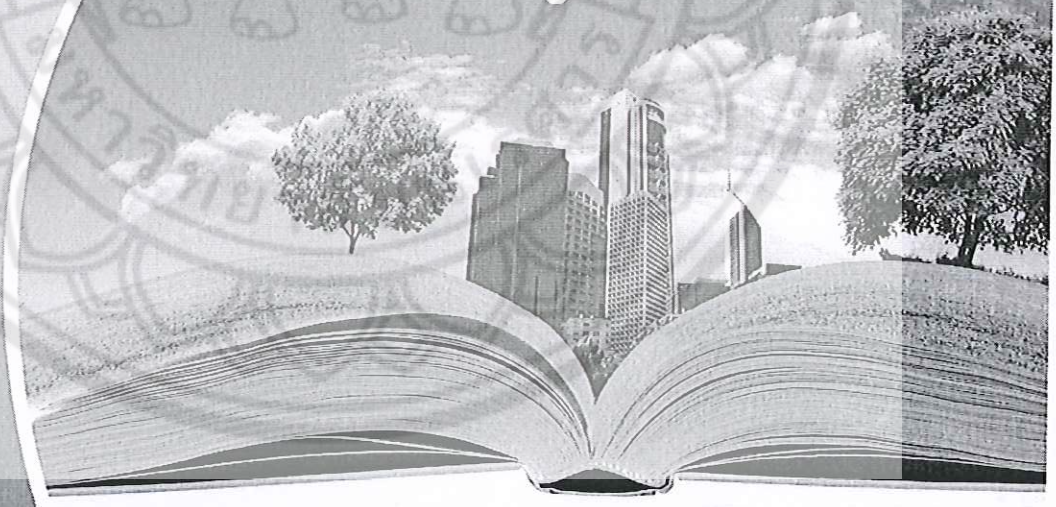
The 10th Naresuan Environmental Annual Conference

"ภูมิคุ้มกันของทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ"

Resilience of Resources and Environment to Climate Change

Proceedings

30 ตุลาคม 2557



ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยนเรศวร

การหมักขยะอินทรีย์สังเคราะห์โดยใช้แผงไข่กั้นระหว่างชั้นขยะอินทรีย์สังเคราะห์กับดินรองพื้นดินโดยใช้ไส้เดือนดิน *Perionyx excavatus*

The effect of gap from panel egg separate between synthetic organic waste with soil base to vermicomposting by *Perionyx excavatus*

รองเดช ตั้งตระการพงษ์[1*] และ ดลเดช ตั้งตระการพงษ์[2]

Rongdej Tungtrakanpoung[1*] and Dondej Tungtakanpoung[2]

Abstract

This study showed the rate of decomposes of synthesis organic waste and the rate of growth of earthworms. The results of the weight of synthesis organic waste, initial weight was equal to 40 grams. Over time to 7 days, input container of earthworms and insert the panels egg remaining synthetic organic waste weighs 18 grams, input container of earthworms and do not insert the panel egg remaining synthetic organic waste weighs 23 grams, and do not put a container earthworms and the panel egg remaining synthetic organic waste weighs 24 grams. The results of the experiment, the maximum growth rate of earthworms. Input container of earthworms and insert the panel egg equal to 12.38 mg. And input container of earthworms and do not insert the panel egg equal to 8.57 mg. Therefore, using earthworms and the panel egg separate between synthetic organic wastes with soil can help to the rate of decompose of synthetic organic waste and the rate of growth of earthworms increased.

Keywords : vermicomposting synthesis organic waste *Perionyx excavates*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการหาอัตราการย่อยสลายขยะอินทรีย์สังเคราะห์และอัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน จากการทดลองผลของน้ำหนักขยะอินทรีย์สังเคราะห์น้ำหนักเริ่มต้นการทดลองเท่ากับ 40 กรัมเมื่อระยะเวลาผ่านไป 7 วัน ในภาชนะใส่ไส้เดือนและแผงไข่ น้ำหนักขยะอินทรีย์เหลืออยู่ 18 กรัม ภาชนะใส่ไส้เดือนไม่ใส่แผงไข่เหลืออยู่ 23 กรัม และภาชนะไม่ใส่ไส้เดือนและแผงไข่เหลืออยู่ 24 กรัม และจากผลการทดลองอัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือนสูงสุดในภาชนะใส่ไส้เดือนและแผงไข่เท่ากับ 12.38 มิลลิกรัมต่อตัว และภาชนะใส่ไส้เดือนไม่ใส่แผงไข่เท่ากับ 8.57 มิลลิกรัมต่อตัว ดังนั้นการใช้ไส้เดือนดินและแผงไข่กั้นระหว่างดินกับขยะอินทรีย์ สามารถช่วยให้อัตราการย่อยสลายขยะอินทรีย์และอัตราการการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ : การหมักขยะโดยใช้ไส้เดือน ขยะอินทรีย์สังเคราะห์ *Perionyx excavatus*

1ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

2ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

*Coresponding author. E-mail: rongdejt@nu.ac.th

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยยังเผชิญกับปัญหาในการจัดการขยะมูลฝอย โดยวิธีการจัดการขยะมูลฝอยที่นำมาใช้นั้นล้วนแล้วแต่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ วิธีการเผา วิธีการฝังกลบ และการนำไปทิ้งในพื้นที่จัดให้ทิ้งขยะ เป็นต้น ซึ่งปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยนับวันยิ่งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะในเขตชุมชนในเมืองจะขาดแคลนสถานที่ทิ้งขยะ จนเกิดเป็นปัญหาขยะล้นเมือง จนกระทั่งมีนักวิจัยในประเทศไทยหลายท่านได้หาวิธีการจัดการกับขยะมูลฝอยที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ และทำให้เกิดประโยชน์ด้านอื่นไปพร้อมๆกันด้วยคือ การใช้ไส้เดือนดินกำจัดขยะมูลฝอย

การหมักโดยใช้ไส้เดือน (vermicomposting) เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการหมักซึ่งน่าจะสามารถนำมาร่วมใช้ในการหมักขยะที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ เนื่องจาก vermicomposting เป็นการนำไส้เดือนดินมาย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อให้เกิดเป็นปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดี โดยกระบวนการเป็นปุ๋ยหมักเกิดจากการกินของไส้เดือนแล้วขับถ่ายเป็นมูล (casting) ออกมาปุ๋ยหมักที่ได้หรือมูลของไส้เดือนนั้นมีลักษณะคล้ายกับดิน สีดำเข้ม เป็นเม็ดร่วน เหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อการปรับปรุงดิน เพราะมีปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารค่อนข้างสูง (ขวัญทิพา, 2549) ปัจจุบันได้มีนักวิจัยหลายท่านศึกษาการใช้ไส้เดือนดินหมักขยะ (vermicomposting) โดยนักวิจัยศึกษาแตกต่างกันไปทั้งทางกายภาพและทางเคมีของการหมักขยะ โดยเน้นศึกษาหลักการการกำจัดขยะมูลฝอยให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด จึงเป็นแนวทางในการศึกษาที่จะเน้นหลักทางชีววิทยาของไส้เดือนดินที่นำมาใช้ในการวิจัย คือไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Perionyx excavatus* และได้ทดลองออกแบบหาวิธีการกำจัดขยะเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพพร้อมกันไปด้วย เพื่อหาอัตราการย่อยสลายขยะอินทรีย์สังเคราะห์และอัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือนโดยมีแผงไข่กั้นระหว่างดินกับขยะอินทรีย์

อุปกรณ์และวิธีการ

ขยะอินทรีย์สังเคราะห์

ขยะอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองเป็นขยะอินทรีย์สังเคราะห์ โดยเตรียมจากการผสมเศษผัก เศษผลไม้ และเศษอาหาร อัตราส่วน 1.0 :1.31 :1.42 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และเศษกระดาษ

การเตรียมขยะอินทรีย์สังเคราะห์ที่ใช้ทดลอง

ขยะอินทรีย์สังเคราะห์ เตรียมขึ้นจากการผสมองค์ประกอบขยะอินทรีย์ตามสัดส่วนของขยะที่เกิดขึ้นภายในชุมชนฯโดยมีอัตราส่วน เศษผัก : เศษผลไม้ : เศษอาหาร เท่ากับ 1.0 :1.31 :1.42 โดยน้ำหนักตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ผักกาดขาว คะน้า และกวางตุ้ง (อัตราส่วน 1:1:1) เป็นตัวแทนของเศษผัก ใช้เปลือกแตงโม เปลือกกล้วย และมะละกอ (อัตราส่วน 1:1:1) เป็นตัวแทนของเศษผลไม้ และใช้ข้าวผสมเศษอาหาร (อัตราส่วน 1:1) เป็นตัวแทนของเศษอาหาร โดยลดขนาดขยะอินทรีย์ทั้งหมดให้มีขนาดประมาณ 1-4 เซนติเมตร จากนั้นนำขยะอินทรีย์ที่เตรียมไว้มาผสมกับเศษกระดาษโดยมีอัตราส่วนขยะอินทรีย์ต่อเศษกระดาษเท่ากับ 4:1 โดยน้ำหนัก

ไส้เดือน

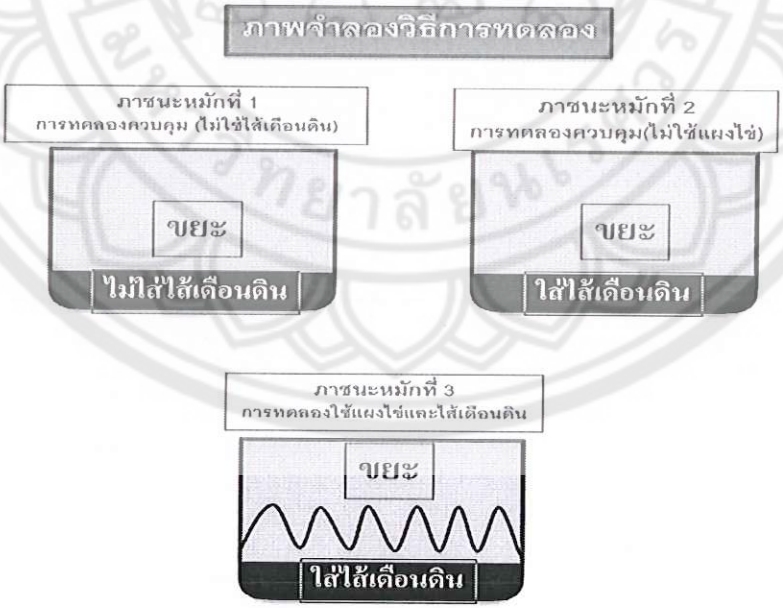
การทดลองนี้ใช้ไส้เดือนสายพันธุ์ *Perionyx excavates* **(ทำการวิเคราะห์สายพันธุ์โดย อ.ประสุข โฆษวิทิตกุล ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร) เป็นสายพันธุ์ที่มีการใช้ในการกำจัดขยะอินทรีย์กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งนำมาจากฟาร์มไส้เดือนแห่งหนึ่งในชุมชนบรมไตรโลกนารถ 21 อ.เมือง จ. พิษณุโลก**

วัสดุรองพื้น

ใช้ดินบรรจุขาย (ประกอบด้วยดินละเอียด เปลือกถั่ว ใบก้ามปู และมูลสัตว์) โดยก่อนนำไปใช้ทำการแช่น้ำ 1 คืน เพื่อลดปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน และนำไปผึ่งแดดให้แห้งสนิท ใช้รองพื้นในภาชนะหมัก เนื่องจากไส้เดือนดินใช้ดินเป็นที่อยู่อาศัยและดำรงชีวิต

การหมักขยะอินทรีย์สังเคราะห์

ดำเนินการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบการหมักขยะอินทรีย์สังเคราะห์โดยใช้และไม่ใช้ไส้เดือนดิน ใช้และไม่ใช้แผงไข่ โดยนำดินรองพื้น 40 กรัม ลงในภาชนะหมัก เกลี่ยให้ดินมีความหนาเท่ากัน ทำการแบ่งการทดลอง ออกเป็น 3 การทดลอง คือ 1) ไม่ใส่ไส้เดือนไม่ใส่แผงไข่ (ควบคุม) 2) ใส่ไส้เดือนไม่ใส่แผงไข่ (ควบคุม) 3) ใส่ไส้เดือนใส่แผงไข่ (รูปที่ 1.) โดยการทดลองที่ใช้ไส้เดือนดินจะปล่อยไส้เดือนดินลงในภาชนะหมักๆ ละ 4 กรัม โดยชั่งน้ำหนักทั้งหมดก่อนปล่อยลงภาชนะหมัก ทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นใส่ขยะอินทรีย์สังเคราะห์ลงในแต่ละภาชนะหมักๆ ละ 40 กรัม โดยใส่เพียงครั้งเดียวตลอดระยะเวลาการทดลองบันทึกผลการทดลองตามตารางที่1



รูปที่1. แสดงรูปแบบหน่วยทดลองทั้ง 3 หน่วย

ตาราง 1 แสดงพารามิเตอร์และความถี่ในการบันทึกข้อมูล

พารามิเตอร์		ความถี่
ขยะอินทรีย์	-น้ำหนักขยะอินทรีย์	2 ครั้งต่อสัปดาห์
ไส้เดือน	-น้ำหนักไส้เดือน	2 ครั้งต่อสัปดาห์
กายภาพ	-สี,กลิ่น,อุณหภูมิ -ความชื้น	ทุกวัน 2 ครั้งต่อสัปดาห์
เคมี	-N,P,K	ก่อน-หลังการทดลอง

การเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์

วิธีการเก็บตัวอย่าง

ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างโดยวิธีสุ่ม (Random) แล้วนำตัวอย่างที่สุ่มได้แต่ละจุดมาเป็นตัวอย่างรวม (composite) (เกษมศรี , 2529)

วิธีการเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างหลังจากเก็บแล้วไปอบหาความชื้นที่อุณหภูมิ 103-105 อาศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากหาความชื้นแล้ว นำตัวอย่างที่ได้มาบดละเอียดด้วยเครื่องบด และนำไปผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกโดยนำไปเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์ป้องกันความชื้น เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์

1. อุณหภูมิ โดยเทอร์โมมิเตอร์
2. ความชื้น วิธี Gravimetric
3. ไนโตรเจนทั้งหมด ใช้วิธี Kjeldahl
4. ฟอสฟอรัสทั้งหมด ย่อยสลายด้วยเปอร์ซัลเฟต แล้ววัดความเข้มข้นของสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer
5. โพแทสเซียมทั้งหมด ย่อยสลายด้วยเปอร์ซัลเฟต แล้ววัดความเข้มข้นของสีด้วยเครื่อง Flame Photometer
6. น้ำหนักไส้เดือน ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด
7. น้ำหนักขยะอินทรีย์ ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด

ผลการทดลอง

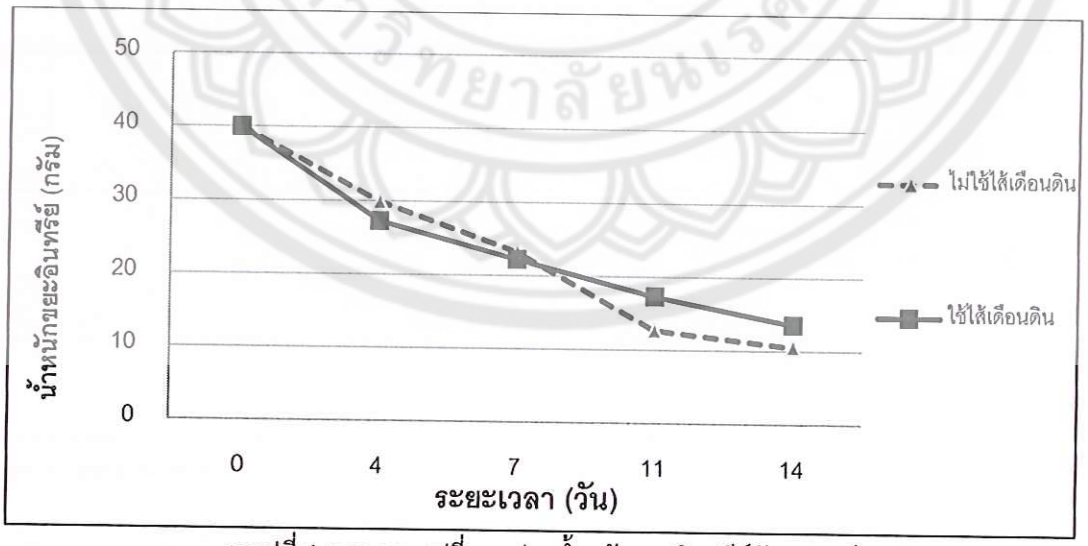
การศึกษาการหมักขยะอินทรีย์สังเคราะห์โดยใช้ไส้เดือนดิน *Perionyx excavatus* และใช้แผงไข่กั้นระหว่างดินรองพื้นกับขยะอินทรีย์

1. การศึกษาผลของการหมักขยะอินทรีย์สังเคราะห์โดยใช้และไม่ใช้ไส้เดือนดิน

การทดลองนี้ได้ใส่ไส้เดือนดิน 40 กรัม และไม่ใส่ไส้เดือนดินเป็นการทดลองควบคุม (Control) เติมขยะอินทรีย์เพียงครั้งเดียว รักษาความชื้นโดยการสเปรย์น้ำด้วยกระบอกฉีด และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักขยะอินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของขยะอินทรีย์ ระยะเวลาการทดลองทั้งสิ้น 14 วัน ปรากฏผลการทดลองดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของขยะอินทรีย์สังเคราะห์

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักขยะอินทรีย์สังเคราะห์ ชั่งน้ำหนักทุกๆ 3-4 วัน ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยเริ่มต้นใช้ขยะอินทรีย์เท่ากับ 40 กรัม เท่ากันทุกการทดลอง จากการทดลองเมื่อระยะเวลาการหมักผ่านไป 7 วันแรก พบว่าการทดลองที่ใส่ไส้เดือนมีการลดลงของน้ำหนักขยะอินทรีย์รวดเร็วกว่าการทดลองควบคุม และเมื่อเวลาผ่านไปอีก 7 วัน พบว่าการทดลองควบคุมมีการลดลงของน้ำหนักขยะอินทรีย์มากกว่าการทดลองที่ใส่ไส้เดือนดิน เนื่องจากในการทดลองควบคุมมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าการทดลองที่ใส่ไส้เดือนดิน การทดลองควบคุมยังคงเหลือปริมาณขยะอินทรีย์เท่ากับ 10.52 กรัม และการทดลองที่ใส่ไส้เดือนดินคงเหลือเท่ากับ 13.60 กรัม โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังกราฟที่1



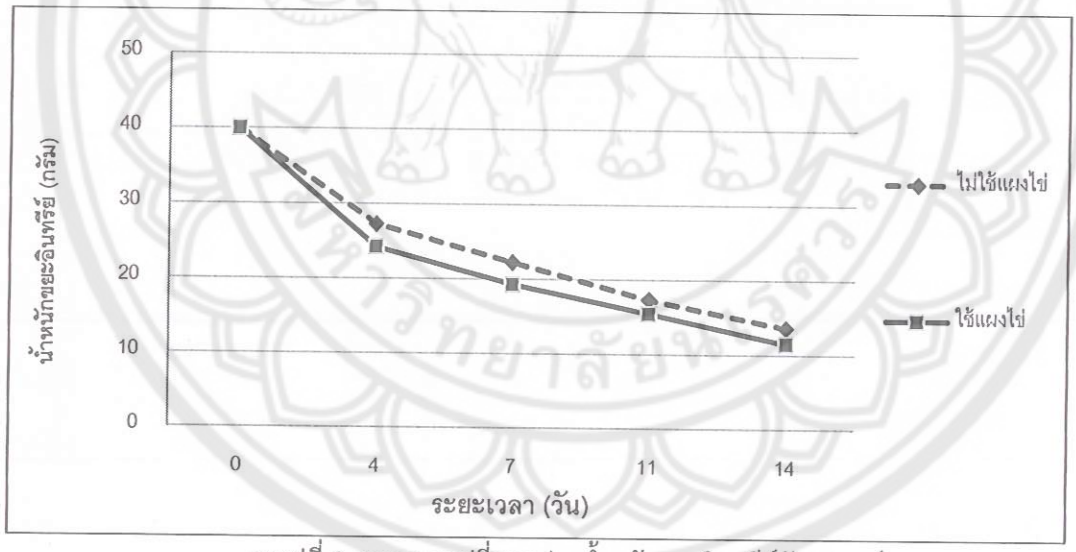
กราฟที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักขยะอินทรีย์สังเคราะห์

2. การศึกษาผลของการหมักขยะอินทรีย์สังเคราะห์โดยใช้และไม่ใช้แผงไข่กั้นระหว่างดินรองพื้นกับขยะอินทรีย์

การทดลองนี้ได้มีการใส่แผงไข่กั้นระหว่างดินรองพื้นกับขยะอินทรีย์สังเคราะห์ และไม่ใส่แผงไข่เป็นการทดลองควบคุม (control) เติมขยะอินทรีย์เพียงครั้งเดียว รักษาความชื้นโดยการสเปรย์น้ำด้วยกระบอกฉีด และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักขยะอินทรีย์ น้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโต รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของขยะอินทรีย์ มีระยะเวลาการทดลองทั้งสิ้น 14 วัน ปรากฏผลการทดลองดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของขยะอินทรีย์สังเคราะห์

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักขยะอินทรีย์สังเคราะห์ ชั่งน้ำหนักทุกๆ 3-4 วัน ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยเริ่มต้นใช้ขยะอินทรีย์เท่ากับ 40 กรัม เท่ากันทุกการทดลอง จากการทดลองเมื่อระยะเวลาการหมักผ่านไป 7 วันแรก พบว่าการทดลองที่ใช้แผงไข่กั้นมีการลดลงของขยะอินทรีย์สังเคราะห์ได้รวดเร็วกว่าการทดลองควบคุม สำหรับการทดลองควบคุมยังคงเหลือปริมาณขยะอินทรีย์เท่ากับ 13.60 กรัม และการทดลองที่ใส่แผงไข่กั้นคงเหลือเท่ากับ 11.53 กรัม โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังกราฟที่2

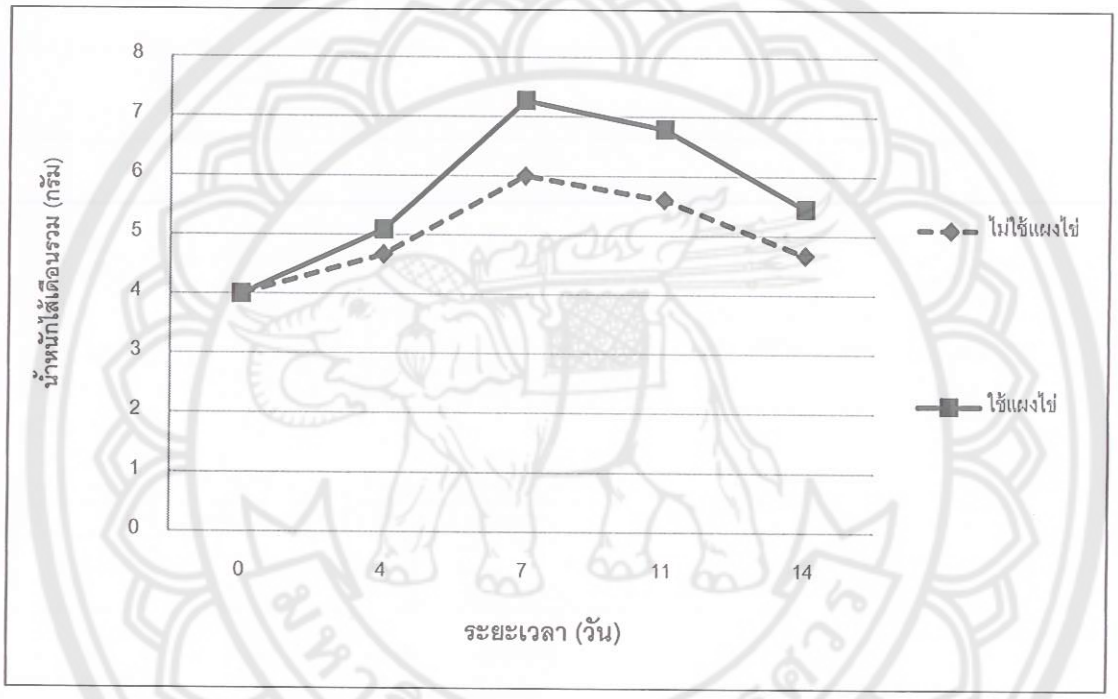


กราฟที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักขยะอินทรีย์สังเคราะห์

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของไส้เดือนดิน

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักไส้เดือนดินรวม ชั่งน้ำหนักไส้เดือนดินอย่างต่อเนื่องทุก 3-4 วัน ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง โดยการเก็บตัวอย่างจะสิ้นสุดเมื่อปริมาณขยะอินทรีย์หมดลง โดยน้ำหนักไส้เดือนรวมเมื่อเริ่มหมักเท่ากับ 4.0 กรัม ในทุกการทดลอง เมื่อเวลาผ่านไป พบว่าน้ำหนักไส้เดือนรวม

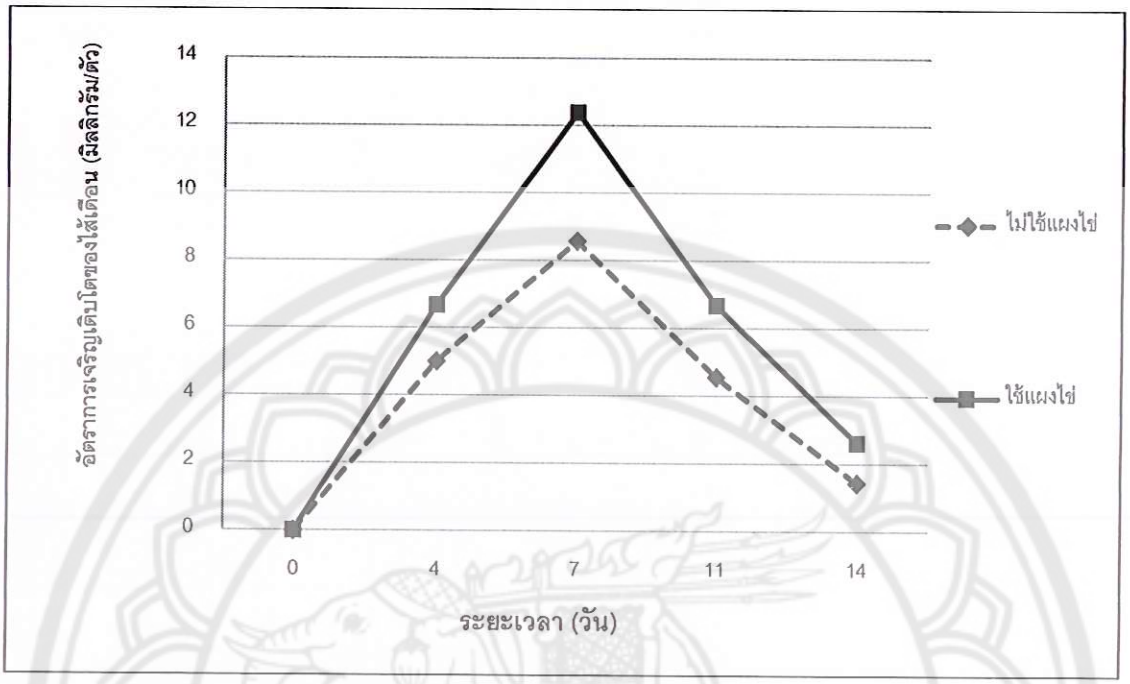
ในทุกการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้นและเพิ่มสูงสุดในวันที่ 7 คือในการทดลองควบคุมเท่ากับ 6.0 กรัม และในการทดลองที่ใช้แผงไข่กั้นเท่ากับ 7.27 กรัม หลังจากนี้น้ำหนักไส้เดือนจะเริ่มลดลงเนื่องจากอาหารหมด สอดคล้องกับการลดลงของน้ำหนักขยะอินทรีย์ โดยจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 7 วันแรก เมื่อชั่งน้ำหนักไส้เดือนดินรวมเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่ามีค่าสูงขึ้นจากเริ่มต้นการทดลอง โดยในการทดลองควบคุมมีค่าเท่ากับ 4.67 กรัม และในการทดลองที่ใช้แผงไข่กั้นมีค่าเท่ากับ 5.45 กรัม ดังกราฟที่3



กราฟที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักไส้เดือนดินรวม

อัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน

จากผลการวิเคราะห์พบว่าไส้เดือนดินในทุกการทดลองมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในระยะแรกของการทดลอง เนื่องจากมีปริมาณอาหารเพียงพอต่อไส้เดือนดิน และน้ำหนักของไส้เดือนดินจะเริ่มลดลงเนื่องจากอาหารเริ่มลดลงทำให้มีอาหารไม่เพียงพอต่อไส้เดือนดิน เมื่อพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด ในการทดลองควบคุมเท่ากับ 8.57 มิลลิกรัมต่อวัน และในการทดลองใช้แผงไข่กั้นเท่ากับ 12.38 มิลลิกรัมต่อวัน กล่าวได้ว่าในการทดลองที่ใช้แผงไข่กั้นจะมีการเพิ่มน้ำหนักตัวของไส้เดือนดินได้มากกว่าในการทดลองที่ไม่ใช้แผงไข่กั้นซึ่งเป็นการทดลองควบคุม ดังกราฟที่



กราฟที่ 4 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน

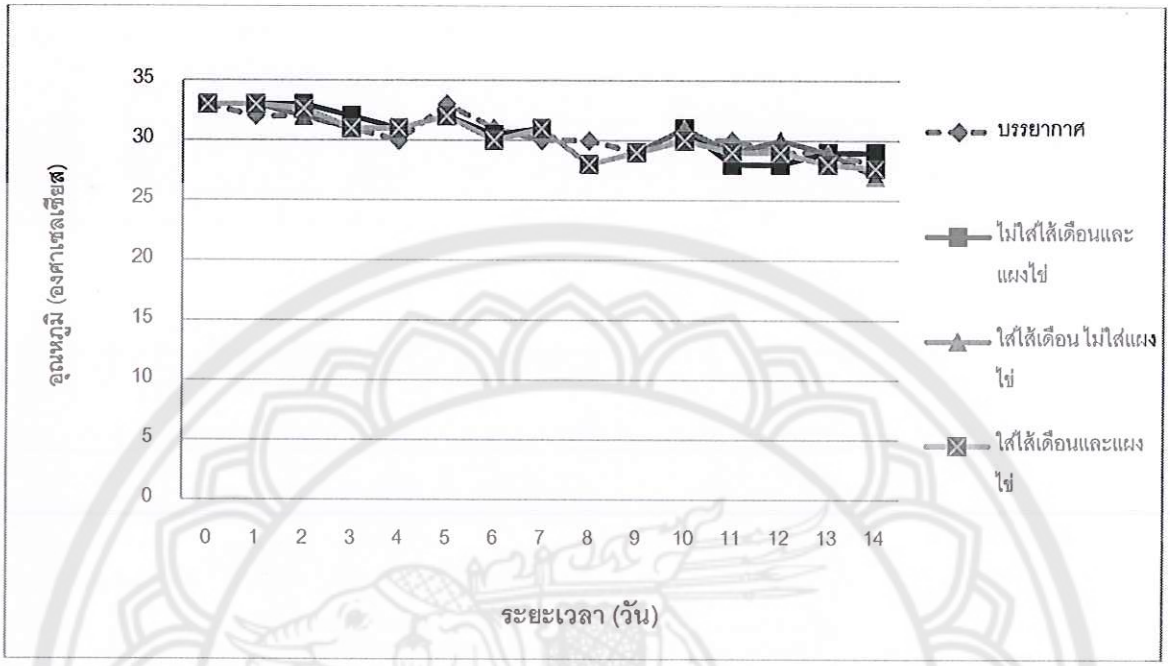
ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

อุณหภูมิ

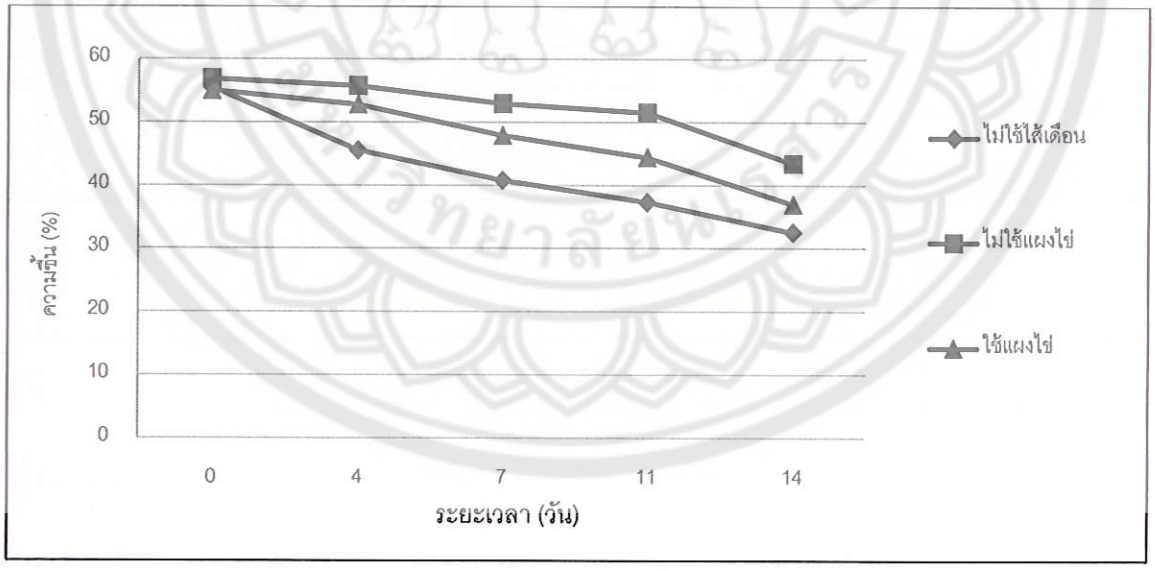
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของขยะอินทรีย์ ศึกษาโดยวัดอุณหภูมิทุกวัน โดยสุ่มวัดบริเวณต่างๆ ภายในกองขยะอินทรีย์เปรียบเทียบกับอุณหภูมิบรรยากาศ พบว่าอุณหภูมิบรรยากาศขณะทำการทดลองอยู่ระหว่าง 28-33 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของทุกการทดลองมีลักษณะใกล้เคียงกับ อุณหภูมิบรรยากาศและรักษาระดับค่อนข้างคงที่จนสิ้นสุดการทดลองดังกราฟที่5

ความชื้น

ในระยะเริ่มต้นการทดลองปริมาณความชื้นในขยะอินทรีย์สังเคราะห์มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 55.48 ตลอดระยะเวลาการทดลองปริมาณความชื้นในกองหมักแต่ละกองมีแนวโน้มลดลงจนถึงระยะสิ้นสุดการทดลอง ดังกราฟที่6



กราฟที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการทดลองเทียบกับอุณหภูมิบรรยากาศ



กราฟที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับความชื้นในขยะอินทรีย์สังเคราะห์

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

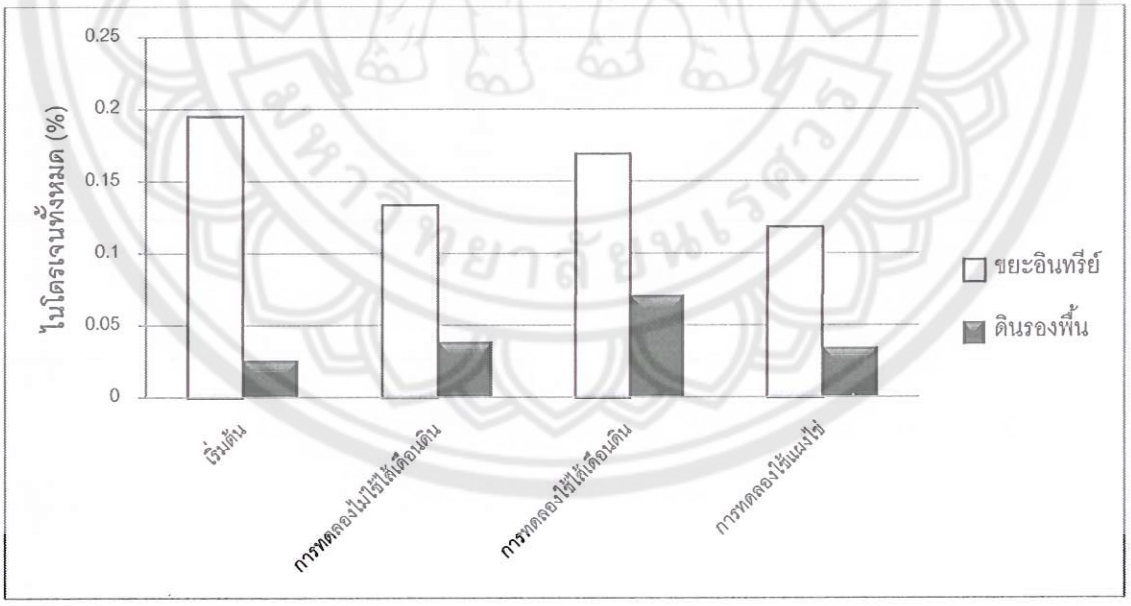
ปริมาณธาตุอาหารหลัก

การทดลองการย่อยสลายขยะอินทรีย์โดยใช้ไส้เดือนดินและแผงไข่ และไม่ใช้ไส้เดือนดินและ แผงไข่เป็นการทดลองควบคุม สามารถเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน(N) ฟอสฟอรัส(P) และโพแทสเซียม(K) ในระยะเริ่มต้นและระยะสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

ปริมาณไนโตรเจน

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในขยะอินทรีย์เริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.1950 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีค่าลดลงทุกการทดลองจากปริมาณไนโตรเจนเริ่มต้น โดยในการทดลองที่ไม่ใช้ไส้เดือนดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.1333 โดยน้ำหนักแห้ง ในการทดลองที่ใช้ไส้เดือนดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.6191 โดยน้ำหนักแห้ง และในการทดลองที่ใช้แผงไข่กั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.1185 โดยน้ำหนักแห้ง

ปริมาณไนโตรเจนในดินรองพื้นพบว่ามีค่าเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.0257 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีค่าสูงขึ้นทุกการทดลองจากปริมาณไนโตรเจนเริ่มต้น โดยในการทดลองที่ไม่ใช้ไส้เดือนดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.0386 โดยน้ำหนักแห้ง การทดลองที่ใช้ไส้เดือนดินมีค่าเฉลี่เท่ากับร้อยละ 0.0709 โดยน้ำหนักแห้ง และในการทดลองที่ใช้แผงไข่กั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.0345 โดยน้ำหนักแห้ง ดังกราฟที่7

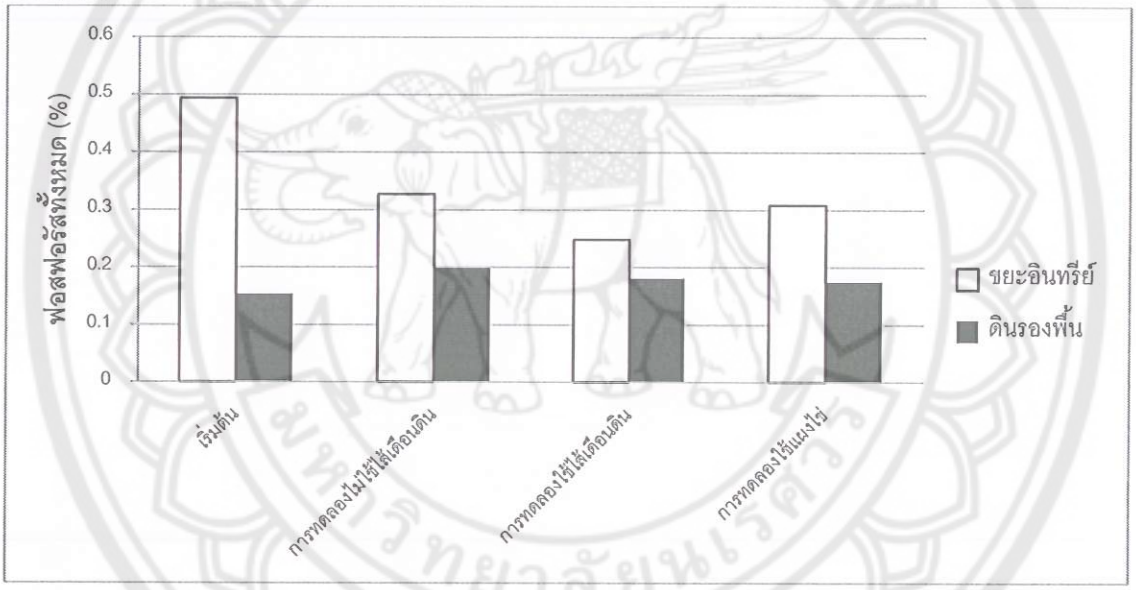


กราฟที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในขยะอินทรีย์สังเคราะห์และดินรองพื้น

ปริมาณฟอสฟอรัส

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในขยะอินทรีย์เริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.4934 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีค่าลดลงทุกการทดลองจากปริมาณฟอสฟอรัสเริ่มต้น โดยในการทดลองที่ไม่ใช้ไส้เดือนดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.3275 โดยน้ำหนักแห้ง ในการทดลองที่ใช้ไส้เดือนดินมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.2483 โดยน้ำหนักแห้ง และในการทดลองที่ใช้แผงไข่กั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.3084 โดยน้ำหนักแห้ง

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินรองพื้นพบว่ามีค่าเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.1538 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีค่าสูงขึ้นทุกการทดลองจากปริมาณฟอสฟอรัสเริ่มต้น โดยในการทดลองที่ไม่ใช้ไส้เดือนดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.1989 โดยน้ำหนักแห้ง การทดลองที่ใช้ไส้เดือนดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.1813 โดยน้ำหนักแห้ง และในการทดลองที่ใช้แผงไข่กั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.1753 โดยน้ำหนักแห้ง ดังกราฟที่ 8



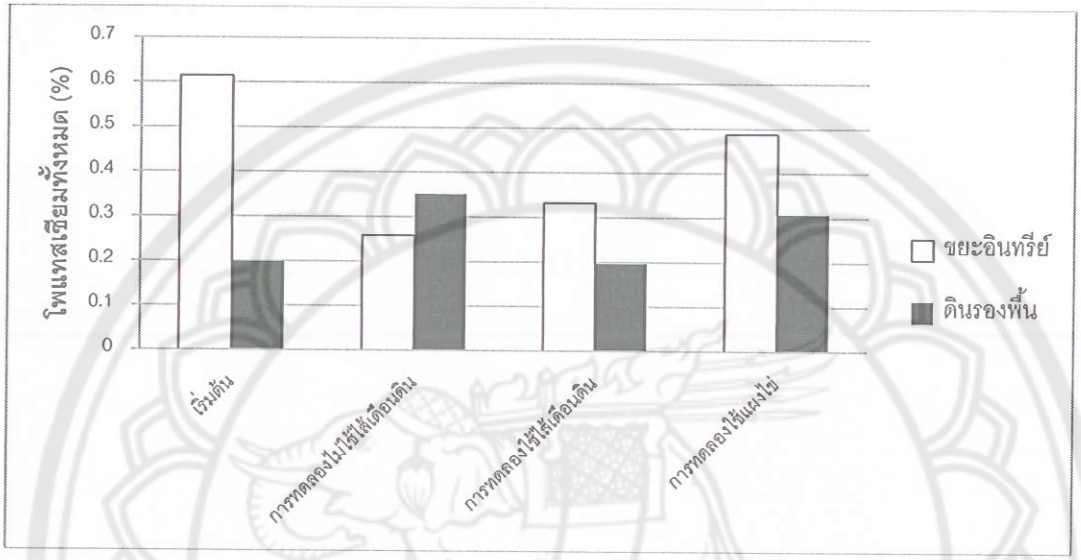
กราฟที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในขยะอินทรีย์สังเคราะห์และดินรองพื้น

ปริมาณโพแทสเซียม

จากการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมในขยะอินทรีย์เริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.6148 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีค่าลดลงทุกการทดลองจากปริมาณโพแทสเซียมเริ่มต้น โดยใน**การทดลองที่ไม่ใช้ไส้เดือนดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.2579 โดยน้ำหนักแห้ง ในการทดลองที่ใช้ไส้เดือนดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.3321 โดยน้ำหนักแห้ง และในการทดลองที่ใช้แผงไข่กั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.4879 โดยน้ำหนักแห้ง**

ปริมาณโพแทสเซียมในดินรองพื้นพบว่ามีค่าเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.1992 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีค่าสูงขึ้นทุกการทดลองจากปริมาณโพแทสเซียมเริ่มต้น โดยในการทดลองที่

ไม่ใช้ไส้เดือนดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.3506 โดยน้ำหนักแห้ง การทดลองที่ใช้ไส้เดือนดินมีค่าเฉลี่เท่ากับร้อยละ 0.1966 โดยน้ำหนักแห้ง และในการทดลองที่ใช้แผงไข่กั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.3078 โดยน้ำหนักแห้ง ดังกราฟที่ 9



กราฟที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมในขยะอินทรีย์สังเคราะห์และดินรองพื้น

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร พบว่าในขยะอินทรีย์มีค่าลดลงจากปริมาณเริ่มต้น เนื่องจากการกินอาหารของไส้เดือนดิน แลงผลจากกิจกรรมย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในการทดลองที่ไม่ใช้ไส้เดือนดิน

ดินรองพื้นพบว่ามีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นเนื่องจากไส้เดือนถ่ายมูลที่มีองค์ประกอบของธาตุอาหารออกมา ทำให้ปริมาณธาตุอาหารในดินรองพื้นสูงขึ้น

ตาราง 2 แสดงลักษณะทางเคมีของขยะอินทรีย์และดินรองพื้นเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง

การทดลอง	ขยะอินทรีย์			ดินรองพื้น		
	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
เริ่มต้น	0.1950	0.4934	0.6148	0.0257	0.1538	0.1992
ไม่ใช้ไส้เดือนดิน	0.1333	0.3275	0.2579	0.0386	0.1989	0.3506
ใช้ไส้เดือนดิน	0.1691	0.2483	0.3321	0.0709	0.1813	0.1966
ใช้แผงไข่กั้น	0.1185	0.3084	0.4879	0.0345	0.1754	0.3078

21 ส.ค. 2558
1 6920530
สำนักหอสมุด

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

1. การศึกษาผลของการหมักขยะอินทรีย์สังเคราะห์โดยใช้และไม่ใช้ไส้เดือนดิน

จากการศึกษาผลของการหมักขยะอินทรีย์โดยใช้และไม่ใช้ไส้เดือนดิน แสดงให้เห็นว่าในการทดลองที่ ใช้ไส้เดือนดินสามารถย่อยสลายขยะอินทรีย์ได้มากและรวดเร็วกว่าการทดลองที่ไม่ใช้ไส้เดือนดิน การนำไส้เดือนมาช่วยในการย่อยสลายขยะอินทรีย์จึงมีความเหมาะสมในการช่วยลดปริมาณขยะอินทรีย์ได้รวดเร็วขึ้น

ผลการทดลองทางกายภาพพบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีแนวโน้มใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยากาศ ไส้เดือนดินส่งผลให้อุณหภูมิลดลง ส่วนการเปลี่ยนแปลงระดับความชื้นของขยะอินทรีย์พบว่าไส้เดือนดินมีผลต่อระดับความชื้น โดยในการทดลองที่ใส่ไส้เดือนดินจะมีความชื้นสูงกว่าการทดลองที่ไม่ใช้ไส้เดือนดิน ซึ่งการชอนไชของไส้เดือนดินช่วยให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น

2. การศึกษาผลของการหมักขยะอินทรีย์สังเคราะห์โดยใช้และไม่ใช้แผงไข่กั้นระหว่างดินรองพื้นกับขยะอินทรีย์

จากการศึกษาผลของการเปรียบเทียบการใช้และไม่ใช้แผงไข่กั้นระหว่างดินรองพื้นกับขยะอินทรีย์ ในการทดลองที่ใช้แผงไข่กั้นระหว่างดินรองพื้นกับขยะอินทรีย์มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากับ 12 มิลลิกรัมต่อวัน ในการทดลองที่ไม่ใช้แผงไข่กั้นมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดเท่ากับ 9 มิลลิกรัมต่อวัน โดยไม่มีนัยสำคัญ ส่วนการย่อยสลายขยะ ซึ่งดูจากน้ำหนักขยะอินทรีย์ที่ลดลงตลอดการทดลอง ได้แสดงให้เห็นว่า ในการทดลองที่ใส่แผงไข่กั้นมีการลดลงของน้ำหนักขยะที่มากกว่าในการทดลองที่ไม่ใส่แผงไข่ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การนำแผงไข่มากั้นระหว่างดินรองพื้นกับขยะอินทรีย์มีผลทำให้การย่อยสลายของขยะได้มากและรวดเร็วกว่า

จากผลการทดลองทางเคมีพบว่าปริมาณธาตุอาหารหลัก (N , P และ K) ในขยะอินทรีย์มีค่าลดลงจากเริ่มต้น และมีปริมาณเพิ่มขึ้นในดินรองพื้น แสดงให้เห็นว่าไส้เดือนดินกินขยะอินทรีย์ทำให้ปริมาณธาตุอาหารในขยะอินทรีย์ลดลง และขับถ่ายมูลที่มีองค์ประกอบของธาตุอาหารออกมา ทำให้ปริมาณธาตุอาหารในดินรองพื้นสูงขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

ในการนำไส้เดือนดินมาร่วมในการหมักขยะอินทรีย์ สามารถช่วยย่อยสลายขยะอินทรีย์ได้รวดเร็วกว่าการทดลองควบคุม (ไม่ใช้ไส้เดือนดิน) การนำไส้เดือนมาช่วยในการย่อยสลายขยะอินทรีย์จึงมีความเหมาะสมในการช่วยลดปริมาณขยะอินทรีย์ได้รวดเร็วขึ้น และในการทดลองหมักขยะอินทรีย์ได้มีการใส่เศษกระดาษเพื่อเป็น bulking agent โดยใส่ในอัตราส่วนขยะอินทรีย์ต่อเศษกระดาษ 4 : 1 โดยน้ำหนัก (ขวัญทิพา, 2549) **เนื่องจาก bulking agent เป็นตัวช่วยในการระบายอากาศ ช่วยลดกลิ่นเหม็นระหว่างการหมัก ปรับปริมาณความชื้นในวัสดุหมักให้เหมาะสม ในการทดลองที่ 2 พบว่าในการใส่แผงไข่กั้นระหว่างขยะอินทรีย์กับดินรองพื้นมีการลดลงของน้ำหนักขยะที่มากกว่าและมีอัตราการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสูงกว่าในการทดลองที่ไม่ใส่แผงไข่ เนื่องจากการนำแผงไข่มากั้นระหว่างดินรองพื้นกับขยะอินทรีย์มีผลทำให้การย่อยสลายของขยะได้มากและรวดเร็วกว่า เพราะปัจจัยที่สำคัญในการย่อยขยะอินทรีย์โดยใช้ไส้เดือนดินนั้นจะต้องมีการสร้างสภาพที่อยู่**

I 6820530

อาศัยให้มีอากาศถ่ายเทได้ดี จึงได้นำแผงไข่มาช่วยเพิ่มช่องว่างเพื่อให้อากาศสามารถถ่ายเทได้ดีและสะดวกมากขึ้น (อรอนงค์ และโชคชัย, 2554)

จากผลการทดลองทางกายภาพพบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิ บรรยากาศ และไส้เดือนดินยังส่งผลให้อุณหภูมิลดลง เนื่องจากพฤติกรรมการชอนไชของไส้เดือนดินจะเป็นการช่วยพลิกกลับกองหมักและระบายอากาศได้ดี ส่วนการเปลี่ยนแปลงระดับความชื้นของขยะอินทรีย์พบว่าไส้เดือนดินมีผลต่อระดับความชื้น โดยในการทดลองที่ใส่ไส้เดือนดินจะมีความชื้นสูงกว่าการทดลองที่ไม่ใช้ไส้เดือนดิน ซึ่งการชอนไชของไส้เดือนดินช่วยให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้นทำให้ดินร่วนซุย การถ่ายเทน้ำและอากาศดีเพิ่มช่องว่างในดินทำให้รากพืชชอนไชได้ดี (อานัฐ, 2549)

จากผลการทดลองทางเคมีพบว่าปริมาณธาตุอาหารหลัก (N , P และ K) ในขยะอินทรีย์มีค่าลดลงจากเริ่มต้น และมีปริมาณเพิ่มขึ้นในดินรองพื้น โดยการลดลงของปริมาณธาตุอาหารหลักในขยะอินทรีย์สังเคราะห์เป็นผลจากการกินอาหารของไส้เดือนดินและการเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ (ธิตินันท์, 2546) และเป็นผลมาจากการชะของสารประกอบธาตุที่ละลายน้ำได้ จากน้ำที่มากเกินไปผ่านขยะอินทรีย์จากการรดน้ำในการทดลอง สอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารหลักในดินรองพื้นที่มีค่าเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้น ไส้เดือนดินกินขยะแล้วจะถ่ายมูลบนดินรองพื้นโดยเป็นผลมาจากการย่อยสลายโดยไส้เดือนจากเอนไซม์ในลำไส้ของไส้เดือนดินและบางส่วนจากการกระตุ้นของแบคทีเรีย (Priya, 2004)

จากการศึกษาครั้งนี้มีความสอดคล้องกับข้อดีของไส้เดือนดิน โดยกล่าวได้ว่าไส้เดือนดินเป็นตัวช่วยลดปริมาณขยะอินทรีย์และเศษอาหาร ในกระบวนการหมักไส้เดือนดินยังเป็นตัวช่วยให้วัสดุหมักมีความร่วนซุยมากขึ้น ช่วยระบายอากาศและเวลาการหมักสั้นลง นอกจากนี้มูลไส้เดือนดินยังนำไปเป็นปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อการปรับปรุงคุณภาพดิน เพราะมีปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารค่อนข้างสูง (อัมพร, 2542)

เอกสารอ้างอิง

เกษมศรี ซับซ้อน. (2529). **คู่มือวิเคราะห์ดิน พืช ปุ๋ย และน้ำ.** กรุงเทพฯ: กองวิทยาลัยเกษตรกรรม กระทรวงศึกษาธิการ.

ขวัญทิพา ปานเดชา. (2549). **การหมักขยะอินทรีย์สังเคราะห์โดยใช้ไส้เดือนดิน** *Perionyx excavatus.* พิษณุโลก: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

คนไทยรักชาติ สีส้ม [นามแฝง]. (25 มิถุนายน 2553). **ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2556, จาก http://cd-thai.blogspot.com/2010/06/vermicompost.html.

ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง. (9 มิถุนายน 2552). **การทำปุ๋ยหมัก(Composting).** สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2556, จาก http://www.vcharkarn.com/varticle/38803.

ธัชพล พูนพิมลชาติ. **บทบาทของไส้เดือนดิน.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2556, จาก http://www.thaiworm.com/index.php?lay=show&ac=article&Ntype=2&Id=406430.

ธิตินันท์ ขวัญสด. (2546). การบำบัดและการทำปุ๋ยหมักมูลไก่โดยใช้ไส้เดือน *Lumbricus rubellus* และ *Eudrilus eugeniae*. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิริยา สุขพัฒ. (15 สิงหาคม 2556). ไส้เดือนดินกับจุลินทรีย์. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2556, จาก http://reptilehiso.blogspot.com/2013/08/blog-post.html#!/2013/08/blog-post.html.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (28 กันยายน 2549). เลี้ยงไส้เดือนสีน้ำเงินให้ผลผลิตมหาศาล. เอ็กไซต์ ไทยโพสต์.

สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2556,จาก http://www.pr.ku.ac.th/clipnews/html/09%20September%2049/28sep49/x-cite%2019.html.

ฤทัยรัตน์ ไกรรอด. (20 พฤษภาคม 2552). ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2556, จาก http://www.thaihealth.or.th/forum/105/9123.

วิศรุต วิชัยวิทย์ และคณะ. (2555). **คุณภาพปุ๋ยมูลไส้เดือนดินที่ได้จากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทต่างๆ**

โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Perionyx excavatus*. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 30 (2), 86-96.

สวัสดิ์ โนนสูง. (2543). ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

สามารถ ใจเตี้ย. (2554). การเพาะเลี้ยงไส้เดือนเพื่ออุตสาหกรรมและการผลิตปุ๋ยหมัก. เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

อรอนงค์ อุทัยหงส์ และโชคชัย รักษ์สังข์. ไส้เดือนดินกันการจัดการขยะอินทรีย์. สืบค้นเมื่อ 8 ธันวาคม 2556,

จาก http://reo06.mnre.go.th/home/images/upload/file/report/onanong01_54.pdf.

อานัฐ ตันโช. (2548). ไส้เดือนเพื่อสิ่งแวดล้อมและเกษตรธรรมชาติ. **วารสารเกษตรธรรมชาติ.** (1), 14-49.

อานัฐ ตันโช. (2549). ไส้เดือนดิน Eartworm. กรุงเทพ ฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

อัมพร วัฒนชัยเสรีกุล. (2542). การผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพโดยใช้ไส้เดือนดิน. เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Joshi et all .(2008). Life cycle of *Drawida nepalensis*, *Metaphire houlleti* and *Perionyx excavatus* under laboratory controlled conditions. Life Science Journal. 5(4): 83 – 86.

M. P. SINHA. et all. (2013). BIODIVERSITY OF JHARKHAND : TAXONOMIC DESCRIPTION. Ranchi

University. 8(1): 293-310.

Prasuk Kosavititkul. (2005). SPECIES DIVERSITY OF TERRESTRIAL EARTHWORMS IN KHAO YAI

NATIONAL PARK. Suranaree University of Technology 180 pp.

Samuel W.James. (2000). **An Illustrated Key to the Earthworms of The Samoan Archipelago.** Retrieved November 11, 2013, from http://www.ctahr.hawaii.edu/adap/ASCC_LandGrant/Dr_Brooks/TechRepNo49.pdf.

SurindraSuthar. (2009). Growth and fecundity of earthworms: *Perionyx excavatus* and *Perionyx sansibaricus* in cattle waste solids. Environmentalist 29, 78–84.

Teng-ChihKuo. (1995). Ultrastucture of Genital Markings in some species of *Pheretima*, *Bimastus* an d*Perionyx* in northern Taiwan. National Hsin-chu Teacher's Colleage. pp.181- 199.