

## การศึกษาธาตุอาหารในปุ๋ยที่ได้จากการใช้ไส้เดือนย่อยสลายเศษวัสดุคอก A Study of Nutrients in Vermicompost from Organic Waste Decomposition by Two Species of Earthworms

พงศธร กองแก้ว<sup>1</sup>, ชญานิ มีเมืองม<sup>2</sup> ธนารักษ์ แสงกะลา<sup>3</sup>,  
สวรรณ นามศักดิ์<sup>4</sup> และ ผศ.ดร.วนิดา ภารณันต์<sup>5</sup>

Pongsathorn Kongkaew, Chayanee Meemuang, Tanalak Sangkala  
Sawanya Namsak and Asst. Prof. Dr. Wanida Pharanat

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม และศึกษาสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า จากการเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์ต่างกันในปุ๋ยมูลไส้เดือน และใช้เศษวัสดุคอกต่างกัน โดยใช้แผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 ได้แก่ ไส้เดือน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *E. eugeniae* และ *P. peguana* และปัจจัยที่ 2 ได้แก่ เศษวัสดุคอก 3 ชนิด ได้แก่ เปลือกแตงโม เศษผักกาดขาว และมูลวัวแห้ง ทำการทดลองระยะเวลา 2 เดือน

ผลการศึกษา พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างสายพันธุ์ไส้เดือนกับเศษวัสดุคอกต่อการมีปริมาณธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และต่อค่าการนำไฟฟ้า ( $p < .05$ ) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสองต่อการมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส และต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ( $p > .05$ ) โดยส่วนใหญ่ พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 (ไส้เดือน *E. eugeniae* เลี้ยงด้วยเปลือกแตงโม) มีปริมาณธาตุอาหาร ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ

**คำสำคัญ :** ไส้เดือน (สายพันธุ์ *E. eugeniae* และสายพันธุ์ *P. peguana*) เศษวัสดุคอก ปุ๋ยมูลไส้เดือน

### Abstract

This research aimed to study the quantities of some nutrients: nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium and calcium; and to study two chemical properties-pH and electric conductivity, from raising different species of earthworms in vermicompost with different organic wastes. The 2x3 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) with Fixed Effect Model was employed with 3 replicates.

<sup>1</sup> สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม E-mail : ch\_ko29@hotmail.com

<sup>2</sup> สาขาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

<sup>3</sup> สาขาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

<sup>4</sup> สาขาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

<sup>5</sup> สาขาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

Two factors of the study were: Factor 1, earthworms with 2 species- *E. eugeniae* and *P.peguana*; and Factor 2, organic wastes with 3 types: watermelon waste, brassica pекinensis waste and dry cow dung. The experiment was 2 months.

The findings of the study showed that there were interactions of these two factors on the quantities of nitrogen, potassium, calcium and magnesium; and on the electric conductivity ( $p<.05$ ). However, there were no interactions of these 2 factors on phosphorus and pH ( $p>.05$ ). In conclusion, the treatment one (*E. eugeniae* with watermelon waste) indicated more quantities of the nutrients, pH and electric conductivity than other treatments.

**Keyword :** Earthworm (*E. eugeniae* and *P.peguana*), Organic Waste, Vermicompost

## บทนำ

ไส้เดือนเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ลำตัวเป็นปล้องจัดอยู่ในไฟลัมแอนเนลิดา (*Phylum - Annelida*) ชั้นซีโตพอดา (*Class Chaetopoda*) อันดับโอลิโกซีตา (*Order Oligochaeta*) วงศ์แลมบริซีลี (*Family Lambricidae*) ไส้เดือนมีประมาณ 1,800 ชนิด แต่มีประมาณ 150 ชนิดที่สามารถนำไปใช้ในทางเกษตรได้ จากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ และปุ๋ยที่ได้จากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร สำหรับปรับปรุงดินเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชแทนการใช้ปุ๋ยเคมี (อานัฐ ตันโช, 2550) เนื่องจากปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเกษตรจากแบบเดิมโดยการใช้ปุ๋ยเคมี เพราะปุ๋ยเคมี มีปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชซึ่งประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ต่อน้ำหนักปุ๋ยสูง แต่เมื่อใช้เป็นระยะเวลานานทำให้คุณสมบัติของดินเสื่อมลงมีสารพิษตกค้างภายในดิน สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในดินลดจำนวนลง จึงได้มีการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ไส้เดือนเพื่อผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือน และนำมาใช้ในการเพาะปลูกหรือปรับปรุงดินทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยมูลไส้เดือนมีธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อพืช ซึ่งประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เหมือนกับปุ๋ยเคมี แต่ปลอดภัยกว่าเนื่องจากปุ๋ยมูลไส้เดือนเกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติ

ในประเทศไทยนิยมเลี้ยงไส้เดือนทั้งสายพันธุ์ต่างประเทศและสายพันธุ์พื้นเมือง สายพันธุ์ต่างประเทศ คือ สายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* (*E. eugeniae*) มีลักษณะลำตัวที่ค่อนข้างใหญ่อาศัยอยู่ในเขตร้อน ส่วนไส้เดือนพื้นเมืองที่นิยมเลี้ยงคือสายพันธุ์ *Pheretima peguana* (*P.peguana*) เป็นไส้เดือนสีแดงมีลำตัวกลมขนาดปานกลาง นิยมเลี้ยงทางภาคเหนือของประเทศไทย สามารถหาได้ง่ายจากธรรมชาติ

ปัจจุบันมีการนำไส้เดือนทั้งสองสายพันธุ์มาใช้ในการกำจัดเศษวัสดุคืบ เนื่องจากมีการศึกษาพบว่าเศษวัสดุคืบที่ผ่านการย่อยสลายโดยไส้เดือนนั้น มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งเศษวัสดุคืบที่ผ่านการย่อยสลายด้วยไส้เดือนแล้วจะเรียกว่า ปุ๋ยมูลไส้เดือน (Yadav & Garg, 2013) ซึ่งปุ๋ยมูลไส้เดือนที่ได้จากไส้เดือนสายพันธุ์ *E. eugeniae* ย่อยสลายเศษวัสดุคืบประเภทเปลือกผลไม้ไม่มีปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม มากกว่าเมื่อเทียบกับเศษวัสดุคืบที่ย่อยสลายเองตามธรรมชาติ (Deepika & Surindra, 2012)

นอกจากนี้มีการศึกษาไส้เดือนสายพันธุ์ *P. peguana* โดยนรินทร์ หิรัญสุข, (2547) และ อัมพร วัฒนชัยเสรีกุล, (2545) พบว่า ไส้เดือนสายพันธุ์ดังกล่าว มีอัตราการขยายพันธุ์ที่รวดเร็ว และมีปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยมูลไส้เดือนสูง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความแตกต่างของปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยมูลไส้เดือน ที่ได้จากการนำไส้เดือนสายพันธุ์ *E. eugeniae* และไส้เดือนสายพันธุ์ *P. peguana* มาย่อยสลายเศษวัสดุติด 3 ชนิด ซึ่งได้แก่ เปลือกแตงโม เศษผัก และมูลวัว ทำการศึกษาวិเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยใช้เครื่อง X-ray Fluorescence ซึ่งสามารถวิเคราะห์ธาตุได้เฉพาะธาตุโซเดียม เลขอะตอม 11 จนถึงธาตุยูเรเนียม เลขอะตอม 92 (รินภา เสี่ยงสาย และอรพรรณ ไวแพน, 2551) จึงทำการวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจนทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีเคจดาห์ล (Kjeldahl method) เนื่องจากวิธีนี้สามารถทำให้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดูดไนเตรตและแอมโมเนียมเข้าไปในเตรต ทำให้อยู่ในรูปของแอมโมเนีย ซึ่งสามารถเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนได้ (ศรีสม สุวรรณวงศ์, ม.ป.ป.) และทำการศึกษสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า โดยนำผลการทดลองทั้งหมดเปรียบเทียบกับมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ ผลการศึกษาที่ได้นั้นจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่ต้องการตัดสินใจในการเลือกเลี้ยงไส้เดือนเพื่อนำไปใช้ทางการเกษตร และสามารถนำผลผลิตที่ได้ไปปรับปรุงพื้นที่เพาะปลูก รวมทั้งเป็นประโยชน์ต่อการทำเกษตรอินทรีย์อีกด้วย



ภาพประกอบที่ 1 ไส้เดือนที่ใช้ในการทดลอง 2 สายพันธุ์

ภาพ ก ไส้เดือนสายพันธุ์ *E. eugeniae*

ภาพ ข ไส้เดือนสายพันธุ์ *P. peguana*

## ระเบียบวิธีการทดลอง

### 1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ไส้เดือน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ *E. eugeniae* และสายพันธุ์ *P. peguana* สายพันธุ์ละ 2 กิโลกรัม ดังภาพประกอบที่ 1 และปุ๋ยคอก (มูลวัว) จำนวน 240 กิโลกรัม จากบ้านโนนสมบูรณ์ อ.ศรีสมเด็จ จ.ร้อยเอ็ด เศษวัสดุติดได้แก่ เศษผัก และเปลือกแตงโม ประเภทละ 2 กิโลกรัม/สัปดาห์ จากตลาดสด อ.เมือง จ. มหาสารคาม

### 2. การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบ

2.1 การศึกษาธาตุอาหารแบ่งการทดลองออกเป็น 6 ชุดการทดลอง ดังตารางที่ 1 โดยกระบวนการให้เลี้ยงไส้เดือนแสดงดังแผนภูมิที่ 1

## ตารางที่ 1 ชุดการทดลองและเงื่อนไขการทดลองต่างๆ

| ชุดที่ | เงื่อนไขการทดลอง                                   |
|--------|----------------------------------------------------|
| 1      | ไส้เดือนสายพันธุ์ <i>E. eugeniae</i> + เปลือกแตงโม |
| 2      | ไส้เดือนสายพันธุ์ <i>E. eugeniae</i> + เศษผัก      |
| 3      | ไส้เดือนสายพันธุ์ <i>E. eugeniae</i> + มูลวัว      |
| 4      | ไส้เดือนสายพันธุ์ <i>P. peguana</i> + เปลือกแตงโม  |
| 5      | ไส้เดือนสายพันธุ์ <i>P. peguana</i> + เศษผัก       |
| 6      | ไส้เดือนสายพันธุ์ <i>P. peguana</i> + มูลวัว       |

### 2.2 การเพาะเลี้ยงไส้เดือน

1. นำมูลวัวมาแช่น้ำเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการเปลี่ยนน้ำ ซ้ำ 5 ครั้ง ต่อ 1 วงบ่อซีเมนต์
2. นำมูลวัวที่ผ่านการแช่ มาผึ่งแดด ให้ความชื้นอยู่ระหว่าง 50-70 %
3. นำมูลวัวเทลงในวงบ่อซีเมนต์ให้สูงจากพื้น 3 นิ้ว
4. วางไส้เดือนในวงบ่อซีเมนต์ 1 กิโลกรัม ต่อ 1 บ่อ สายพันธุ์ละ 6 บ่อ รวมทั้งหมด 18 บ่อ

### 2.3 การให้อาหารไส้เดือน 1 กิโลกรัมต่อ 1 บ่อ

ซึ่งระยะเวลาในการให้อาหารแบ่งออกเป็น ดังนี้

1. เปลือกแตงโม 2 กิโลกรัม/ 5 วัน
2. เศษผัก 2 กิโลกรัม/สัปดาห์

จากนั้นนำเศษวัตถุดิบ (เปลือกแตงโมและเศษผัก) ใส่ลงไปในบ่อ และใส่ในครั้งถัดไปเมื่อเศษวัตถุดิบแต่ละชนิดย่อยสลายหมด

### 2.4 การเก็บปุ๋ยมูลไส้เดือน มีวิธีการคัดแยก ดังนี้

1. จดการให้อาหารไส้เดือน 1 สัปดาห์ เพื่อให้ความชื้นภายในบ่อลดลง
2. เกลี่ยมูลไส้เดือนลงบนถุงพลาสติก ผึ่งในที่ร่มประมาณ 3-5 วัน
3. นำมูลไส้เดือนที่แห้งมาร่อนด้วยตะแกรง แล้วนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

### 3. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและสมบัติทางเคมี

3.1 วิเคราะห์ธาตุฟอสฟอรัส โฟสเฟตสเคียม แมกนีเซียม และแคลเซียมโดยใช้เครื่อง X-ray Fluorescence จำนวนตัวอย่างละ 4 กรัม/ชุดการทดลอง

3.2 การวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจนด้วยวิธีเคเจดดาห์ล (Kjedhal method) โดยใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนตัวอย่างละ 0.2 กรัม ผสมแคตะลิสต์ ผ่านกระบวนการกลั่น และไทเทรต จากนั้นคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน ดังสมการที่ 1

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน} = \frac{(V_s - V_b) \times N \times 0.014 \times V_d}{W \times V_a} \times 100 \quad (1)$$

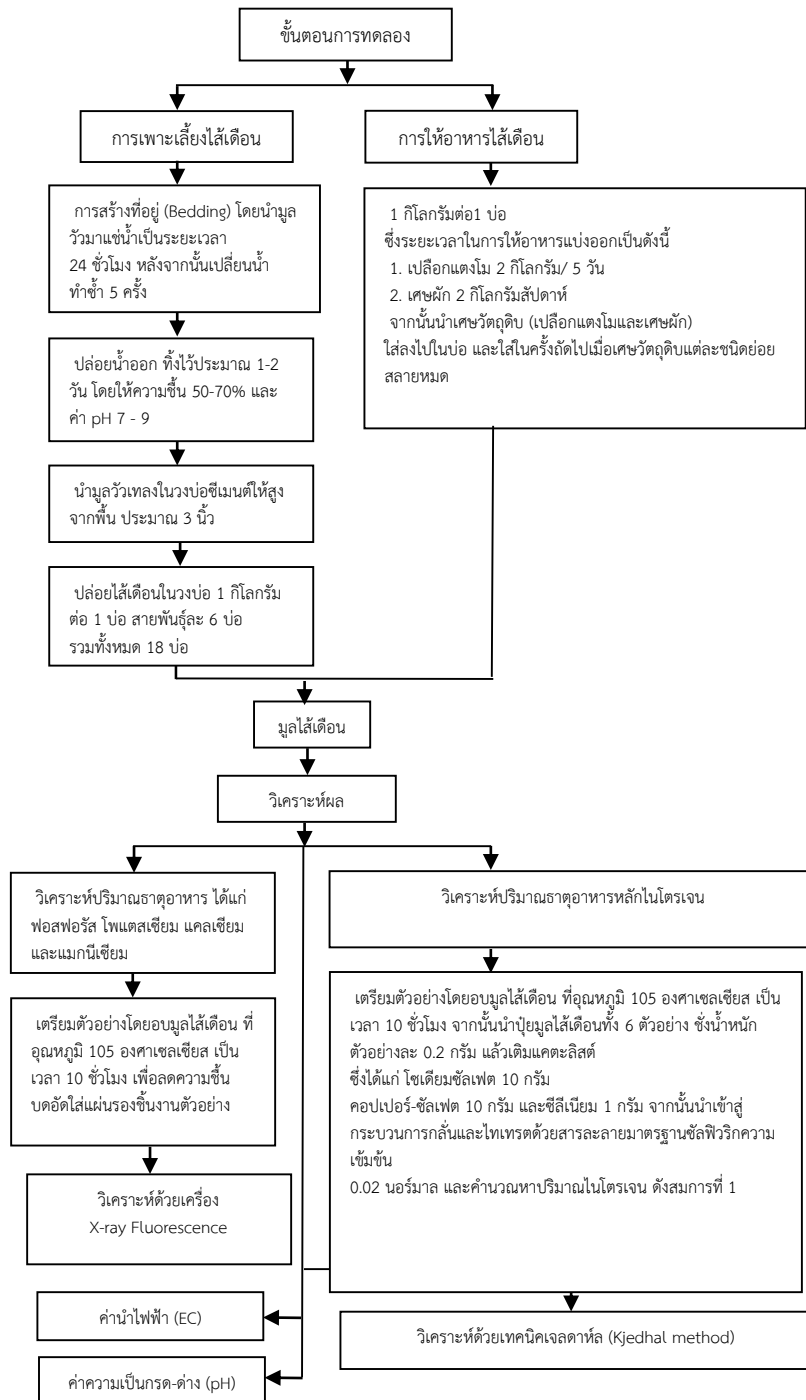
เมื่อ  $V_s$  คือ ปริมาตรสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่ใช้

ไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)  $V_b$  คือ ปริมาตรสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่ใช้ไทเทรต blank (มิลลิลิตร)  $N$  คือ ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกมาตรฐาน (0.02 นอร์มัล)  $V_d$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชที่ได้จากการย่อย สลาย (มิลลิลิตร)  $W$  คือ น้ำหนักตัวอย่างพืช (กรัม)  $V_a$  คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชที่ใช้ในการวิเคราะห์ (10 มิลลิลิตร)

3.3 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วย pH Meter และวิเคราะห์ ค่าการนำไฟฟ้าด้วย EC Meter โดยการนำปุ๋ยมูลไส้เดือนจำนวนตัวอย่าง 20 กรัม/ชุดการทดลอง เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้อัตราส่วน 1:5 จากนั้นคนสารละลายเป็นเวลา 30 วินาที และทิ้งไว้จนกว่าจะตกตะกอนแล้วจึงทำการทดสอบ

#### 4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial ชนิดแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design (CRD) ) อิทธิพลแบบคงที่ (Fixed effect model) มี 2 ปัจจัย คือ 1) ไส้เดือน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ไส้เดือนสายพันธุ์ *E.eugeniae* และ *P.peguana* และ 2) เศษวัสดุคอก 3 ชนิด ได้แก่ แดงโม เศษผัก และมูลวัว โดยแต่ละชุดการทดลอง ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ระยะเวลาในการทดสอบแปรผันตามการย่อยสลายของขยะอินทรีย์



แผนภูมิที่ 1 แผนผังขั้นตอนการทดลอง

## การวิเคราะห์ผล

ผลการวิเคราะห์จากปัจจัยที่ต้องการศึกษาได้แก่ 1) สายพันธุ์ไส้เดือน 2) เศษวัสดุคูป ที่ส่งผลต่อปริมาณธาตุและสมบัติทางเคมี แสดงผลดังต่อไปนี้ ดังตารางที่ 2 และ 3

### 1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารด้วยเทคนิค X-ray Fluorescence (XRF) ได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

**1.1 ธาตุฟอสฟอรัส** พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสองต่อปริมาณธาตุฟอสฟอรัส ( $p>.05$ ) และปัจจัยที่ 1 หรือ ปัจจัยที่ 2 มีผลต่อปริมาณธาตุดังกล่าว ( $p<.05$ ) ดังตารางที่ 3 โดยชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสมากที่สุด เท่ากับ 3.95 % และไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 4 แต่มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ส่วนชุดการทดลองที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 5 เท่ากับ 1.64 % ดังตารางที่ 2 สอดคล้องกับ Krishnamoorthy, (1990) กล่าวว่า การที่ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่แตกต่างกัน เนื่องจากชนิดของเศษวัสดุคูปที่ใช้ในการย่อยสลาย และกระบวนการของแบคทีเรียของเอนไซม์ในลำไส้ของไส้เดือน นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่ปนออกมากับปุ๋ยมูลไส้เดือน ยังสามารถสร้างเอนไซม์ฟอสตาเฟส ซึ่งมีส่วนช่วยให้ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสูงขึ้น และ Anonymous, (1992) กล่าวว่า การที่ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส เพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้ไส้เดือนควบคุมหรือย่อยสลายเศษวัสดุคูป และเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยมูลไส้เดือนทั้งสองสายพันธุ์กับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ผลปรากฏว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปริมาณธาตุ ฟอสฟอรัส ที่กำหนดไว้ ไม่ควรน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

**1.2 ธาตุโพแทสเซียม** พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสองต่อปริมาณธาตุโพแทสเซียม ( $p<.05$ ) ดังตารางที่ 3 โดยชุดการทดลองที่ 6 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 7.43% ในขณะที่ชุดการทดลองที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 1.21% ดังตารางที่ 2 สอดคล้องกับ Suthar & Singh, (2008) ได้กล่าวว่าความแตกต่างของปริมาณธาตุโพแทสเซียม เกิดจากความแตกต่างทางเคมีธรรมชาติ (Chemical nature) ของเศษวัสดุคูปที่ใช้ในการทดสอบ และ Edwards และคณะ, (1972) กล่าวว่า ปริมาณธาตุโพแทสเซียม ที่เกิดขึ้นหลังจากการทดลอง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ภายในลำตัวไส้เดือนผลิตภัณฑ์ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญทำให้ธาตุโพแทสเซียมอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยมูลไส้เดือนทั้งสองสายพันธุ์กับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ผลปรากฏว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดปริมาณธาตุโพแทสเซียม (K) ไม่ควรน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

ตารางที่ 2 ผลปริมาณธาตุอาหาร ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า

| ชุดการทดลอง | ธาตุอาหาร         |                   |                   |                   |                   | ค่ากรด-ด่างและค่าการนำไฟฟ้า (μs/cm) |                    |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------|
|             | P (%)             | K (%)             | Ca (%)            | Mg (%)            | N (%)             | pH                                  | EC                 |
| 1-E         | 3.95 <sup>a</sup> | 1.21 <sup>b</sup> | 3.52 <sup>a</sup> | 0.91              | 1.53              | 6.72                                | 4,434 <sup>a</sup> |
| 2-E         | 1.87              | 1.79              | 0.62 <sup>b</sup> | 0.11 <sup>k</sup> | 1.68 <sup>a</sup> | 6.86                                | 4,431              |
| 3-E         | 1.90              | 3.11              | 1.64              | 0.83              | 0.55              | 6.75                                | 3,400              |
| 4-P         | 3.66              | 1.24              | 3.39              | 0.98              | 1.58              | 6.87 <sup>a</sup>                   | 3,743              |
| 5-P         | 1.64 <sup>b</sup> | 5.26              | 1.37              | 1.60 <sup>a</sup> | 0.77              | 6.70                                | 2,763              |
| 6-P         | 1.73              | 7.43 <sup>a</sup> | 1.24              | 0.38              | 0.34 <sup>b</sup> | 6.69 <sup>b</sup>                   | 2,300 <sup>b</sup> |

หมายเหตุ : E คือ ไล่เดือนสายพันธุ์ *E.egeniae*, P คือ ไล่เดือนสายพันธุ์ *P.peguana*, a คือ ค่ามากที่สุด, b คือ ค่าน้อยที่สุด

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณธาตุ และสมบัติทางเคมี (กรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า) ที่ใช้สายพันธุ์ไล่เดือนและเศษวัสดุคืบ แตกต่างกัน

| ปริมาณธาตุ/สมบัติทางเคมี | Source      | df | SS     | Ms     | F         | P     |
|--------------------------|-------------|----|--------|--------|-----------|-------|
| ฟอสฟอรัส                 | สายพันธุ์   | 1  | .156   | .156   | 8.420     | .027* |
|                          | เศษวัสดุคืบ | 2  | 10.901 | 5.451  | 293.436   | .000* |
|                          | อิทธิพลร่วม | 2  | .008   | .004   | .210      | .816  |
| โพแทสเซียม               | สายพันธุ์   | 1  | 20.384 | 20.384 | 16986.778 | .000* |
|                          | เศษวัสดุคืบ | 2  | 32.929 | 16.465 | 13720.583 | .000* |
|                          | อิทธิพลร่วม | 2  | 10.320 | 5.160  | 4300.028  | .000* |
| แคลเซียม                 | สายพันธุ์   | 1  | .017   | .017   | 3.199     | .124  |
|                          | เศษวัสดุคืบ | 2  | 13.757 | 6.878  | 1303.976  | .000* |
|                          | อิทธิพลร่วม | 2  | .719   | .359   | 68.109    | .000* |
| แมกนีเซียม               | สายพันธุ์   | 1  | 6.720  | 6.720  | 3733.352  | .000* |
|                          | เศษวัสดุคืบ | 2  | 5.206  | 2.603  | 1446.000  | .041* |
|                          | อิทธิพลร่วม | 2  | 4.090  | 2.045  | 1136.074  | .009* |
| ไนโตรเจน                 | สายพันธุ์   | 1  | .385   | .385   | 110.724   | .000* |
|                          | เศษวัสดุคืบ | 2  | 2.602  | 1.301  | 374.349   | .000* |
|                          | อิทธิพลร่วม | 2  | .488   | .244   | 70.195    | .000* |

| ปริมาณธาตุ/สมบัติทางเคมี | Source      | df | SS      | Ms     | F         | P     |
|--------------------------|-------------|----|---------|--------|-----------|-------|
| กรด-ด่าง                 | สายพันธุ์   | 1  | .002    | .002   | .257      | .630  |
|                          | เพศวัตุดิบ  | 2  | .014    | .007   | 1.139     | .381  |
|                          | อิทธิพลร่วม | 2  | .050    | .025   | 3.942     | .081  |
| การนำไฟฟ้า               | สายพันธุ์   | 1  | 398707  | 398707 | 124272.43 | .000* |
|                          | เพศวัตุดิบ  | 2  | 4.083   | 4.083  | 9         | .000* |
|                          | อิทธิพลร่วม | 2  | 311111  | 155555 | 48484.901 | .000* |
|                          |             |    | 4.500   | 7.250  | 7495.530  |       |
|                          |             |    | 480963. | 240481 |           |       |
|                          |             |    | 167     | .583   |           |       |

หมายเหตุ \* คือ  $p < .05$

**1.3 ธาตุแคลเซียม** พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 3.52% และไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 4 แต่มากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ส่วนชุดการทดลองที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 0.62% ดังตารางที่ 2 เมื่อทดสอบทางสถิติ พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างทั้งสองปัจจัย ( $p < .05$ ) ต่อปริมาณธาตุแคลเซียม ดังตารางที่ 3 โดย Padmavathiamma และคณะ, (2008) กล่าวว่า ปริมาณธาตุแคลเซียม ในปุ๋ยมูลไส้เดือนเพิ่มขึ้นหลังจากที่ไส้เดือนย่อยสลายเศษวัตุดิบ เนื่องจากการเร่งปฏิกิริยาของกรดคาร์บอนิกแอนไฮเดรส (carbonic anhydrase) แสดงถึงการกระทำของต่อมแคลซิเฟอร์รัส (Calciferous glands) ซึ่งอยู่ภายในหลอดอาหาร (Esophagus) ของไส้เดือน ทำหน้าที่ดึงไอออนของแคลเซียม จากดินที่ปนมากับอาหาร และย่อยอาหารเพื่อส่งต่อไปยังลำไส้ ทำให้เกิดแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ปริมาณธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น

**1.4 ธาตุแมกนีเซียม** พบว่า ชุดการทดลองที่ 5 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 1.60% ส่วนชุดการทดลองที่ 2 มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 0.11% ดังตารางที่ 2 เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างทั้งสองปัจจัยต่อปริมาณธาตุแมกนีเซียม ( $p < .05$ ) ดังตารางที่ 3 โดย Nuhaa และคณะ, (2015) กล่าวว่า ปริมาณธาตุแมกนีเซียมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในช่วงที่จุลินทรีย์ภายในลำตัวไส้เดือนย่อยสลายเศษวัตุดิบ มีการผลิตเอนไซม์ในปริมาณที่มาก และ Sharma และคณะ, (2005) กล่าวว่า การใช้ไส้เดือนย่อยสลายเศษวัตุดิบ ทำให้ได้ปริมาณธาตุแมกนีเซียมที่สามารถนำไปประโยชน์ต่อพืชได้ ซึ่งปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปริมาณธาตุแมกนีเซียม คือ ชนิดของเศษวัตุดิบที่ใช้ในการทดลอง

## 2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจนด้วยวิธี

**คเจลดาห์ล (Kjeldahl method)** พบว่า ชุดการทดลองที่ 2 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.68% และไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 4 แต่มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ส่วนชุดการทดลองที่ 6 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.34% ดังตารางที่ 2 เมื่อทดสอบทางสถิติ พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างสองปัจจัยต่อปริมาณธาตุไนโตรเจน ( $p < .05$ ) ดังตารางที่ 3 โดย Nuha และคณะ, (2015) กล่าวว่า ชนิดของเศษวัตุดิบที่ไส้เดือนย่อยสลายมีผลต่อปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ได้รับ และ Gaur & Singh, (1995) กล่าวว่า ปริมาณ

ธาตุไนโตรเจน ในปัสสาวะได้เดือน ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุไนโตรเจนของเพศผู้เพศเมีย เพราะเพศผู้เพศเมียแต่ละชนิดมีปริมาณธาตุไนโตรเจนไม่เท่ากัน ในขณะที่ Suthar & Singh, (2008) กล่าวว่า ไข่เดือนทำให้ปริมาณธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น เนื่องจากโครงสร้างภายในไข่เดือนจะมีต่อมเมือก (Mucus) ซึ่งตั้งอยู่บริเวณปล้องที่ 3 และปล้องที่ 6 ของลำตัวไข่เดือน จึงมีการหลั่งเอนไซม์จากลำตัวของไข่เดือน (Body fluid enzymes) ทำให้ช่วงที่เกิดกระบวนการย่อยสลายเพศผู้เพศเมีย จะมีการสร้างไนโตรเจน (nitrogenous excretory products) โดยการเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นแอมโมเนีย ซึ่งอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำธาตุไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์ได้ และเมื่อเปรียบเทียบปัสสาวะได้เดือนทั้งสองสายพันธุ์กับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ผลปรากฏว่า ปัสสาวะได้เดือนในชุดการทดลองที่ 1 ชุดการทดลองที่ 2 และชุดการทดลองที่ 4 อยู่เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดว่าปริมาณธาตุไนโตรเจนไม่ควรน้อยกว่าร้อยละ 1 ของน้ำหนัก ส่วนชุดการทดลองที่ 3 ชุดการทดลองที่ 5 และชุดการทดลองที่ 6 ไม่อยู่ในเกณฑ์ มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายของไข่เดือนแต่ละสายพันธุ์ และลักษณะของเพศผู้เพศเมียที่ให้ความชื้นแปรปรวน ในด้านปริมาณเพศผู้เพศเมีย ที่ใช้ทำแต่ละครั้ง แปรตามช่วงเวลา สภาพดินฟ้าอากาศ ซึ่งสอดคล้องกับ ภาวนา สิกขานนท์, (2542) ที่กล่าวว่า เพศผู้เพศเมียที่นำมาทำเป็นปุ๋ยหมักไม่เป็นเนื้อเดียวกัน จึงทำให้ภายในกองปุ๋ยหมักไม่สม่ำเสมอ รวมทั้งภาชนะที่ใช้ในการทดลองก็อาจเกิดความชื้นแปรได้

### 3. ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่านำไฟฟ้าที่ได้จากปัสสาวะได้เดือน

3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสองต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ( $p>.05$ ) ดังตารางที่ 3 และปัจจัยที่ 1 หรือปัจจัยที่ 2 ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ( $p>.05$ ) ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 3 โดยชุดการทดลองที่ 4 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 6.87 และไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 2 แต่มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ส่วนชุดการทดลองที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 6 เท่ากับ 6.69 ซึ่งอานัฐ ตันโช (2548) กล่าวว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมของปัสสาวะได้เดือน คือ 6.0 - 8.0 และไข่เดือนจะสามารถมีชีวิตอยู่ได้ที่ระดับกรด-ด่าง 4.7 - 7.0 อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20 - 28 องศาเซลเซียส และ Edwards และคณะ, (1996) กล่าวว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง หลังการทดลองลดลงเนื่องจากการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ และกรดอินทรีย์เกิดขึ้นในช่วงที่จุลินทรีย์ของไข่เดือนย่อยสลายเพศผู้เพศเมีย และเมื่อเปรียบเทียบปัสสาวะได้เดือนทั้งสองสายพันธุ์กับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ผลปรากฏว่าอยู่เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดว่าค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่างช่วง 5.50 - 8.50

3.2 ค่าการนำไฟฟ้า พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 4,434  $\mu\text{S}/\text{cm}$  และไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 2 แต่มากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ส่วนชุดการทดลองที่มีค่าน้อยที่สุด คือ ชุดการทดลองที่ 6 เท่ากับ 2,300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ดังตารางที่ 2 เมื่อทดสอบทางสถิติ พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสองต่อค่าการนำไฟฟ้า ( $p<.05$ ) ดังตารางที่ 3 โดย Kaviraj & Sharma, (2003) กล่าวว่า ค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับน้ำหนักของอินทรีย์วัตถุ และปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในอินทรีย์วัตถุ และเมื่อเทียบปัสสาวะได้เดือนทั้งสองสายพันธุ์กับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ผลปรากฏว่าอยู่เกณฑ์มาตรฐาน ที่กำหนดว่าค่าการนำไฟฟ้า ไม่เกิน 6,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$

## สรุปผลและอภิปรายการวิจัย

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และค่าการนำไฟฟ้า พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างสายพันธุ์ไส้เดือนและเศษวัสดุคั่ว (p<.05) ส่วนธาตุฟอสฟอรัสและค่าความเป็นกรดต่าง พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างสายพันธุ์ไส้เดือนและเศษวัสดุคั่ว (p>.05) ดังนั้นจากการทดลองทั้ง 7 ประการ พบว่า ปริมาณธาตุอาหาร ค่าความเป็นกรด-ต่าง และค่าการนำไฟฟ้า แตกต่างกันไป โดยสรุป ชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณธาตุอาหาร ค่าความเป็นกรด-ต่าง และการนำไฟฟ้าดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ เนื่องจากไส้เดือนสายพันธุ์ *E. eugeniae* ได้รับเลือกแต่งโม ทำให้มีปริมาณธาตุอาหาร ค่าความเป็นกรด-ต่าง และค่าการนำไฟฟ้า มากกว่าหรือใกล้เคียงกับชุดการทดลองอื่นๆ ดังนั้นผู้วิจัยเสนอให้เลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์ *E. eugeniae* โดยใช้เปลือกแต่งโมเป็นอาหารเลี้ยงจะดีที่สุด เนื่องจากแต่งโมเป็นผลไม้ที่มีปริมาณแร่ธาตุหลายชนิด อีกทั้งกระบวนการแบคทีเรียของเอนไซม์ในลำไส้ของไส้เดือนยังส่งผลต่อปริมาณธาตุในปุ๋ยมูลไส้เดือนอีกด้วย

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม ที่ให้คำปรึกษาตลอดจนปรับแก้งานวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้คำแนะนำเครื่องวิเคราะห์ X-ray Fluorescence (XRF) และศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

- นิรันดร์ หิรัญสุข. (2547). *ศักยภาพของไส้เดือนดินสายพันธุ์ Pheretima peguana ในการย่อยสลายเศษวัสดุคั่วและการผลิตปุ๋ยหมักในสภาพเลียนแบบธรรมชาติ*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- ภาวนา ลิกขานนท์. (2542). *ปุ๋ยหมักและขบวนการเป็นปุ๋ยหมักในปุ๋ยหมักชีวภาพ*. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ เกษตร, กองปฐพีวิทยา, กลุ่มวิจัยจุลินทรีย์ดิน.
- รินภา เสี่ยงสาย และอรพรรณ ไวแพน. (2551). *การสกัดซิลิกาจากข้าวเจ้าชานอ้อย*. สาขาวิชาฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
- ศรีสม สุวรรณวงศ์. (ม.ป.ป). *การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อัมพร วัฒนชัยเสรีกุล. (2545). *การผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพโดยใช้ไส้เดือนดิน*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- อานัฐ ตันโช. (2548). *เทคนิคการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน*. ปทุมธานี : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- อานัฐ ตันโช. (2550). *ไส้เดือนดิน*. ปทุมธานี : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

- zof rakisorgum, 29<sup>th</sup> Meeting of Research Review Committee”. Report *Agricultural Chemistry and Soil Science.*, Mahatma Phule Krishi Vidyapeeth (MPKV), Rahuri, India.
- Deepika, S. and Surindra, S. (2012). “Vermicomposting of herbal pharmaceutical industry solid wastes”. *Ecological Engineering.* 36, 1-6.
- Edwards et al.. (1972). *Biology of earthworms.* Chapman and Hall, London.
- Edwards, C.A. and Bohlen, P.J.. (1996). *Biology of earthworm,* third ed. Chapman and Hall. New York/London.
- Gaur, A.C. and Singh, G. (1995). “Recycling of rural and urban waste through conventional and vermicomposting. In: Tondon, H.L.S. (Ed.), Recycling of Crop, Animal, Human and Industrial Waste in Agriculture”. *Fertilizer Development and Consultation Organization.* 31-49.
- Kaviraj and Sharma, S.. (2003). “Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworm”. *Bioresour Technol.* 90,169-173.
- Krisnamoorthy, R.V.. (1990). “Mineralization of phosphorus by faecal phosphatases of some earthworms of Indian tropic”. *Proceedings: Animal Sciences.* 99 (6), 509-518.
- Nuhaa, S. et al.. (2015). “Recovery of nutrient from municipal solid waste by composting and vermicomposting using earthworm *Eudrilus eugeniae*”. *Journal of Environmental Chemical Engineering.* 3 (4), 2931-2942.
- Padmavathiamma, P. K. et al.. (2008). “An experimental study of vermi- biowaste composting for agricultural soil improvement”. *Bioresource Technology.* 99 (6), 1672-1681.
- Sangwan, P. et al.. (2008). “Vermiconversion of industrial sludge for recycling the nutrients”. *Bioresource Technology.* 99, 8699-8704.
- Sharma, S. et al. (2005). “Potentiality of earthworms for waste management and in other Uses – A Review”. *The Journal of American Science.* 1 (1), 4-16.
- Suthar, S. and Singh, S.. (2008). “Vermicomposting of domestic waste by using two epigeic earthworms (*Perionyx excavatus* and *Perionyx sansibaricus*)”. *International Journal of Environment Science and Technology.* 5 (1), 99-106.
- Suthar, S.. (2008). “Bioremediation of aerobically treated distillery sludge mixed with cow dung by using an epigeic earthworm *Eisenia fetida*”. *The Environmentalist.* 28 (2), 76-84.
- Yadav, A. and Garg, V. K. (2013). “Nutrient Recycling from Industrial Solid Wastes and Weeds by Vermiprocessing Using Earthworms”. *Pedosphere.* 23 (5), 668-677.