อิทธิพลของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการปรับปรุงดินต่ออัตราการรอดของไส้เดือนดิน *Eisenia fetida* ในดินเค็ม

Influence of organic residues application on the survival rate of the earthworm, *Eisenia fetida* in saline soil

กนกรัตน์ พาแก้วมณี[1], ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย[1,2*], บุปผา โตภาคงาม[1], ปราณี สีหบัณฑ์[3] และ วิทยา ตรีโลเกศ[1]

Kanokrat Pakaewmanee[1], Chuleemas Boonthai Iwai[1,2*], Bubpha Topark-Ngam[1], Pranee Srihabun[3] and Vidthaya Trelo-ges[1]

บทคัดย่อ: ดินเค็มเป็นดินปัญหาที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมถึงกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน ส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง ซึ่งไส้เดือนดินมีบทบาทสำคัญต่อทรัพยากรดิน ช่วยฟื้นฟูปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน การใช้ไส้เดือนดินเริ่มมีการศึกษาและนำมาใช้ในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มมากขึ้น แต่ยังพบว่าอัตราการอยู่รอดของไส้เดือนดินในพื้นที่ดินเค็มมีค่าต่ำมาก การนำวัสดุอินทรีย์เข้ามาร่วมในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มด้วยนั้นอาจจะเป็นทางแก้ไขปัญหาได้ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการปรับปรุงดินเค็มต่ออัตราการรอดของไส้เดือนดิน *Eisenia fetida* โดยทำการเก็บตัวอย่างดินเค็มแบบทำลายโครงสร้าง(0-30 ซม.) ชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์ ในพื้นที่ดินเค็มบ้านกลาง จังหวัดขอนแก่น วางแผนการทดลองแบบ CRD 8 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ประกอบด้วยตำรับควบคุม (CT) , ปุ๋ยคอก (M) , ขุยไส้เดือนดิน (VC), ฟางข้าว (RS), M+VC, M+RS, VC+RS, และ M+VC+RS ใช้ไส้เดือนดินพันธุ์ *Eisenia fetida* ระยะเวลา 45 วัน ผลการศึกษาพบว่า ไส้เดือนดินมีอัตราการรอดสูงสุดและระยะยาวนานที่สุดตลอด 45 วัน ในตำรับขุยไส้เดือนดินร่วมด้วยฟางข้าว (C+RS) ที่ 0, 14, 28 และ 45 วัน 100%, 100%, 55.55% และ 33.33% ตามลำดับ รองลงมาเป็นตำรับปุ๋ยคอกร่วมด้วยฟางข้าว (M+RS) มีอัตราการรอดของไส้เดือนดิน ที่ 0, 14, 28 และ 45 วัน 100%, 55.55%, 33.33% และ 0% ตามลำดับ เนื่องจากในตำรับขุยไส้เดือนดินมีปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินเพิ่มสูงที่สุด (11.17%, 0.55 %) ค่า pH= 6.80 ลดลงรวมถึงปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มสูงขึ้นด้วย (7.51 mg/kg) นอกจาก ค่า EC ลดลง (5.00 dS/m) ค่า CEC เพิ่มขึ้นสูงที่สุด (35.85 Cmol/kg) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตำรับขุยไส้เดือนร่วมกับฟางข้าวเป็นวิธีที่ทำให้ไส้เดือนดินมีอัตราการรอดสูงสุดและยังช่วยเพิ่มลดความเค็มของดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งเป็นอีกแนวทางในการฟื้นฟูและปรับปรุงดินเค็มได้

คำสำคัญ: ดินที่ได้รับอิทธิพลของเกลือ, ไส้เดือนดิน *Eisenia fetida,* วัสดุอินทรีย์, อัตราการรอดตาย

Received April 23, 2019

Accepted June 10, 2019

[1]สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Department of Soil Science and Environment, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและดินแบบบูรณาการภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

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

[3] สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 จังหวัดขอนแก่น กรมพัฒนาที่ดิน

Land Development Office 5 in Khon Kaen provice, Land Development Department

* Corresponding author: Chuleemas1@gmail.com

ABSTRACT: Saline soil is a problem soil in Northeast, Thailand. The saline soil affected on soil fertility, activities of organism and productivity. Earthworms may be used for soil rehabilitation and can improve soil fertility. However, the survival rate of earthworm in salt-affected soil is low. Organic residues may help to support the solution. Therefore, the objective of this research was to study the Influence of organic residues application on the survival rate of the earthworm *Eisenia fetida* in saline soil. Soil samples used in this study were collected. It was Thungsamrit soil series. The study was laid out based on complete randomized design (CRD) with 3 replications. Eight treatments included Control (CT), Manure (M), Cast of earthworms (VC), Rice straw (RS), M + VC, M + RS, VC + RS and M + VC + RS were used and the survival rate of earthworm was monitored for 45 day. The results showed that the high survival rate was found in the VC + RS treatment followed by the M+RS treatment due to high OM (11.17%), N (0.55%), K(7.51 mg/kg) and CEC (35.85 Cmol/kg) in the C+RS treatment and decreased pH (6.80) and EC (5.00 dS/m).The organic residues (vermicompost and rice straw) application in saline soil was the best solution to reclamation saline soil because high survival rate of earthworm and also could improve soil fertility and decreased pH and EC.
Keywords: salt affected soil, earthworm *(Eisenia fetida)*, organic materials, survival rate

บทนำ

ดินเค็ม (saline soil) เป็นดินปัญหาที่พบได้ทั่วไปและกระจายอยู่เกือบ ทุกพื้นที่โดยประมาณ 20% ของพื้นที่การเพาะปลูกทางการเกษตรทั้งหมดของโลก (Iwai et al., 2012) สภาพการเกิดพื้นที่ดินเค็มและการแพร่กระจายพื้นที่ดินเค็มในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีเนื้อที่ 105.5 ล้านไร่ หรือประมาณ หนึ่งในสามของพื้นที่ประเทศ โดยมีการกระจายตัวตั้งแต่ระดับความเค็มน้อย เค็มปานกลาง และเค็มมาก บริเวณพื้นที่ดินเค็มนั้นจะมีความชื้นสูงกว่าบริเวณพื้นที่ดินไม่เค็ม เนื่องจาก ระดับน้ำใต้ดินอยู่ในระดับตื้นกว่าบริเวณพื้นที่ดินไม่เค็ม แต่ความชื้นที่สูงนั้นพืชไม่สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ เนื่องจากน้ำใต้ดินที่อยู่ระดับตื้นนั้นมีเกลือละลายอยู่สูงทำให้พืชดูดใช้น้ำได้ยากขึ้น และมีปรากฏคราบเกลือปกคลุมบริเวณผิวหน้าดิน ในช่วงฤดูแล้ง ส่งผลให้พืชพรรณที่ขึ้นปกคลุมพื้นที่ดินเค็มลดลง (Puengpan et al., 1990 อ้างใน ชุลีมาศ และคณะ, 2560) นอกจากนั้นความเค็มของดินนั้นยังส่งผลต่อกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน (Jun et al., 2012) ดังนั้นดินเค็มจึงส่งกระทบอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืช และปริมาณผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ จากการศึกษาของ) Owojori and Reinecke (2009) ศึกษาการใช้ไส้เดือนดิน เพื่อการฟื้นฟูและปรับปรุงคุณสมบัติของดินเค็ม พบว่า ไส้เดือนดิน พันธุ์ *Eisenia fetida* มีอัตราการรอดสูงในพื้นที่ดินเค็มและ สามารถลดความเค็มของดินและช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน ส่งผลให้พืชพรรณเจริญเติบโตผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งไส้เดือนดินเป็นสัตว์หน้าดินที่ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ดิน คือเพิ่มความพรุนให้กับดิน ช่วยถ่ายเทอากาศ ลดความหนาแน่นของดิน และระบายน้ำได้ดีขึ้น คุณสมบัติทางชีวภาพของดิน คือช่วยในการกัดแทะเศษซากอินทรีย์ขนาดใหญ่ให้เล็กลง ส่งเสริมความหลากหลาย และแพร่กระจายของจุลินทรีย์ นอกจากนั้น การสร้างขุยไส้เดือนดินเป็นการส่งเสริมให้เกิดเม็ดดิน ช่วยให้โครงสร้างแข็งแรง ส่งผลให้มีการกักเก็บอินทรียวัตถุและคาร์บอนในดินได้ดี และจากการย่อยสลายเศษซากอินทรีย์จะปลดปล่อยธาตุอาหารของมาให้กับดิน ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางเคมีของดิน (Jun et al., 2012; อานัฐ, 2549; อัจฉราวดี และคณะ, 2559) ซึ่งเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน แต่ความเค็มของดินมีผลกระทบต่อไส้เดือนดิน (ชุลีมาศ และคณะ, 2554 อ้างใน ชุลีมาศ และคณะ, 2560) ซึ่ง Bright and Addison (2002) ได้ศึกษาไว้ว่าไส้เดือนดินมีความอ่อนไหวต่อพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ง่าย ซึ่งความเค็มของดินส่งผลให้จำนวนของไส้เดือนดินลดลง จากการศึกษาของ Oo et al. (2015) ตำรับการทดลองที่มีการใส่ซากมันสำปะหลัง ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับไส้เดือนดิน พบว่าอินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่มีแค่ไส้เดือนดินอย่างเดียว Kusmiyati et al. (2018) ได้นำปุ๋ย

คอกปรับปรุงพื้นที่ดินเค็มที่มีการปลูกต้นแค (*S. grandiflora*) พบว่าต้นแคมีการเจริญเติบโตและจำนวนใบเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Wu et al. (2013) พบว่าฟางข้าวช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมของดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน และความชื้นของดิน เมื่อร่วมด้วยกับขุยไส้เดือนดิน ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้นอีกด้วย การใช้ไส้เดือนดินเริ่มมีการศึกษาและนำมาใช้ในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มมากขึ้น แต่ยังพบว่าการอยู่รอดของไส้เดือนดินในพื้นที่ดินเค็มต่ำ การนำวัสดุอินทรีย์เข้ามาร่วมในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มด้วยนั้นอาจจะเป็นทางแก้ไขปัญหาได้

ดังนั้นนำไปสู่วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือศึกษาอิทธิพลของวัสดุอินทรีย์ที่แตกต่างกันต่ออัตราการรอดของไส้เดือนดิน *Eisenia fetida* ในพื้นที่ดินเค็ม และศึกษาอิทธิพลของวัสดุอินทรีย์ที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินเค็มซึ่งคาดว่าข้อมูลของการศึกษานี้จะเป็นข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการฟื้นฟูปรับปรุง และพัฒนาพื้นที่ดินเค็มต่อไป

วิธีการศึกษา

ศึกษาอิทธิพลของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการปรับปรุงดินเค็มต่ออัตราการรอดของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia fetida*

เก็บตัวอย่างดินแบบทำลายโครงสร้าง ที่ความลึก 0-30 ซม. จากพื้นที่ ตำบล หัวหนอง อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็นพื้นที่ดินเค็มจัด ชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์ (Tsr Series) (คุณสมบัติของดิน เนื้อดิน (Texture) เป็นดินเหนียว (Clay) ความหนาแน่นของดิน (Bulk density) 2.22 g/cm^3 ความชื้นของดิน (Moisture) 22.29 % pH=7.49 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) 6.4 dS/m ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) 3.71 % Total N 0.17% Available P 3.77 mg/kg และ Exchangeable K 67.44 mg/kg) นำตัวอย่างดินผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 ม.ม. เตรียมตัวอย่างดินทดลองโดยทำการชั่งดิน 150 ก. ตามวิธีการของ (ชุลีมาศและคณะ, 2560) ไส้เดือนดินจำนวน 10 ตัวต่อมวลดินแห้ง 500-600 ก. (ไส้เดือนดิน 1 ตัว ต่อดิน 50-60 ก.)ลงในกล่องพลาสติกใส 11×9 ซม. ปริมาตร 650 มล. จากนั้นเตรียมวัสดุอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยคอก (Manure) ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 ม.ม. ขุยไส้เดือนดิน (Earthworm cast) และ ฟางข้าว (Rice straw) ตัดให้มีขนาด 2.5 ซม. นำมาคลุกเคล้าให้เข้ากันกับวัสดุอินทรีย์ รดน้ำ DI ที่และควบคุมความชื้นประมาณ 50 % WHC ทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อปรับสมดุลของดิน ก่อนปล่อยไส้เดือนดิน พันธุ์ *Eisenia fetida* จำนวน 3 ตัว. จากนั้นคลุมปากกล่องพลาสติกใสด้วยผ้าขาวบาง ให้น้ำ (DI) ทุก ๆ 2 วัน ครั้งละ 30 มิลลิลิตร. เก็บข้อมูลอัตราการรอดของไส้เดือนดินโดยการเทดินที่ผสมกับวัสดุอินทรีย์ในอัตราต่างๆ ออกมาใส่ในกระบะสะอาดว่างเปล่าเพื่อนับจำนวนไส้เดือนดิน จากนั้นเทดินที่ผสมกับวัสดุอินทรีย์กลับคืนสู่กล่องพลาสติกใสที่ทำการทดลอง รดน้ำและ ปิดปากกระถางด้วยผ้าขาวบาง ทำเช่นนี้ทุกๆ ตลอดการทดลอง 45 วัน (ช่วงเวลาทำการทดลอง เดือน มีนาคม-พฤษภาคม 2561) โดยจะมีการเก็บข้อมูลไส้เดือนดิน วันที่ 0, 14, 28, 45

การเก็บตัวอย่างไส้เดือนดิน

ทำการเก็บตัวอย่างไส้เดือนดินที่ระยะเวลา 45 วัน โดยสำรวจอัตราการรอดของไส้เดือนดิน (survival rate) โดยคำนวณจากสมการ

% A = (B-C/B)*100

A=เปอร์เซ็นต์การรอดของไส้เดือนดินในดินเค็ม (Survival response)

B=จำนวนไส้เดือนดิน (ตัว) ทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง (Total number of worms exposed)

C=จำนวนไส้เดือนดิน (ตัว) ที่มีการตายในดินเค็ม (Number of worm in untreated soil)

การเตรียมไส้เดือนดิน

ซึ่งการคัดเลือกไส้เดือนดิน พันธุ์ *Eisenia fetida* โดยเลือกตัวที่สมบูรณ์ แข็งแรง และตัวเต็มวัยที่แสดงไคเทียลัม (ระบบการขยายพันธุ์) ที่ชัดเจนหรือมีขนาดใกล้เคียง โดยใส่ไส้เดือนดินน้ำหนัก 13 ก./กระถาง (อาภรณ์ และ ชุลีมาศ, 2561)

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 8 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับการทดลองที่ 1 (ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย CT) ดินที่ไม่มีการใส่วัสดุอินทรีย์

ตำรับการทดลองที่ 2 (ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย M) ดินที่มีการใส่ปุ๋ยคอก 50 ก.

ตำรับการทดลองที่ 3 (ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย VC) ดินที่มีการใส่ขุยไส้เดือนดิน 50 ก.

ตำรับการทดลองที่ 4 (ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย RS) ดินที่มีการใส่ฟางข้าว 10 กรัม

ตำรับการทดลองที่ 5 (ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย VC+M) ดินที่มีการใส่ขุยเดือนดิน 50 ก. กับปุ๋ยคอก 50 ก.

ตำรับการทดลองที่ 6 (ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย M+RS) ดินที่มีการใส่ปุ๋ยคอก 50 ก. กับฟางข้าว 10 ก.

ตำรับการทดลองที่ 7 (ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย VC+RS) ดินที่มีการใส่ขุยไส้เดือนดิน 50 ก. กับฟางข้าว 10 ก.

ตำรับการทดลองที่ 8 (ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย M+VC+RS) ดินที่มีการใส่ปุ๋ยคอก 50 ก. ขุยไส้เดือนดิน 50 ก. กับฟางข้าว 10 ก.

การวิเคราะห์คุณสมบัติดิน

เก็บตัวอย่างดินในกล่องหลังการเก็บตัวอย่างไส้เดือนดินเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ของดินในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ pH (1:1 H_2O), Electrical conductivity (1:5 H_2O)(EC), Organic matter วิธี Walkley and Black (Walkley and Black, 1934), ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน วิธี Kjeldahl method, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ วิธี Bray II, โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ วิธี สกัดด้วย 1 N NH4 OAc pH 7 แล้ววิเคราะห์ด้วย atomic absorption spectophotometer (AAS) (Richard, 1954)

การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกข้อมูลอัตราการรอดของไส้เดือนดินที่ระยะเวลา 0, 14, 28 และ 45 หลังจากปล่อยไส้เดือนดินและเก็บตัวอย่างดินหลังการทดลอง การเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติหลังทำการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลการวิเคราะห์ดิน ตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างตำรับการทดลอง (treatment) ด้วยวิธี LSD (Least significant different) การวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรม Statistic 10

ผลการศึกษาและวิจารณ์

อิทธิพลของวัสดุอินทรีย์ที่แตกต่างกันต่ออัตราการรอดของไส้เดือนดิน *Eisenia fetida* ในพื้นที่ดินเค็ม

จากผลการศึกษาอิทธิพลของวัสดุอินทรีย์ที่แตกต่างกันต่ออัตราการรอดของไส้เดือนดิน *Eisenia fetida* ในพื้นที่ดินเค็ม พบว่า ไส้เดือนดิน *Eisenia fetida* มีอัตราการรอดมากที่สุดในตำรับขุยไส้เดือนดิน+ฟางข้าว (VC+RS) รองลงมาคือ ตำรับปุ๋ยคอก+ฟางข้าว (M+RS) นั้น โดยที่ 0 วัน ไส้เดือนดินของทั้งสองตำรับการทดลอง มีอัตราการรอด 100% ที่ 14 วัน ไส้เดือนดินในตำรับขุยไส้เดือนดิน+ฟางข้าว (VC+RS) มีอัตราการอด 100% เมื่อเทียบกับ ตำรับปุ๋ยคอก+ฟางข้าว (M+RS) ที่มีอัตราการรอด 55.55 % ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับ ที่ 30 วัน ตำรับขุยไส้เดือนดิน+ฟางข้าว (VC+RS) มีอัตราการรอดลดลง เป็น 55.55 % แต่ยังมีอัตราการรอดมากกว่า ตำรับปุ๋ยคอก+ฟางข้าว (M+RS) ที่มีอัตราการรอดลดลงเช่นกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และที่ 45 วัน ตำรับขุยไส้เดือนดิน+ฟางข้าว (VC+RS) มีอัตราการรอดลดลง เป็น 44.44% และยังมีอัตราการรอดมากกว่า ตำรับปุ๋ยคอก+ฟางข้าว (M+RS) ที่มีอัตราการรอดลดลงและไม่มีอัตราการรอดของไส้เดือนดิน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1)

จากข้างต้นพบว่าตำรับที่มีอัตราการรอดของไส้เดือนดินมากที่สุด ได้แก่ ขุยไส้เดือน**+**ฟางข้าว และ ปุ๋ยคอก**+**ฟางข้าวจาก (**Figure 1**) ทั้งสองตำรับมีความคล้ายคลึงกันคือ ฟางข้าว เป็นผลให้มีอัตราการรอดของไส้เดือนดินมากและอาศัยในดินเค็มได้ยาวนานกว่าเปรียบเทียบกับอีก 6 ตำรับ ไม่พบอัตราการรอดของไส้เดือนดิน เนื่องจากฟางข้าวมีคุณสมบัติช่วยลดการระเหยน้ำของดิน รักษาความชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินกิจกรรมของไส้เดือนดิน สอดคล้องกับ Yang et al. (2010) พบว่าฟางข้าวช่วยเพิ่มความพรุนของดิน ซึ่งฟางข้าวขนาด 20 ซม. ส่งผลให้ดินมีความพรุนสูงสุด 46.6% รองลงมาคือ 15 ซม. และ 10 ซม. ส่งผลต่อความพรุนของดิน 44.4 % และ 41.2% ตามลำดับเมื่อเทียบกับดินที่ไม่มีการใส่ฟางข้าว 39.9% การเพิ่มขึ้นของรูพรุนของดินเป็นการเพิ่มช่องว่างขนาดใหญ่ของดิน เพิ่มช่องทางการนำ

น้ำของดินส่งผลให้ดินมีความชื้นเพิ่มขึ้น และช่วยลดความเค็มของดิน ส่วนตำรับที่มีขุยไส้เดือนนั้นส่งผลให้อัตราการรอดของไส้เดือนดินมากกว่าและสามารถอยู่ได้ระยะเวลานานกว่าตำรับที่มีปุ๋ยคอก เนื่องจาก ขุยไส้เดือนดิน ส่งผลให้ดินมีการกักเก็บอินทรียวัตถุและคาร์บอนในดินได้ดี (ซุลีมาศ และคณะ, 2554) สอดคล้องกับ (Subler et al., 1998 อ้างโดย นันทวุฒิ, 2560) กล่าวว่า ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินมีธาตุอาหารในรูปแบบที่พร้อมดูดซึมสำหรับพืช มูลไส้เดือนดินมีจำนวนจุลินทรีย์หลากหลายชนิดมากกว่าที่พบในปุ๋ยหมัก นอกจากนั้น ขุยไส้เดือนยังมีคุณสมบัติช่วยอุ้มน้ำในดิน จากงานทดลองของ Kiefer (2012) กล่าวว่าตำรับที่มีขุยไส้เดือนดิน มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงที่สุด จึงส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินและ pH ของดินลดลงด้วย คล้ายคลึงกับ Oo et al. (2015) ตำรับที่มีการใส่ซากมันสำปะหลัง ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับไส้เดือน

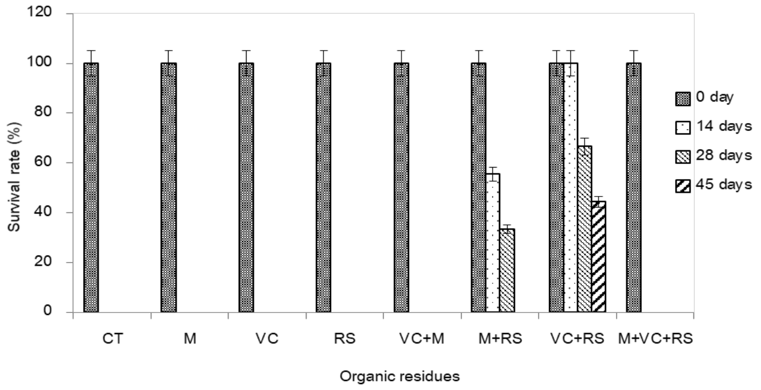

Fig. 1. Survival rate of earthworm *Eisenia fetida* in salt affected soil with organic materials for 45 day CT= Control, M= Manure, VC= Vermicompost Cast, RS= Rice straw, VC+M= Vermicompost + Manure, M+RS= Manure+ Rice straw, VC+RS= Vermicompost + Rice straw และ M+VC+RS= Manure+ Vermicompost + Rice straw

Table 1 The percentage of earthworm *(Eisenia foetida)* survival (compare during treatment have the most survival rate)

treatment	Percentage of earthworm survival (%)			
	0 day	14 day	30 day	45 day
Manure(cow) with out rice straw (M+RS)	100±0	55.55±29.63	33.33±0	0±0
Vermicompost with out rice straw (VC+RS)	100±0	100±0	55.55±22.22	44.44±37.04
F-test	-	ns	ns	ns
CV(%)	-	34.99	30.62	162.02

Remark: In the same column followed by the same lower case letters are not significantly by Least-significant difference (LSD)

ดินนั้นพบว่าอินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่มีแค่ไส้เดือนดินอย่างเดียว เมื่อดินมีความอุดมสมบูรณ์มีอาหารเพียงพอ สิ่งมีชีวิตก็จะสามารถดำรงชีวิตในพื้นที่นั้นได้และเป็นตัวชี้วัดทางด้านชีวภาพถึงความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่นั้น แต่จากผลการทดลองนั้นพบว่า ช่วงระยะเวลาการอยู่รอดทั้ง 45 วันของ ทั้งสองตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (**Table1**)

อิทธิพลของวัสดุอินทรีย์ที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินเค็ม

ขุยไส้เดือนดินเป็นผลผลิตที่ได้จากการย่อยอาหารของไส้เดือนดิน โดยไส้เดือนดินย่อยสลายสารอินทรีย์และอนินทรีย์ โดยการทำให้แตกและบดให้ละเอียดจากกระบวนการย่อยสลายในลำตัวของไส้เดือนดินเกิดเป็นวัสดุคล้ายของแข็งที่มีความชื้นคล้ายดินเลน มีความร่วนและพรุน อากาศแทรกซึมและอุ้มน้ำได้ดี กระบวนการนี้ช่วยให้การทำงานของจุลินทรีย์เพิ่มสูงขึ้นและเป็นการการเพิ่มกระบวนการเร่งให้เกิดอัตราการย่อยสลายให้เร็วยิ่งขึ้น เรียกกระบวนการ ฮิวมิฟิเกชั่น (humification) คือการทำให้สารอินทรีย์ที่ย่อยสลาย เช่น พืช หรือสัตว์ที่เน่าเปื่อย ถูกกระบวนการใช้ออกซิเจนทางชีวภาพ ทำให้กลายเป็นสารที่เป็นประโยชน์ ต่อพืช คือ สารฮิวมัส ซึ่งมีความสำคัญในการกักเก็บและปลดปล่อยธาตุอาหาร (Tripathi and Bhardway, 2004 อ้างโดย นันทวุฒิ, 2560) จากการศึกษาอัตราการอยู่รอดของไส้เดือนดินที่ได้กล่าวข้างต้นนั้น ตำรับ ขุยไส้เดือน+ฟางข้าว และตำรับ ปุ๋ยคอก+ฟางข้าว ส่งผลให้อัตราการรอดของไส้เดือนมากที่สุดตามลำดับ ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีบางประการของดิน ที่พบว่า ตำรับขุยไส้เดือนดิน+ฟางข้าว และตำรับ ปุ๋ยคอก+ฟางข้าว pH ค่าการนำไฟฟ้าของดินมีแนวโน้มลดลง 6.80, 6.93 และ 5.14, 5.14 dS/m ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) แสดง (**Table 2**) นอกจากนั้น ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้น โดยที่ ตำรับขุยไส้เดือน+ฟางข้าว เพิ่มขึ้นสูงที่สุด 11.17 % เมื่อเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) ในขณะที่ ตำรับปุ๋ยคอก+ฟางข้าว เพิ่มขึ้น 5.53 % ซึ่งน้อยกว่าตำรับขุยไส้เดือนดิน+ฟางข้าว จาก (**Table 2**) พบว่าตำรับที่มีขุยไส้เดือนดินนั้นส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้นมากเมื่อเทียบกับตำรับอื่นๆ เช่นเดียวกับธาตุอาหารหลัก (Macronutrient) ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าตำรับปุ๋ยคอก+ฟางข้าว 0.55 %, 0.28 %, 58.38 mg/kg, 47.23 mg/kg, 7.51 mgl/kg, 4.17 mgl/kg, 34.24 Cmol/kg และ 31.24 Cmol/kg ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) แสดงให้เห็นว่าขุยไส้เดือนดินช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับอัตราการรอดของไส้เดือนดิน แสดงดัง (**Figure 1**) และ (**Table 1**) Chaoui et al. (2003) การปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนสูงที่สุดในตำรับขุยไส้เดือนดินรองลงมาคือตำรับปุ๋ยหมัก จากการเพิ่มขึ้นของธาตุฟอสฟอรัสและธาตุโพแทสเซียมที่พบในขุยไส้เดือนดินและปุ๋ยหมักสะท้อนถึงการปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์ แสดงให้เห็นว่าทั้งขุยไส้เดือนดินและปุ๋ยหมักต่างช่วยเสริมแหล่งของธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียม รวมไปถึง ธาตุไนโตรเจน นอกจากนั้นตำรับที่มีการใส่ฟางข้าวส่งผลทำให้ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินอยู่ในปริมาณที่สูง สอดคล้องกับ Yang et al. (2010) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน และปริมาณอินทรียวัตถุต่างเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ฟางข้าวร่วมด้วย ซึ่งผลของการเพิ่มขึ้นเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุอาหารจากดิน

อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีดินบางประการต่ออัตราการรอดของไส้เดือนดิน *Eisenia fetida*

จากการทดลอง พบว่า ตำรับขุยไส้เดือนดิน+ฟางข้าว (VC+RS) มีค่า pH=6.80 และตำรับปุ๋ยคอก+ฟางข้าว (M+RS) มีค่า pH=6.93 (**Table 2**) เป็นผลให้ไส้เดือนดินพันธุ์ *Eisenia fetida* มีอัตราการรอดมากที่สุด และปริมาณโพแทสเซียมยังเพิ่มขึ้นอีกด้วย ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia fetida* จะสามารถอาศัยอยู่ในดินที่มีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.7-7.0 แต่ค่าpH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ

Table. 2 pH, electrical conductivity and macro nutrients concentration of the saline soil with organic materials to survival rate of earthworm (*Eisenia fetida*)

Treatments	Soil chemical properties						
	pH (1:1 H_2O)	EC(1:5 H_2O) dS/m	OM(%)	Total N(%)	Avail.P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	CEC (Cmol/kg)
CT	7.17±0.04b	6.40±0.23a	4.14±0.24e	0.16±0.04d	13.43±0.54f	0.45±0.21g	34.20±0.37b
M	7.30±0.00a	6.26±0.25ab	9.49±0.22b	0.48±0.04ab	58.52±0.24c	3.02±0.15d	32.57±0.39c
RS	6.97±0.04c	6.01±0.19b	4.62±0.19e	0.23±0.01cd	20.62±0.88e	2.11±0.26e	35.85±0.12a
VC	7.13±0.04b	5.02±0.03c	5.52±0.36d	0.28±0.01c	59.99±0.51b	1.16±0.03f	30.03±0.21e
M+VC	7.00±0.00c	5.21±0.18c	8.46±0.44c	0.42±0.01b	63.25±0.10a	3.52±0.22d	32.29±0.16c
M+RS	6.93±0.04cd	5.14±0.01c	5.53±0.32d	0.28±0.02c	47.23±0.74d	4.17±0.37c	31.19±0.32d
VC+RS	6.80±0.00e	5.14±0.004c	11.17±0.89a	0.55±0.03a	58.38±0.72c	7.51±0.19a	34.24±0.20b
M+VC+RS	6.87±0.04de	5.00±0.01c	9.90±0.97b	0.46±0.05b	59.43±0.72bc	5.49±0.35b	34.23±0.34b
Mean	7.02	5.53	7.35	0.36	47.61	3.43	33.08
F-test	**	**	**	**	**	**	**
CV(%)	0.65	3.38	5.73	11.05	1.76	9.71	1.16

CT= Control, M= Manure, VC= Vermicompost, RS= Rice straw, VC+M= Vermicompost + Manure, M+RS= Manure+ Rice straw,

VC+RS= Vermicompost + Rice straw and M+VC+RS= Manure+ Vermicompost + Rice straw

**= Sngnificant different at 0.01 ($P \leq 0.01$) probability level

ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia fetida* คือช่วงค่า pH ระหว่าง 6.7-8.0 (อานัฐ, 2549) ซึ่งการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของ pH ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุอินทรีย์ โดยค่า pH ลดลง เนื่องการสะสมของกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างการย่อยสลายสารประกอบ polysaccharides (Nuhaa et al., 2015)

นอกจากนั้น (**Figure 3-8**) พบว่าตำรับขุยไส้เดือนดิน+ฟางข้าว (VC+RS) มีค่าความเค็มของดินลดลง ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และ ค่าการแลกเปลี่ยนแคตไอออน เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ (Orozco et al.,1996) อ้างโดย สุลีลักษณ์ และสุชาดา (2557) กล่าวว่าปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นอย่างมากในรูปที่เป็นประโยชน์กับพืช เช่น ไนเตรต ฟอสเฟต แคลเซียม และโพแทสเซียม

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรอดของไส้เดือนดินที่สำคัญคือ คุณสมบัติทางเคมีของดิน ที่มีการใส่อินทรียวัตถุร่วมด้วยในการปรับปรุงบำรุงดินเค็ม พบว่า ดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าของดินต่ำ ส่งผลให้อัตราการรอดของไส้เดือนดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการนำฟ้าของดินที่สูงกว่าในตำรับทดลองอื่นๆ อย่างไรก็ตาม ความอุดมสมบูรณ์และปริมาณธาตุอาหารหลักยังเป็นอีกปัจจัยในการช่วยให้อัตราการรอดของไส้เดือนเพิ่มมากขึ้น เช่นกัน (**Figure 9-10**) แสดงถึงความสัมพันธ์ของอิทธิพลของวัสดุอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีดินบางประการต่ออัตราการรอดของไส้เดือนดินพันธุ์ แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ และ ปริมาณไนโตรเจนที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราการรอดของไส้เดือนดินที่มีอัตราการรอดเพิ่มขึ้น เมื่อมีปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้น

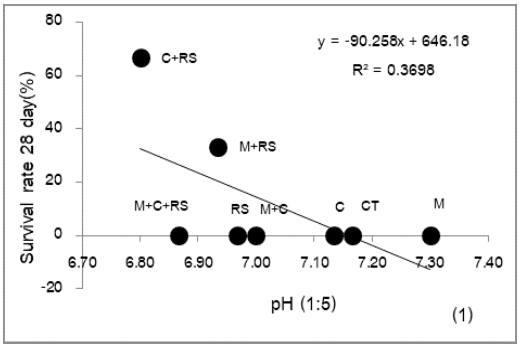

Fig. 2. Relationship between pH (1:1) and survival rate at 28 day of earthworm

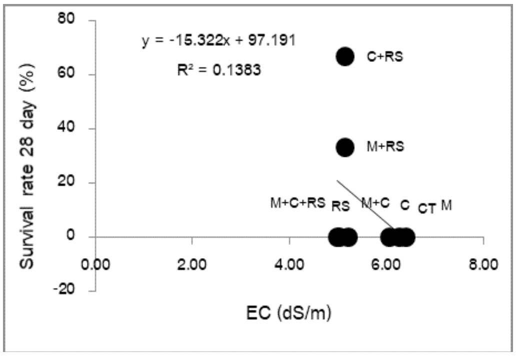

Fig. 3. Relationship between EC (dS/m) and survival rate at 28 day of earthworm

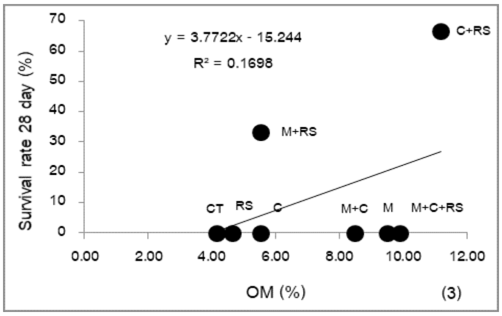

Fig. 4. Relationship between Organic matter (%) and survival rate at 28 day of earthworm

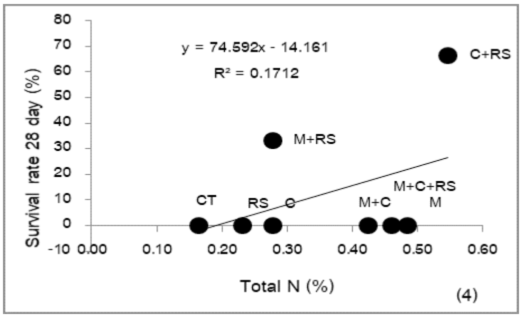

Fig. 5. Relationship between Total nitrogen (%) and survival rate at 28 day of earthworm

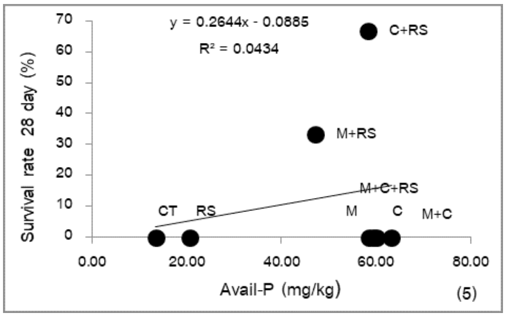

Fig. 6. Relationship between Avail-P (mg/kg) and survival rate at 28 day of earthworm

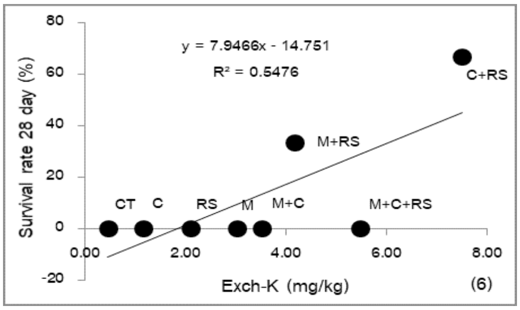

Fig. 7. Relationship between Exch-K (mg/kg) and survival rate at 28 day of earthworm

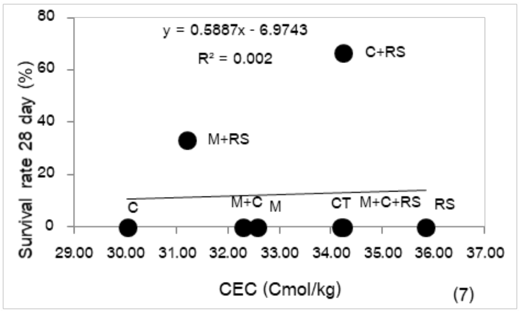

Fig. 8. Relationship between CEC (Cmol/kg) and survival rate at 28 day of earthworm

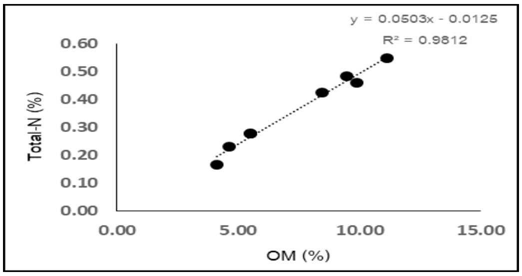

Fig. 9 Relationship between Organic matter (%) and Total nitrogen (%) to survival rate of earthworm

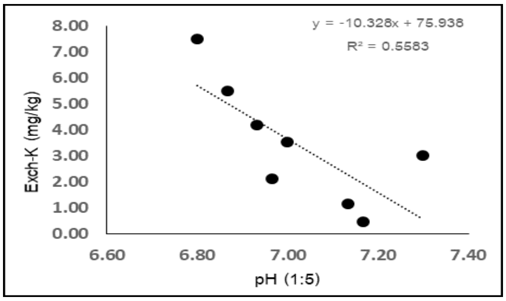

Fig. 10 Relationship between pH and Exch-K (mg/kg) to survival rate of earthworm

โดยที่ตำรับขุยไส้เดือนดิน+ฟางข้าวมีอัตราการรอดของไส้เดือนดินสูงที่สุดซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนที่สูงด้วย ซึ่งในขุยไส้เดือนดินจะมีปริมาณอินทรียวัตถุ และมีการปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ในปริมาณที่สูง (Lal, 1987; Chaoui et al. (2003) และฟางข้าวยังช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินอีกด้วย Yang et al. (2010) เช่นเดียวกันกับ ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมกับค่า pH เมื่อ pH ลดลง ปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับอัตราการรอดของไส้เดือนดินสูงในตำรับขุยไส้เดือนดิน+ฟางข้าว ที่ช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมและช่วยให้ค่า pH ลดลง คล้ายคลึงกับ Oo et al. (2015) เมื่อมีการปรับปรุงดินเค็มด้วยวัสดุอินทรีย์และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน พบว่า pH ของดินลดลง 7.0 เหลือ 6.4 ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา reduction ซึ่งส่งผลในดินเค็มแต่ไม่ส่งผลในดินที่ไม่เค็ม เช่นเดียวกันกับ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่เพิ่มขึ้นจากการปรับปรุงดินเค็มด้วยวัสดุอินทรีย์และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน เนื่องจากตำรับที่ใส่วัสดุอินทรีย์ร่วมกับไส้เดือนดิน ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด 8.24 g/kg ในดินเค็ม และ 8.68 g/kg ในดินที่ไม่เค็ม อย่างไรก็ตามตำรับที่ไม่มีการใส่วัสดุอินทรีย์มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ต่ำที่สุด 3.18 g/kg ในดินเค็ม และ 6.09 g/kg ในดินที่ไม่

เค็ม จากการนำวัสดุอินทรีย์และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ช่วยให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดินสูงขึ้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาอิทธิพลของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการปรับปรุงดินเค็มต่ออัตราการรอดของไส้เดือนดิน *Eisenia fetida* พบว่า ดินเค็มที่มีการปรับปรุงบำรุงดินด้วยขุยไส้เดือนดิน+ฟางข้าว ส่งผลให้ไส้เดือนดินพันธุ์ *Eisenia fetida* มีอัตราการรอดสูง และระยะยาวนานที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับอื่นๆ ตลอดการทดลอง 45 วัน เนื่องจากขุยไส้เดือนดิน เป็นแหล่งกักเก็บธาตุอาหารต่างๆ โดยกระบวนการต่างๆ จนเกิดการย่อยสลายทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจน (อาภรณ์ และชุลีมาศ, 2561) ส่งผลให้มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต และการดำเนินกิจกรรมของไส้เดือนดิน

ดังนั้นการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มโดยใช้เทคโนโลยีไส้เดือนดิน (Vermicompost) เพื่อช่วยให้ไส้เดือนดินมีอัตราการอยู่รอดเพิ่มขึ้น ควรมีการใส่วัสดุอินทรีย์ร่วมด้วย เพื่อปรับสภาพและทำให้ทั้งไส้เดือนดินและวัสดุอินทรีย์สามารถทำหน้าที่ในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มได้

คำขอบคุณ

ขอบคุณกลุ่มวิจัยดินปัญหาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่คอยสนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้พร้อมกับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ศูนย์วิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและดินแบบบูรณาการภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น และ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 จังหวัดขอนแก่น กรมพัฒนาที่ดินที่สนับสนุนพื้นที่การศึกษาและความอนุเคราะห์วัสดุอุปกรณ์ในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย, มงคล ตะอุ่น, สุรศักดิ์ เสรีพงศ์ และ นันทวุฒิ จำปางาม. 2554. การผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือน ดิน : การจัดการของเสียดินผลผลิตที่ดีและปลอดภัย. ขอนแก่น. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นันทวุฒิ จำปางาม. 2560. เทคโนโลยีปุ๋ยหมักไส้เดือนดินเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอิสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 11: 71-80.

ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย, อัจฉราวดี เครือภักดี และ วิไลวรรณ ด้วงเจริญ. 2560. อิทธิพลของดินเค็มต่อพฤติกรรมการหลีกเลี่ยง อัตราการตาย การเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* และ *Drawida beddardi*. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 5. 381-388.

สุลีลัก อารักษ์ธรรม และ สุชาดา สานุสันต์. 2557. อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากไส้เดือนดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางฟิสิกส์ดินและการปรับปรุงโครงสร้างของดิน. รายงานผลการวิจัย คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 49.

อานัฐ ตันโช. 2549. ไส้เดือนดิน (Earthworms). พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี: สานักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

อาภรณ์ ทองบุราณ และ ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย. 2561. ผลการการใช้แกลบเผาต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* และ *Eisenia foetida* ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน.

แก่นเกษตร 46: 105-116.

อัจฉราวดี เครือภักดี, ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย และ นฤมล แก้วจำปา. 2559. ความหลายหลายของไส้เดือนดินในระบบนิเวศนาข้าวในพื้นที่ดินเค็มระดับต่างๆ ต่อสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของข้าวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3: 41-47.

Bright, D. A. and J. Addison. 2002. Derivation of matrix soil standards for salt under the British Columbia contaminated sites regulation. Report to the British Columbia Ministry of Water Land and Air Protection Ministry of Transportation and Highways British Columbia Buildings Corporation and the Canadian Association of Petroleum Producers: 201.

Chaoui, H. I., L. M. Zibilske and T. Ohno. 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. Soil Biology & Biochemistry 35: 295-302.

Iwai, C.B., A. Naing and B. Topark-ngarm. 2012. Soil property and microbial activity in natural salt affected soils in an alternating wet–dry tropical climate. Geoderma. 189–190 : 144–152.

Jun, T., G. Wei., B. Griffiths., L. Xiaojing., X. Yingjun and Z. Hua. 2012. Maize residue application reduces negative effects of soil salinity on the growth and reproduction of the earthworm Aporrectodea trapezoids, in a soil mesocosm experiment. Soil Biology & Biochemistry 49: 46-51.

Kiefer, A. 2012. The Effects of Storage on the Quality of Vermicompost. UNIVERSITY OF WISCONSIN SYSTEM.

Kusmiyati, F., E. D. Purbajanti, and Surahmanto. 2018. The Effects of Manure at Saline Soil ON Growth, Dry Matter Production and Crude Protein of *Sesbania grandiflora*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 119: 12-23.

Lal, R. 1987. Tropical ecology and physical edaphology. Jhon Willey & Sons Ltd. London.

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 Mauritus. Ecological Engineering. 84: 149-158.

Oo, A. N., C. B. Iwai, and P. Seanjan. 2015. Soil Properties and Maize Growth in Saline and Nonsaline Soils using Cassava-Industrial Waste Compost and Vermicompost with or Without Earthworms. Land Degradation & Development 26: 300-310.

Owojori, O.J. and A.J. Reinecke. 2009. Avoidance behaviour of two eco-physiologically different earthworms (*Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*) in natural and artificial saline soils. Chemosphere 75: 279–283.

Richards, L.A. (ed.), 1954. Diagnosis and improvements of saline and alkali soils. USDA. Agriculture Handbook 60. 160 p.

Walkley, A. and I.A. Black, 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method for determination of soil organic matter. Soil Science. 37: 29 – 33.

Wu, Y., Y. Li., C. Zheng., Y. Zhang and Z. Sun. 2013. Organic amendment application

influence soil organism abundance in saline alkali soil. European Journal of Soil Biology 54: 32-40.

Yang, C. H., T. K. Kim., J. H. Ryu., S. B. Lee., S. Kim., N. H. Baek., W. Y. Choi., D. Y. Chung and S. J. Kim. 2010. Effects of Rice Straw Incorporation by Cutting Methods on Soil Properties and Rice Yield in a Paddy Field. Korean J. Soil Science and Fertilizer. 43: 1047-1050.