

ผลของการใช้แกลบเผาต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของ ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* และ *Eisenia foetida* ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

The influence of using rice husk ash on the growth and reproduction of earthworms, *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia foetida* during vermicomposting

อรพณ์ ทองบุราณ¹ และ ชุเลมัส บุญไทย อิวาย^{1,2*}

Arphorn Thongburan¹ and Chuleemas Boonthai Iwai^{1,2*}

บทคัดย่อ: ผลของการใช้แกลบเผาต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* และ *Eisenia foetida* ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ทำการทดลองโดยใช้แกลบเผาอัตรา 10% ร่วมอาหารผสมระหว่างมูลสุกร เปลือกมันสำปะหลังและชุดดินโคราช อัตรา 2:6:1 พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่แกลบเผา ทำให้ไส้เดือนดินทั้ง 2 สายพันธุ์มีน้ำหนักตัว (weight of earthworm) จำนวนถุงไข่ (number of cocoon) และจำนวนตัวอ่อนไส้เดือนดิน (number of juvenile) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* และ *E. foetida* มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ร้อยละ 42.86 และ 73.53 ตามลำดับ จำนวนถุงไข่เพิ่มขึ้นร้อยละ 73 และ 153 ตามลำดับ และจำนวนตัวอ่อนไส้เดือนดินเพิ่มขึ้น ร้อยละ 173.19 และ 76.92 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้แกลบเผาพร้อมกับมูลสุกร เปลือกมันสำปะหลังในชุดดินโคราช จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินทั้ง 2 สายพันธุ์

คำสำคัญ: มูลสุกร, เปลือกมันสำปะหลัง, ขี้เถ้าแกลบ, ไส้เดือนดิน, ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

ABSTRACT: The influence of rice husk ash on the growth and reproduction of earthworms, *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia foetida* during vermicomposting. Used rice husk ash 10% mixed with swine manure, cassava peel and Korat soil series. The results show that the mixture with rice husk ash had significantly ($P < 0.05$) affected to weight of earthworm, number of cocoon and juvenile. After vermicomposting the result showed that weight of earthworm increased by 42.86% and 73.53% respectively. The number of cocoon increased by 73.3% and 153.7%, respectively. The number of juvenile earthworm was higher in the mixtures with rice husk ash increased by 173.19% and 76.92%, respectively. This result indicate that using rice husk ash in vermicomposting using swine manure, cassava peel enhanced the growth and reproduction of earthworms, *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia foetida*.

Keywords: swine manure, cassava peel, rice husk ash, earthworms, vermicomposting

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

Department of Plant Sciences and Agricultural Resources, Division of Land Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002 THAILAND, p_arphorn@yahoo.com

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาการบริการจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

Integrated Water Resource Management Research and Development Center in Northeast Thailand, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002 Thailand

* Corresponding author: chuleemas1@gmail.com

บทนำ

เทคโนโลยีไส้เดือนดิน (Vermitechnology) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการจัดการกับของเสียทางการเกษตร โดยไส้เดือนดินสามารถเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของกากของเสียต่างๆ ให้กลายเป็นสารอาหารที่เป็นประโยชน์และปุ๋ยที่มีคุณภาพสูง โดยรู้จักกันแพร่หลาย คือปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (Vermicompost) ซึ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และมีสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (ชูลีมาศ และคณะ, 2554) ไส้เดือนดินทั่วโลกมีอยู่ประมาณ 4,000 กว่าชนิด แต่ที่นิยมนำมาใช้กำจัดขยะอินทรีย์ทางการค้ามีประมาณ 15 ชนิด โดยไส้เดือนดินส่วนใหญ่จะเป็นไส้เดือนดินสายพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่ม Megadrili ในวงศ์ Lumbricidae ซึ่งเป็นไส้เดือนดินในกลุ่มที่อาศัยในขยะอินทรีย์และมูลสัตว์เป็นส่วนใหญ่ เช่น ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lubricus rubellus*, *Eisenia foetida*, *Eudrilus eugeniae*, *Pheretima peguana*, *Perionyx excavates* เป็นต้น (อานันท์, 2550) การทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินโดยทั่วไปจะใช้มูลสัตว์ร่วมกับขยะอินทรีย์ เช่น เศษผัก กากมันสำปะหลัง เปลือกมันสำปะหลัง ฯลฯ แต่มูลสัตว์บางชนิดมักมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก เช่น การปนเปื้อนของทองแดง (Copper) และสังกะสี (Zinc) ในมูลสุกรเนื่องจากการเพิ่มทองแดงและสังกะสีในอาหารสุกรเพื่อช่วยในการเผาผลาญอาหารและเร่งการเจริญเติบโต สุกรต้องการทองแดง ระหว่าง 5-10 มก./กก. ซึ่งสามารถดูดซึมในทางเดินอาหารในระดับที่จำกัด ทำให้ทองแดงส่วนใหญ่ประมาณ 72-80 % ถูกขับออกมาทางอุจจาระ (Sager, 2007) สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง เป็นอีกอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีปริมาณของเสียจำนวนมาก แต่เปลือกมันสำปะหลังมีสารไซยาไนด์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นกรดไซยานิคซึ่งเป็นพิษกับสิ่งมีชีวิต แต่สามารถลดความเป็นพิษโดยผ่านกระบวนการหมักและความร้อนจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง จะทำให้เกิดของเสีย (pulp) 10 - 15% ของน้ำหนักรากสด (Sriroth, 2000) โดยเป็นของเสียประเภทเปลือกมันสำปะหลัง (Cassava peel) ร้อยละ 3 แต่เปลือกมันสำปะหลังมี

เศษดินปนมาค่อนข้างมาก และอาจมีเศษหวั่นที่หักเป็นชิ้นเล็กติดมาด้วยจึงมีคุณภาพโดยรวมค่อนข้างต่ำ จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ทำให้เปลือกมันสำปะหลังไม่ค่อยถูกนำมาใช้ประโยชน์ กลายเป็นของเสียปริมาณมากในแต่ละปี การนำเปลือกมันสำปะหลังมาใช้เป็นส่วนผสมในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นปริมาณมากในแต่ละปี แต่จากรายงานของ รัชณี (2558) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ไส้เดือนดินกับวัสดุอินทรีย์โดยผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดินเพื่อลดความเป็นพิษของทองแดง โดยใช้เปลือกมันสำปะหลังร่วมกับดินและมูลไก่ อัตรา 7:2:1 ผสมกับทองแดงความเข้มข้น 500, 1,000 และ 2,000 มก./กก ที่ระยะเวลา 28 วัน พบว่าทองแดงระดับความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 มก./กก จะทำให้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* มีน้ำหนักตัวลดลง ร้อยละ 18.41 และ 16.61 ตามลำดับ แต่ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.94 และ 6.43 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าทุกตัวรับการทดลองไม่พบงูไข่ของไส้เดือนดินทั้ง 2 สายพันธุ์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ณัฐกิตต์ (2558) รายงานว่า การใช้เปลือกมันสำปะหลังและมูลไก่จะส่งผลต่อน้ำหนักและจำนวนงูไข่ โดยพบว่าที่ระยะเวลา 30 วัน ไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวและจำนวนงูไข่ลดลง แต่จากการศึกษาของ Krystyna et al (2016) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของ biochar ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* พบว่าการใช้ biochar อัตรา 4% และ 8% จะทำให้ไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 27% และ 29% ตามลำดับ และมีจำนวนงูไข่เพิ่มขึ้น 13% และ 66% ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการทดลองที่ไม่ใส่ biochar การศึกษาเกี่ยวกับการเติม ถ่าน biochar ถ่าน charcoal และเถ้า (ash) ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติช่วยดูดซับธาตุอาหารที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการ mineralization และสามารถลดความเป็นพิษของโลหะหนักต่อไส้เดือน จึงสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน การศึกษาเกี่ยวกับการใช้ biochar และ charcoal ที่ส่งผลต่อไส้เดือนดินมีค่อนข้างแพร่หลาย แต่การศึกษา

เกี่ยวกับการใช้แกลบเผาซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ biochar เนื่องจากมีความพรุนสูง น้ำหนักเบา พื้นผิวสัมผัสมาก และมีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซับที่ดี จากคุณสมบัติดังกล่าวของแกลบเผา อาจจะสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินได้ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แกลบเผาต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* และ *Eisenia foetida* ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน โดยการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน จะส่งผลต่อคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

วิธีการศึกษา

1. ศึกษาผลการใช้แกลบเผาต่อการหลีกเลี่ยงสารพิษของไส้เดือนดิน (Avoidance)

ทำการทดสอบพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงสารพิษของไส้เดือนดินในอาหารผสมอัตราต่างๆ ได้แก่ มูลสุกร : เปลือกมันสำปะหลัง : แกลบเผา : ดิน อัตราส่วน 1:7:1:1, 2:6:1:1, 3:5:1:1, 4:4:1:1, 5:3:1:1, 6:2:1:1 และ 7:2:1:1 โดยใช้อาหารผสมและดิน อย่างละ 100 กรัม และใช้ไส้เดือนดิน 10 ตัว/การทดลอง ทำการทดลองโดยแบ่งอาหารผสมและดินออกเป็น 2 ข้าง ใส่ไส้เดือนดินในช่องตรงกลางระหว่างอาหารผสมและดิน ควบคุมความชื้นประมาณ 50% หลังจาก 48 ชั่วโมง นับจำนวนไส้เดือนดินในแต่ละข้างของชุดทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การคำนวณเปอร์เซ็นต์การหลีกเลี่ยงสารพิษคำนวณได้จากสมการ

$$\%A = (C-T/N) \times 100$$

A = เปอร์เซ็นต์การหลีกเลี่ยงสารพิษ (Avoidance response)

C = จำนวนไส้เดือนดินในฝั่งดิน (Number of worm in untreated soil)

T = จำนวนไส้เดือนดินในฝั่งปุ๋ยหมัก (Number of worm in treated soil)

N = จำนวนไส้เดือนดินทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ (Total number of worms exposed)

ผลสุทธิของการตอบสนองที่เป็นบวก (+) บ่งชี้ถึงพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงสารพิษ และผลสุทธิของการตอบสนองที่เป็น (-) บ่งชี้ถึงการไม่ตอบสนองต่อสารพิษ หรือไม่มีความแตกต่างกันของปุ๋ยหมักและดินที่ใช้ทดสอบ ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณที่ระดับ 60% ขึ้นไป ถือได้ว่าไส้เดือนดินได้รับผลกระทบจากปุ๋ยหมัก จึงมีพฤติกรรมการหลีกเลี่ยง สามารถบ่งชี้ได้จากการที่แบ่งดินที่มีบทบาทของการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงพิษของไส้เดือนดินที่เป็นสากล ISO/17215-1 (ISO, 2006)

2. ศึกษาผลของการใช้แกลบเผาในการทำปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดินจากมูลสุกรร่วมกับเปลือกมันสำปะหลังต่อการเจริญเติบโต ขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* และ *Eisenia foetida*

การเตรียมอาหารผสม (Mixture of feeding : MF)

การเตรียมอาหารผสมจากมูลสุกร (swine manure) เปลือกมันสำปะหลัง (cassava peel) และแกลบเผา (rice husk ash) และชุดดินโคราช (Korat soil series) อัตรา 2:6:1 โดยใช้สำหรับการทดลองละ 200 กรัม และเติมแกลบเผาอัตรา 10 % (Li et al., 2011) สำหรับสำหรับการทดลองที่มีส่วนผสมของแกลบเผา นำส่วนผสมมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน รดน้ำ และควบคุมความชื้นประมาณ 60-80% โดยหมักอาหารผสม 15 วัน ก่อนปล่อยไส้เดือนดิน ระหว่างกระบวนการหมัก เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความชื้น (moisture content) และอุณหภูมิ (temperature) ตลอดการทดลอง

การเตรียมไส้เดือนดิน

คัดเลือกไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* และ *Eisenia foetida* โดยเลือกตัวที่สมบูรณ์ แข็งแรง และตัวเต็มวัยที่แสดงโคเทียลัม (ระบบการขยายพันธุ์) ที่ชัดเจนและมีขนาดใกล้เคียงกัน โดยใส่ไส้เดือนดินน้ำหนัก 13 ก./กระถาง

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมี 4 ตำรับการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับการทดลองที่ 1 อาหารผสมและไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae*

ตำรับการทดลองที่ 2 อาหารผสม และไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida*

ตำรับการทดลองที่ 3 อาหารผสม ร่วมกับแกลบเผา อัตรา 10% และไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae*

ตำรับการทดลองที่ 4 อาหารผสม ร่วมกับแกลบเผา อัตรา 10% และไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida*

การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกข้อมูลอัตราการหลีกเลี่ยงสารพิษ (Avoidance) ของไส้เดือนดินที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง บันทึกการเจริญเติบโต น้ำหนักของไส้เดือนดิน (weight

of earthworm) จำนวนไข่ (number of cocoon) ขนาดของไข่ (size of cocoon) และจำนวนตัวอ่อนของไข่เดือน (number of juvenile) ที่ระยะเวลา 15, 30 และ 45 วัน หลังจากปล่อยไส้เดือนดิน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษามูลของการใช้แกลบเผาต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* และ *E. foetida* ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินโดยใช้มูลสุกร เปลือกมันสำปะหลัง และแกลบเผา ซึ่งมีผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี (Table 1) ดังนี้

Table 1 Chemical properties of raw materials used for experiments.

parameter	swine manure	cassava peel	rice husk ash
1. pH (1:10)	7.4	6.7	8.5
2. EC (1:10; ds/m)	2.2	0.5	0.2
3. Total Nitrogen (%)	2.3	0.3	0.2
4. Total Phosphate (%)	9.4	0.04	1.4
5. Total Potash (%)	1.3	0.36	0.56
6. Organic Carbon (%)	30.6	17.8	3.5
7. Organic Matter (%)	52.7	29.8	5.9
8. C/N	13/1	59/1	23/1
9. Copper (mg/kg)	731.73	4.99	24.45

2. ผลการใช้แกลบเผาต่อการหลีกเลี่ยงสารพิษของไส้เดือนดิน (Avoidance)

จากผลการทดลอง พบว่า ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* จะมีความทนทานต่อสารพิษมากกว่าไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* เนื่องจากไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* มีพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงสารพิษมากกว่า 60% ในอัตราส่วน 6 : 2 : 1 : 1 แต่ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* เริ่มพบพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงสารพิษ 60% ในอัตราส่วน 2 : 6 : 1 : 1 (Table 2)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าไส้เดือนดินแต่ละสายพันธุ์ สามารถทนต่อความเป็นพิษได้แตกต่างกัน โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* สามารถทนต่อช่วงอุณหภูมิที่กว้างและสามารถดำรงชีวิตในขณะอินทรีย์ที่มีความชื้นได้หลายระดับ จึงเป็นสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมดีมากและเลี้ยงง่าย เมื่อนำมาเลี้ยงภายในฟาร์ม พบว่ามีความทนทานกว่าไส้เดือนดินสายพันธุ์อื่น จึงนิยมเลี้ยงเพื่อใช้กำจัดขยะอินทรีย์ได้ดี (อาณัฐ, 2550; Edwards, 2011) พฤติกรรมการ

หลักเลี้ยงพืชของไส้เดือนดิน อาจมาจากหลายสาเหตุ เช่น การเปลี่ยนของค่า pH ในระหว่างการทดลอง ความเป็นพิษจากทองแดงที่ปนเปื้อนมากับมูลสุกรและ ความเป็นพิษของไชยาไนต์ในเปลือกมันสำปะหลัง จากการศึกษากของ Zhu et al.(2014) พบว่า ปริมาณ ทองแดงที่ระดับความเข้มข้น 683 มก./กก จะทำให้ ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* มีอัตราการตายร้อยละ 50 (LC₅₀) ที่ระยะเวลา 14 วัน และ รัชนี (2558) รายงาน ว่า ทองแดงความเข้มข้น 1,000 มก./กก.ทำให้ไส้เดือน ดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* มีอัตราการตายร้อยละ 93.33 ในระยะเวลา 28 วัน สำหรับมันสำปะหลังจะมี ส่วนประกอบของสารไชยาไนต์ในกลุ่มสารไชยาโนไซด์ กลูโคไซด์ (Cyanogenic glucosides) ซึ่งสามารถแตก ตัวเป็นกรดไชยานิค (Hydrocyanic) จากการศึกษากของ

Tewe (2017) พบว่าเปลือกมันสำปะหลังสด (Fresh peel) และเปลือกมันสำปะหลังตากแห้ง (Sundried peel) มีกรดไชยานิค 364.2-814.7 มก./กก.และ 264.3-321.5 มก./กก. ตามลำดับ เมื่อนำเปลือกมัน สำปะหลังมาใช้ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ดินปริมาณมีกรดไชยานิคที่มากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน Rachid et al. (2011) รายงานว่า สารประกอบไชยาไนต์ที่มีความเข้มข้นมากกว่า 131 mgCN/kg จะส่งผลกระทบต่อไส้ เดือนดิน สายพันธุ์ *E. foetida* โดยรูปของสารประกอบ ไชยาไนต์ที่มีพิษสูงสุดคือโพแทสเซียมไชยาไนต์ ซึ่งมี ค่าความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์กระตุ้นร้อยละ 50 ที่ ระยะ 14 วัน (EC₅₀ -14 d as CN) เท่ากับ 74 µg/kgsoil

Table 2 Avoidance of *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia foetida* on difference mixture of feeding

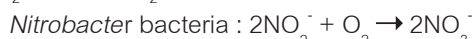
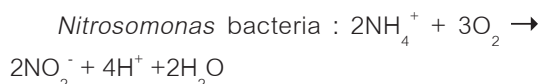
Rate (Swine manure : cassava peel : rice husk ash : soil)	Avoidance (%)	
	<i>E. eugeniae</i>	<i>E. foetida</i>
1 : 7 : 1 : 1	+40	-80
2 : 6 : 1 : 1	+60	-80
3 : 5 : 1 : 1	+80	-40
4 : 4 : 1 : 1	+80	+0.0
5 : 3 : 1 : 1	+80	+20
6 : 2 : 1 : 1	+100	+60
7 : 1 : 1 : 1	+100	+80

2. ผลของการใช้แกลบเผาการเปลี่ยนแปลง ความชื้น อุณหภูมิ และสมบัติทางเคมี (pH, EC) ของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* และ *E. foetida* มีช่วงความชื้นที่เหมาะสมระหว่าง 70 - 80% และ 70 - 95% ตามลำดับ (อาณัฐ, 2550) จากการทดลอง พบว่า ตำรับการทดลองที่ไม่ใส่และใส่แกลบเผา มีค่า ความชื้นอยู่ระหว่าง 61.0 - 82.0 และ 67.8-87.3 ตาม ลำดับ (Figure 1) ปริมาณความชื้นของดินมีอิทธิพล ต่อจำนวนและน้ำหนักตัวของไส้เดือนดิน เนื่องจาก ไส้เดือนดินจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่สูงถึง 70 - 80% ของน้ำหนักตัว (อาณัฐ, 2550) ดังนั้น การป้องกันการ สูญเสียน้ำออกจากร่างกายจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการ ดำรงชีวิตและกิจกรรมต่างๆ ไส้เดือนดินจึงมักอาศัยอยู่

ในบริเวณที่มีความชื้นสูง ปริมาณความชื้นจะแปร ผกผันกับอุณหภูมิ เมื่อความชื้นลดต่ำลงทำและ อุณหภูมิสูงขึ้น จะส่งผลให้ดินแห้งและเป็นผลเสียต่อไส้ เดือนดิน ทำให้ไส้เดือนดินเข้าสู่สภาพการพักตัว โดย ขดตัวเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากร่างกาย ซึ่ง ส่วนใหญ่จะเข้าอยู่ในระยะพักตัวในฤดูหนาวและฤดู ร้อนที่มีอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้ง แต่เมื่อเข้าสู่ฤดู ฝนปริมาณความชื้นในดินเพิ่มสูงขึ้น ไส้เดือนดินจะออก จากสภาพการพักตัวและสามารถดำรงชีวิตได้ตามปกติ จึงทำให้ไส้เดือนดินสามารถขยายพันธุ์ได้ดีในช่วงฤดู ฝน ไส้เดือนดินแต่ละสายพันธุ์มีช่วงอุณหภูมิที่ เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ไส้เดือนดิน สายพันธุ์ *E. eugeniae* และ *E. foetida* มีช่วงอุณหภูมิ ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตระหว่าง 20-28 องศา

เซลเซียส และ 15-25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (อาณัฐ, 2550) จากการทดลอง พบว่า อุณหภูมิในการทำการทดลองที่ไม่ใส่และใส่แกลบเผาอยู่ในช่วงระหว่าง 20.8-30.5 องศาเซลเซียส และ 22.9-30.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (Figure 2) ซึ่งอุณหภูมิในการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะสูงกว่าอุณหภูมิของดินปกติ เนื่องจากจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระบวนการ mineralization แล้วปล่อยพลังงานออกมาในรูปของพลังงานความร้อน และกิจกรรมของจุลินทรีย์จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH จากการศึกษาค้นคว้าของ Sanchez-Monedero et al. (2001) พบว่า ค่า pH ลดต่ำลง เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียม (NH_4^+) เป็นไนเตรท โดยแบคทีเรีย nitrifying bacteria ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียสในสภาพที่มีออกซิเจน ทำให้มีการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน ดังสมการ



ค่า pH เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* และ *E. foetida* จะสามารถอาศัยอยู่ในดินที่มีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.7-7.0 แต่ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินทั้ง 2 สายพันธุ์คือช่วงค่า pH ระหว่าง 7.8-8.0 และ 6.7-8.0 ตามลำดับ (อาณัฐ, 2550) จากการทดลอง พบว่า การทำการทดลองที่ไม่ใส่และใส่แกลบเผา มีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.4-7.2 และ 5.3-7.0 ตามลำดับ (Figure 3) โดยทำการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผาจะมีช่วงค่า pH ต่ำกว่าทำการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา Nuhaa et al. (2015) พบว่า การเพิ่มขึ้นและลดลงของค่า pH ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้เป็นส่วนผสมเริ่มต้นในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน โดยค่า pH ลดลง เนื่องจากการสะสมของกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างการย่อยสลายสารประกอบ polysaccharides แต่หลังจากปล่อยไส้เดือนดินจะทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับค่า pH กับ Mauritius standard สามารถอธิบายได้ว่าช่วงค่า pH ที่เกิดขึ้น แตกต่างกันในช่วงกระบวนการย่อยสลาย ถ้าการย่อยสลายเกิดจาก

พวกแบคทีเรีย จะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.0-7.5 เกิดจากพวกเชื้อรา จะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.5-8.0 และพวกแอคติโนมัยซีต จะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.0-9.9 นอกจากนี้จากการศึกษาของ Suthar (2010) พบว่า ในช่วงกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ค่า pH จะลดลงระหว่าง 4-10.5% ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่า pH ขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรท (NO_3^-) และกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ mineralization แต่ในช่วงกระบวนการทำปุ๋ยหมักจะเกิดการระเหยของแอมโมเนีย (NH_3) และการสูญเสียไนโตรเจนรูปต่างๆ การเติมสารดูดซับ เช่น biochar, charcoal และเถ้า (ash) จะช่วยดูดซับและลดการสูญเสียไนโตรเจน Christoph et al. (2010) รายงานว่า การเติม biochar อัตรา 20% ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักโดยมูลไก่ biochar จะช่วยดูดซับแอมโมเนียและแอมโมเนียมที่ละลายน้ำ สามารถช่วยลดการระเหยของแอมโมเนียเท่ากับ 64% และลดปริมาณการสูญเสียไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 52% เปรียบเทียบกับทำการทดลองที่ไม่ใส่ biochar ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chen et al. (2014) รายงานว่า กระบวนการหมักโดยใช้มูลสุกรร่วมกับ bamboo biochar อัตรา 9% และการใช้มูลสุกรร่วมกับ bamboo charcoal อัตรา 3% จะทำให้ลดการสูญเสียไนโตรเจน 39% และ 23% ตามลำดับ เปรียบเทียบกับทำการควบคุม การใช้แกลบเผายังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า EC จากการทดลอง พบว่า การทำการทดลองที่ไม่ใส่และใส่แกลบเผา มีค่า EC อยู่ระหว่าง 2.42-3.36 dS/m และ 2.33-3.15 dS/m ตามลำดับ (Figure 4) ทุกทำการทดลองจะพบการลดลงของค่า EC ในสัปดาห์แรกของการทดลอง แต่หลังจากนั้น ค่า EC มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น Nuhaa et al. (2015) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของค่า EC เนื่องจากการละลายของแอมโมเนีย และการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียเป็นแอมโมเนียมและไนเตรท ในกระบวนการ nitrification ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Gupta and Garg (2008) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของค่า EC อาจเนื่องมาจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุทำให้เกิดการปลดปล่อยเกลือในรูปแบบต่างๆ เช่น ฟอสเฟต แอมโมเนียม และ โพแทสเซียม การเติม

biochar, charcoal และเถ้า (ash) จะช่วยดูดซับและลดการสูญเสียไนโตรเจนได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Krystyna et al. (2014) รายงานว่า การใส่ biochar จะช่วยลดการระเหยของแอมโมเนีย และ

สามารถดูดซับ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ยูเรีย และกรดยูริก จึงทำให้ค่า EC เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ biochar

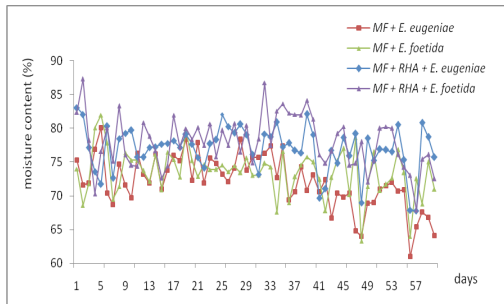


Fig. 1. Overall mean moisture content elevation with time

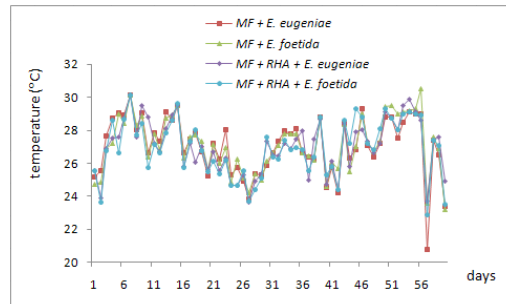


Fig. 2. Overall mean temperature elevation with time

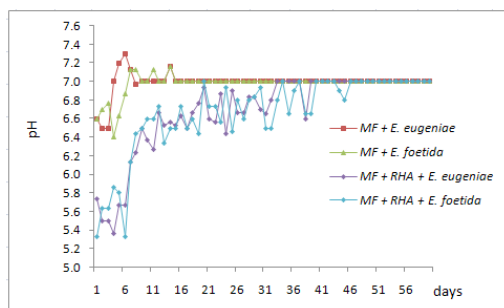


Fig. 3. Variation of pH with time

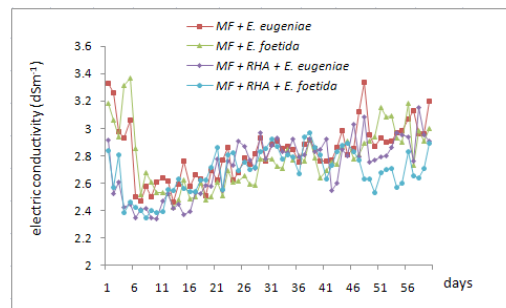


Fig. 4. Variation of EC with time

3. ผลของการใช้แกลบเผาต่อการเจริญเติบโตขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน

การใช้แกลบเผาจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* และ *E. foetida* จากการทดลอง พบว่า หลังจากปล่อยไส้เดือนดิน 15 วัน ตำรับที่มีการใส่แกลบเผาไส้เดือนดินทั้ง 2 สายพันธุ์มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 75.9 (Table 3) และ ร้อยละ 43.3 (Table 4) ตามลำดับ เปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการใช้แกลบเผาจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Krystyna et al (2016) ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของ biochar ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* พบว่าการใช้ biochar อัตรา 4% และ 8% จะทำให้ไส้เดือน

ดินมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 27% และ 29% ตามลำดับ Tammeorg et al. (2014) รายงานว่า biochar จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน เนื่องจาก biochar มีความพรุนสูงสามารถดูดซับโลหะหนัก และช่วยลดความเป็นพิษของโลหะหนักต่อไส้เดือนดิน และ Krystyna et al. (2017) รายงานว่า biochar เป็นแหล่งกักเก็บธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง สามารถช่วยส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์และการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน นอกจากนี้ จากการทดลองยังพบว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไปไส้เดือนดินมีแนวโน้มน้ำหนักตัวลดลง เนื่องจากในระหว่างการทดลองได้จำกัดปริมาณอาหารของไส้เดือนดิน ไส้เดือนดินแต่ละตัวจะกินอาหารประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำหนักตัวต่อวัน การให้ปริมาณอาหารที่จำกัด อาจไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินในช่วงระยะเวลาของการทดลอง

Table 3 The change of earthworm (*Eudrilus eugeniae*) weight during vermicomposting

treatment	Percentage change of earthworm weight (%)			
	0 days	15 days	30 days	45 days
Vermicompost without rice husk ash	0	24.36b	43.55a	15.08a
Vermicompost with rice husk ash	0	42.86a	27.83b	0.27b
F-test	-	*	*	*
%CV	-	5.93	27.83	33.73

Remark: In the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at $p \leq 0.05$ by Least-significant difference (LSD)

Table 4 The change of earthworm (*Eisenia foetida*) weight during vermicomposting

treatment	Percentage change of earthworm weight (%)			
	0 days	15 days	30 days	45 days
Vermicompost without rice husk ash	0	51.31b	47.56b	6.70b
Vermicompost with rice husk ash	0	73.53a	65.70a	22.68a
F-test	-	*	*	*
%CV	-	14.62	11.04	44.86

Remark: In the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at $p \leq 0.05$ by Least-significant difference (LSD)

4. จำนวนถุงไข่ (number of cocoon)

จากการทดลอง พบว่าไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* จะพบจำนวนถุงไข่มากที่สุด หลังจากระยะเวลา 45 วัน ในตำรับการทดลองที่ใส่แกลบเผา โดยพบจำนวนถุงไข่เฉลี่ย 78 ถุงไข่ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 73.3 เมื่อเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) (Table 4) สำหรับไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* พบจำนวนถุงไข่มากที่สุด หลังจากระยะเวลา 30 วัน ในตำรับการทดลองที่ใส่แกลบเผา โดยพบจำนวนถุงไข่เฉลี่ย 137 ถุงไข่ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 153.7 (Table 5) เมื่อเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) แสดงให้เห็นว่าการใช้แกลบเผาส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนถุงไข่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Krytyna et al. (2016) ซึ่งรายงานว่า การใช้ biochar ในอาหารผสม อัตรา 4% และ 8% จะช่วยให้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* มีจำนวนถุงไข่เพิ่มขึ้น โดยหลังจาก 4 สัปดาห์ พบว่าถุงไข่เพิ่มขึ้น 13% และ 66% ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบ

กับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ biochar การสร้างถุงไข่ของไส้เดือนดินขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณแหล่งอาหาร และองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมอื่นๆที่เหมาะสม จากการศึกษาของ Shagoti et al. (2001) รายงานว่า ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* สามารถจับคู่ผสมพันธุ์ได้ที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส โดยพบถุงไข่ จำนวน 0.9 และ 1.5 ถุงไข่/ตัว/สัปดาห์ ตามลำดับ และมีถุงไข่สะสมในระยะเวลา 16 สัปดาห์ จำนวน 10.8 และ 14.7 ถุงไข่/ตัว ตามลำดับ แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นที่ระดับ 35 และ 37 องศาเซลเซียส ไส้เดือนดินไม่สามารถจับคู่เพื่อผสมพันธุ์ Sophie และ Reinecke (1990) รายงานว่า ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* จะชอบวางไข่ที่ความชื้นระหว่าง 79-80% โดยพบจำนวนถุงไข่ ร้อยละ 35.5 แต่ถ้าความชื้นมากขึ้นจะทำให้จำนวนถุงไข่ลดลง โดยความชื้นระหว่าง 80-82% จะพบจำนวนถุงไข่ ร้อยละ 20.8 นอกจากนี้ ความสมบูรณ์ของอาหารจะมีผลต่อจำนวนถุงไข่ โดยถุงไข่ที่สร้างได้จากไส้เดือนดินแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน โดยไส้เดือนดินสีเทาที่อาศัยในดินที่มีอินทรีย์วัตถุ น้อย เช่น ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Allobophora*

caliginosa, *Allobophora longa* และ *Dendrodrilus rubidus* ที่อาศัยในดิน จะสร้างงูไข่ได้ประมาณ 3-13 กุญ/ตัว/ปี แต่ไส้เดือนดินสีแดงที่อาศัยใต้กองปุ๋ยหมัก หรือในมูลสัตว์จะสร้างงูไข่ได้ประมาณ 42-106 กุญ/

ตัว/ปี โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* และ *E. foetida* ที่นำมาใช้กำจัดขยะและอาศัยในมูลสัตว์ สามารถสร้างงูไข่ได้ประมาณ 188 และ 198 กุญ/ตัว/ปี ตามลำดับ (อาณัฐ, 2550)

Table 5 Number of cocoon (mean $\pm$ SD) of earthworm *Eudrilus eugeniae* during vermicomposting

treatment	Number of cocoon		
	15 days	30 days	45 days
Vermicompost without rice husk ash	4 $\pm$ 1b	19 $\pm$ 4	45 $\pm$ 5b
Vermicompost with rice husk ash	50 $\pm$ 5a	23 $\pm$ 3	78 $\pm$ 8a
F-test	**	ns	**
%CV	13.35	16.84	10.85

Remark: In the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at $p \leq 0.01$ by Least-significant difference (LSD) , ns = not significant

Table 6 Number of cocoon (mean $\pm$ SD) of earthworm *Eisenia foetidae* during vermicomposting

treatment	Number of cocoon		
	15 days	30 days	45 days
Vermicompost without rice husk ash	21 $\pm$ 4	54 $\pm$ 9b	56 $\pm$ 9
Vermicompost with rice husk ash	42 $\pm$ 5a	137 $\pm$ 17a	51 $\pm$ 6
F-test	**	**	ns
%CV	14.37	14.24	14.30

Remark: In the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at $p \leq 0.01$ by Least-significant difference (LSD), ns = not significant

5. ขนาดของงูไข่ (size of cocoon)

การเลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* และ *E. fetida* ในตำหรับการทดลองที่ใส่และไม่ใส่แกลบเผา พบว่าขนาดของงูไข่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 6, 7) ขนาดและรูปร่างงูไข่ (cocoon) ของไส้เดือนแต่ละชนิดจะมีรูปร่างที่แตกต่างกันออกไป ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* จะมีงูไข่รูปร่างคล้ายมะนาว (lemon shaped) หัวท้ายเรียวแหลม ขนาดประมาณ 2.53 mm. x 6.13 mm - 3.03 mm. x 6.23 mm. ซึ่งใกล้เคียงกับการวิจัยของ Nuhaa et al.

(2015) ที่ศึกษาเกี่ยวกับศักยภาพของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. Eugenia* ในการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนจากขยะอินทรีย์ โดยพบงูไข่มีขนาดประมาณ 4.26mm x 2.82 mm สำหรับไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* ซึ่งเป็นไส้เดือนดินที่มีลำตัวขนาดเล็ก จะมีงูไข่รูปร่างคล้ายมะนาว (lemon shaped) รูปทรงรี ขนาด 2.07 mm x 3.77 mm.-2.50 mm x 4.07mm. ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับรายงานของ Edwards (2011) ที่รายงานว่า ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* จะมีงูไข่ขนาด 2.82 mm x 4.85 mm.

Table 7 Size of cocoon of earthworm *Eudrilus eugeniae* during the vermicomposting

treatment	Size of cocoon (mm.)		
	15 days	30 days	45 days
Vermicompost without rice husk ash	2.96x6.23	2.78x5.90	2.58x5.75
Vermicompost with rice husk ash	3.03x6.23	2.57x6.62	2.53x6.13
F-test	ns	ns	ns
%CV	15.49	24.57	29.94

Remark: In the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at $p \leq 0.05$ by Least-significant difference (LSD), ns = not significant

Table 8 Size of cocoon of earthworm *Eisenia foetida* during the vermicomposting

treatment	Size of cocoon (mm.)		
	15 days	30 days	45 days
Vermicompost without rice husk ash	2.50x4.07	2.40x4.40	2.20x3.35
Vermicompost with rice husk ash	2.37x4.43	2.07x3.77	2.17x3.83
F-test	ns	ns	ns
%CV	9.87	16.92	12.12

Remark: In the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at $p \leq 0.05$ by Least-significant difference (LSD), ns = not significant

6. จำนวนตัวอ่อนไส้เดือนดิน (number of juvenile)

ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* ในดำรับการทดลองที่ใส่แกลบเผาจะพบการฟักเป็นตัวอ่อนไส้เดือนดิน ตั้งแต่ระยะเวลา 15 วันหลังปล่อยไส้เดือนดิน และพบจำนวนตัวอ่อนไส้เดือนดินมากที่สุดในระยะเวลา 45 วัน จำนวนเฉลี่ย 265 ตัว เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 173.0 (Table 9) เปรียบเทียบกับดำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) สำหรับสำหรับไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* เริ่มพบตัวอ่อนไส้เดือนดินตั้งแต่ระยะเวลา 30 วัน หลังปล่อยไส้เดือนดิน และพบจำนวนตัวอ่อนไส้เดือนดิน มากที่สุดหลังจาก 45 วัน จำนวนเฉลี่ย 23 ตัว เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 76.9 (Table 10) เปรียบเทียบกับดำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) แสดงให้เห็นว่าการใช้แกลบเผาจะช่วยให้งูไขฟักเป็นตัวอ่อนได้มากกว่าการไม่ใช้แกลบเผา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Krytyna et al. (2016) ซึ่งรายงานว่า

การใช้ biochar ร่วมกับอาหารผสม อัตรา 4% และ 8% จะช่วยให้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* มีจำนวนตัวอ่อนไส้เดือนดินเพิ่มมากขึ้น และพบมากที่สุดหลังจากการทดลอง 18 สัปดาห์ โดยความชื้นจะมีผลการฟักเป็นตัวของไส้เดือนดิน การฟักเป็นตัวอ่อนของไส้เดือนดินแต่ละสายพันธุ์ จะมีช่วงระยะเวลาที่สูงไขฟักเป็นตัวที่แตกต่างกัน ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นมีอิทธิพลต่อระยะเวลาของการฟักเป็นตัวของไส้เดือนดิน จากการศึกษากของ Sophie และ Reinecke (1990) พบว่าความชื้นระหว่าง 77.5 - 79% ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* จะฟักเป็นตัวอ่อน ร้อยละ 68 แต่เมื่อความชื้นต่ำกว่า 77.5% จะมีอัตราการฟักเป็นตัวอ่อน ร้อยละ 31.3 ไส้เดือนดินโดยทั่วไปงูไขจะพบตัวอ่อนที่รอดออกมาแค่ 1 หรือ 2 ตัวเท่านั้น (อาณัฐ, 2550) ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* จะใช้เวลาในการฟัก 12 - 16 วัน และมีจำนวนตัวที่ฟักออกมาเฉลี่ย 2 - 2.7 ตัว/งูไข และไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* จะใช้เวลาในการฟัก 18 - 26 วัน และมีจำนวนตัวที่ฟักออกมาเฉลี่ย 2.5 - 3.8 ตัว/งูไข (Edwards, 2011)

Table 9 Number of juveniles (mean $\pm$ SD) of *Eudrilus eugeniae* during the vermicomposting

treatment	Number of juvenile		
	15 days	30 days	45 days
Vermicompost without rice husk ash	0b	4 $\pm$ 4b	97 $\pm$ 13b
Vermicompost with rice husk ash	7 $\pm$ 3a	158 $\pm$ 22a	265 $\pm$ 15a
F-test	*	**	**
%CV	56.20	19.52	7.62

Remark: In the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$ by Least-significant difference (LSD)

Table 10 Number of juveniles (mean $\pm$ SD) of *Eisenia foetida* during the vermicomposting

treatment	Number of juvenile		
	15 days	30 days	45 days
Vermicompost without rice husk ash	0	0b	13 $\pm$ 5b
Vermicompost with rice husk ash	0	3 $\pm$ 1a	23 $\pm$ 3a
F-test	-	**	*
%CV	-	34.99	22.91

Remark: In the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$ by Least-significant difference (LSD)

สรุป

การใช้แกลบเผาในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน จากมูลสุกรร่วมกับเปลือกมันสำปะหลังและขุขี้ดินโคราช จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* และ *E. foetida* เนื่องจากสมบัติของแกลบเผาที่มีความพรุนสูง สามารถดูดซับน้ำและระบายอากาศได้ดี จึงช่วยส่งเสริมให้สภาพแวดล้อม เช่น ความชื้น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตและการดำเนินกิจกรรมของไส้เดือนดิน นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งกักเก็บธาตุอาหารต่างๆ โดยในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน จะเกิดการย่อยสลายจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจนที่มีพบการสูญเสียไนโตรเจนจากการระเหยของแอมโมเนียและไนโตรเจนในรูปต่างๆ จากกระบวนการ nitrification แกลบเผาสามารถดูดซับการระเหยแอมโมเนีย จึงช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปต่างๆ ทำให้จุลินทรีย์และไส้เดือนดินสามารถใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารในกระบวนการ immobilization ได้มากขึ้น ส่งผลให้ไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัว จำนวนงูไข่ และการฟักเป็นตัวอ่อนไส้เดือนดินเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา

นอกจากนี้การเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน ยังส่งผลต่อคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน เนื่องจากไส้เดือนดินเมื่อฟักออกจากไข่ จะต้องการอาหารปริมาณมากเพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโต ซึ่งมีผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์และกิจกรรมต่างๆ ของไส้เดือนดิน ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหาร ในขณะที่ไส้เดือนดินตัวเต็มวัยจะต้องการอาหารเพียงแค่การดำรงชีวิตเท่านั้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่มอบทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ประจำปีภาคต้น ปีการศึกษา 2559 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่มอบทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2560 ศูนย์เรียนรู้วิจัยและพัฒนาไส้เดือนเพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม ที่สนับสนุนไส้เดือนดิน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการบริการจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาการเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนอาคารทดลอง เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ชูลีมาศ บุญไทย อิวาย, มงคล ต๊ะอุ่น, สุรศักดิ์ เสรีพงศ์ และ นันทวุฒิ จำปางาม. 2554. การผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้เดือนดิน : การจัดการของเสีย ดิน ผลผลิตที่ดีและปลอดภัย. ขอนแก่น. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ณัฐกิตติ เพชรหมื่นไวย. 2558. การใช้ของเสียอุตสาหกรรมเกษตร ร่วมกับมูลไก่ในการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้เดือนดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- รัชณี วงโคกสูง. 2558. การใช้ใช้เดือนดินกับวัสดุอินทรีย์โดยผ่านกระบวนการทำปุ๋ยหมักโดยใช้เดือนดินเพื่อลดความเป็นพิษของทองแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อานันฐ์ ตันโช. 2550. ใช้เดือนดิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี.
- Chen, Y., X. Huang, Z. Han, X. Huang, B. Hu, and D. Shi. 2010. Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar on nitrogen conservation and heavy metals immobility during pig manure composting. *Chemosphere*. 78: 1177-1181
- Christoph, S., K.C. Das, M. Nathan, and L. Donald. 2010. Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar. *J. Environ. Qual.* 39: x-x
- Edwards, C.A., N.Q. Arancon, and R.L. Sherman. 2011. *Vermiculture Technology : earthworms. Organic Waste and Environmental Management*. CRC Press. Boca raton, USA.
- Gupta, R., and V.K. Garg. 2008. Stabilization of primary sewage sludge during vermicomposting. *J. Hazardous Materials*. 153: 1023-1030
- ISO. 2006. Soil Quality: Avoidance test for testing the quality of soils and effects of chemicals on behavior test with earthworms (*Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*). Guideline 17512-1. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland .
- Krystyna, M., Z. Magdalena, and D. Jacek. 2014. Effects of biochar amendment on ammonia emission during composting of sewage sludge. *Ecological Engineering*. 71: 474-478.
- Krystyna, M., Z. Magdalena, C. Rafaela, and M. Oriol. 2016. The effect of precomposted sewage sludge mixture amended with biochar on growth and reproduction of *Eisenia fetida* during laboratory vermicomposting. *Ecological Engineering*. 90: 35-41.
- Krystyna, M., Z. Magdalena, C. Rafaela, R. Agnieszka, W. Patryk, and S. Ewelina. 2017. Biochar amendment for integrated composting and vermicomposting of sewage sludge-The effect of biochar on activity of *Eisenia fetida* and the obtained vermicompost. *Bioresource Technology*. 225: 206-214.
- Li, D., H.C. William, M.A. Caroline, and A.J.J. Pedro. 2011. Earthworm avoidance of biochar can be mitigated by wetting. *Soil Biology & Biochemistry*. 43: 1732-1737.
- Nuhaa, S., M. Romeela, and G.M. Vinod. 2015. Experimental process monitoring and potential of *Eudrilus eugeniae* in the vermicomposting of organic solid waste in Mauritius. *Ecological Engineering*. 84: 149-158
- Rachid, N. B. Marc, R. Claudine, V. Anne-Marie, and V. Paule. 2011. EcoToxicity of cyanide complexes in industrially contaminated soil. *J. Hazardous Material*. 197: 369-377.
- Sager, M. 2007. Trace and nutrient elements in manure, dung and compost samples in Austria. *Soil Biology & Biochemistry*. 39: 1383-1390.
- Sriroth K., K. Piyachomkwan, S. Wanlapatit, and C.G. Oates, 2000. Cassava Starch Technology: The Thai Experience. *Starch/ Starke*. 52: 439-449.
- Sanchez-Monedero M.A., A. Roig, C. Paredes, and M.P. Bernal. 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Bioresour. Technol.* 78: 301-308.
- Shagoti, U.M., S.D. Amoji, V.A. Biradar, and P.M. Birader. (2001). Effect of temperature on growth and reproduction of the epigeic earthworm, *Eudrilus Eugeniae* (Kinberg). *J. Environ Biol.* 3: 213-217.
- Sophie, A. and A.J. Reinecke. 1990. Moisture preferences, growth and reproduction of the African nightcrawler, *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta). *S. Afr. J. of Zool.* 25(3): 155-160.
- Suthar, S. 2010. Pilot-scale verireactors for sewage sludge stabilization and metal remediation process: Comparison with small-scale verireactors. *Ecological Engineering*. 36: 703-712.
- Tammeorg, P. T. Parviainen, V. Nuutinen, A. Simmojoki, E. Vaara, and J. Helenius. 2014 Effects of biochar on earthworms in arable soil: avoidance test and field trial in boreal loamy sand. *Agric. Ecosyst. Environ.* 191: 150-157.
- Tewe, O.O. 2017. Detoxification of cassava products and effects of residual toxins on consuming animals. Available: <http://www.fao.org/3/a-t0554e/T0554E06.htm>. Accessed Jul. 2, 2017.
- Xu Y., W. Yu, Q. Ma, and H. Zhou. 2013. Accumulation of copper and Zinc in soil and plant within ten-year application of different pig manure rates. *Plant Soil Environment*. 59: 492-499.
- Zhu W., W. Yoa, Z. Zhang, and Y. Wu. 2014. Heavy metal behavior and dissolved organic matter (DOM) characterization of vermicomposted pig manure amended with rice straw. *Environl Sci Pollut Res*. 21: 12684-12692.