

การเตรียมปุ๋ยทางเลือกจากน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียฟาร์มสุกรและ ตะกอนดินน้ำประปา

Preparation of Alternative Fertilizer from Municipal Wastewater and Swine farm Wastewater and Water Supply Sediment

นิพิฐพนธ์ สรคลัง (Nipitphon Sornklang)¹* กนิตา ตั้งคณานุรักษ์ (Kanita Tungkananuruk)**

ดร.กิตติชัย ดวงมาลย์ (Dr.Kittichai Duangmarn)*** ดร.ฐิติมา รุ่งรัตนอุบล (Dr.Thitima Runggratanaubon)****

(Received: October 2, 2018; Revised: December 25, 2018; Accepted: December 30, 2018)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์นำตะกอนดินน้ำประปามาใช้ประโยชน์ โดยดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนและฟาร์มสุกร เพื่อใช้เป็นปุ๋ยทางเลือก เตรียมตะกอนดินแบบผงและแบบเม็ดและศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการดูดซับโดยการทดลองแบบเบตซ์ ผลการทดลองพบว่าความจุของการดูดซับแอมโมเนียม ไนเตรต และออร์โธฟอสเฟต ด้วยตะกอนดินแบบผงเท่ากับ 0.812, 0.227, และ 1.507 มก./ก.ตามลำดับ และตะกอนดินแบบเม็ดเท่ากับ 0.164, 0.108 และ 1.021 มก./ก. ตามลำดับ จากนั้นได้เตรียมปุ๋ยทางเลือกจากกระบวนการดูดซับของตะกอนดินน้ำประปาแบบผงและแบบเม็ดในน้ำเสียผสมระหว่างน้ำเสียชุมชน และน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีพบว่าร้อยละของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์และปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 0.14 – 1.64 % โดยน้ำหนัก

ABSTRACT

This research aims to utilize water supply sediment (WSS) by adsorption of nitrogen and phosphorus nutrients in domestic and swine farm wastewater for using as alternative fertilizer. Powder-WSS and bead-WSS were prepared and optimum condition of adsorption in solution were investigated by batch experiments. The results revealed that the ammonium, nitrate, and ortho – phosphate adsorption capacity of powder-WSS were 0.812, 0.227 and 1.507 mg/g respectively and a bead-WSS were 0.164, 0.108 and 1.021 mg/g respectively. After that, the alternative fertilizer was prepared from the adsorption process of powder-WSS and bead-WSS in the mixed wastewater of domestic and swine farm wastewater at ratio 1:1 by volume. The analytical results of chemical properties revealed that the total percentage of N and P were nearly the organic fertilizer standard value and the organic matter was 0.14 – 1.64 % w/w

คำสำคัญ: ตะกอนดินน้ำประปา ปุ๋ยทางเลือก การดูดซับ

Keywords: Water supply sediment, Alternative fertilizer, Adsorption

¹Correspondent author: kidskissme.train@gmail.com

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*** อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



บทนำ

ในปัจจุบันกระบวนการผลิตน้ำประปามีการนำน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เข้าสู่กระบวนการผลิตปริมาณหลายร้อยลิตรต่อวัน ซึ่งในขั้นตอนการผลิตน้ำประปาต้องมีการแยกสารแขวนลอยและสิ่งปนเปื้อนที่มากับน้ำออก ส่งผลให้มีตะกอนลงสู่ก้นบ่อ พบว่าตะกอนที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำประปาในแต่ละวันมีปริมาณมาก เป็นของเหลือจากกระบวนการผลิตและมีการนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย

ตะกอนน้ำประปามีลักษณะเป็นดินโคลนละเอียด เหลวและ เนื้อตะกอนมีความสม่ำเสมอ เมื่อแห้งจะมีลักษณะเป็นก้อนแข็งคล้ายกับดินโดยทั่วไป ลักษณะทางเคมีของตะกอนดิน มีธาตุอาหารพืช ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำดินตะกอนจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาใช้ประโยชน์ทั้งในอุตสาหกรรม การทำเครื่องปั้นดินเผา และนำไปเป็นวัสดุผสมกับวัสดุ เหลือใช้และนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเกษตรกรรม เป็นต้น [1] และในปัจจุบันเกิดปัญหาปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันบริเวณแม่น้ำ ลำคลอง เนื่องจากมีสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ธาตุอาหารเหล่านี้เป็นธาตุที่จำเป็นในการ เจริญเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียวและพืชน้ำ มีส่วนกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์แสงและการแพร่พันธุ์ของสาหร่ายเซลล์เดียวและพืชน้ำอย่างรวดเร็วในแหล่งน้ำ ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและสิ่งมีชีวิตในน้ำ [2]

เนื่องจากตะกอนดินจากกระบวนการผลิตน้ำประปาเป็นของเหลือจากกระบวนการผลิตซึ่งมีปริมาณมากในแต่ละวัน [3] ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาการนำตะกอนดินน้ำประปามาใช้ประโยชน์โดยนำตะกอนดินจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาประยุกต์เป็นวัสดุดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) จากน้ำเสียชุมชน [4] ซึ่งเป็นธาตุอาหาร ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช และพบได้น้ำเสียชุมชนทั่วไป โดยตะกอนดินน้ำประปาสามารถดูดซับออร์โธฟอสเฟตได้ถึงประมาณ 90% จากการเติมตะกอนดิน 100 กรัม ลงไปในน้ำเสียชุมชน 1 ลิตร [5] และในตะกอนดินน้ำประปามีองค์ประกอบของ MgO และ CaO ซึ่งสามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำปฏิกูล ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนได้ถึงร้อยละ 70.19 [6] ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการเตรียมปุ๋ยทางเลือก โดยใช้ตะกอนดินจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมและไนเตรท และฟอสฟอรัสในรูปออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียชุมชน และเมื่อตะกอนดินน้ำประปาอุดมไปด้วยธาตุอาหาร นำมาทดลองเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารกับปุ๋ยชนิดต่างๆ จากผลการทดลองจะทำให้ทราบถึงปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยที่เตรียมได้เพื่อใช้ในการทดแทนปุ๋ยเคมี และเป็นการใช้ประโยชน์จากตะกอนดินน้ำประปาที่เป็นของเสียจากกระบวนการผลิตน้ำประปา และลดปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่เป็นต้นเหตุของปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมวัสดุดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

เตรียมวัสดุดูดซับจากตะกอนดินน้ำประปาที่ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานผลิตน้ำประปามหาสวัสดิ์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยเตรียมใน 2 ลักษณะคือ แบบผง และแบบเม็ด เนื่องจากแบบผงมีพื้นที่สัมผัสมากกว่าแบบเม็ด และแบบเม็ดมีความสะดวกในการใช้งานมากกว่าแบบผง จึงทำการทดลองโดยเตรียมทั้ง 2 แบบ โดยแบบผงเตรียมโดยนำตะกอนดินน้ำประปามาตากให้แห้งสนิท จากนั้นนำไปบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรง เบอร์ 30 (0.594 มิลลิเมตร) อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง และแบบเม็ดเตรียมโดยนำตะกอนดินแบบผงที่เตรียมได้ มาปั้นเป็นรูปทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 3 มิลลิเมตร และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง [7] และปรับสภาพด้วยกรดอะซิติกในอัตราส่วนตะกอนดิน 1 กรัมต่อกรด 10 มิลลิลิตร นำไปให้ความ

ร้อนในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยน้ำกลั่นจนมีค่า pH อยู่ในช่วงเป็นกลาง อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง [8]

2. ศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน(N) ฟอสฟอรัส(P) และอินทรีย์วัตถุ(OM) ในตะกอนดิน

ศึกษาปริมาณธาตุอาหาร N, P และ OM ของตะกอนดินแบบผงและแบบเม็ดวิเคราะห์ OM โดยวิธี Walkley Black modified acid-dichromate digestion หรือ FeSO_4 titration method [9], ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) โดยวิธี Bray II [10], และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) โดยวิธีเจลดาล์ (Total Kjeldahl Nitrogen) [11] และปริมาณโลหะหนักด้วย วิธีอะตอมมิกสเปกโทรโฟโตเมทรี (Atomic Spectrophotometry)

3. ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของตะกอนดินต่อธาตุอาหาร N และ P

ธาตุอาหาร N ที่ศึกษาอยู่ในรูปแอมโมเนียม ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) และไนเตรท ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) ธาตุอาหาร P ศึกษาในรูปออร์โธฟอสเฟต (ortho-PO_4^{3-}) การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของตะกอนดินแบบผงและแบบเม็ดที่เตรียมได้จากการทดลองกับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ และ ortho-PO_4^{3-} เท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ pH 4, 6, 8, และ 10 ระยะเวลาสัมผัส 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที และความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ และ ortho-PO_4^{3-} ในช่วงความเข้มข้น 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการศึกษาแต่ละปัจจัยใช้ตะกอนแบบผงและแบบเม็ดอย่างละ 1 กรัมต่อสารละลายธาตุอาหาร 50 มิลลิตร เขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาทีวิเคราะห์หาปริมาณ $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ และ ortho-PO_4^{3-} ด้วยวิธี Colorimetry ตามวิธีมาตรฐานที่กำหนดไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [12]

คำนวณประสิทธิภาพการดูดซับจากร้อยละการดูดซับจากสมการ (1)

$$\text{Adsorption efficiency (\%)} = (C_0 - C_t / C_0) \times 100 \quad (1)$$

โดย C_0 คือความเข้มข้นเริ่มต้นของปริมาณธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_t คือความเข้มข้นของปริมาณธาตุอาหารหลังผ่านการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

และสามารถคำนวณความจุของการดูดซับธาตุอาหารแต่ละชนิดของตะกอนดินแบบผงและแบบเม็ดที่สถานะที่เหมาะสมได้จากสมการ (2)

$$\text{Adsorption capacity (mg/g)} = (C_0 - C_t / w) \times V \quad (2)$$

โดย w คือปริมาณของตะกอนดินน้ำประปา (กรัม)

V คือปริมาตรของสารละลาย (มิลลิลิตร)

4. ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารในน้ำเสียสังเคราะห์

นำน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีธาตุอาหาร N ในรูป $\text{NH}_4^+\text{-N}$ และ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ธาตุอาหาร P ในรูป ortho-PO_4^{3-} เข้มข้นอย่างละ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับค่า pH ให้เหมาะสม ทดลองโดยใช้ตะกอนดินแบบผงหรือแบบเม็ด 1 กรัม ทำการทดลองต่อเช่นเดียวกับข้อ 3

5. เตรียมปุ๋ยจากตะกอนดินน้ำประปากับน้ำเสีย

วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร N ในรูป $\text{NH}_4^+\text{-N}$ และ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ธาตุอาหาร P ในรูป ortho-PO_4^{3-} ของน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

เตรียมโดยการนำน้ำเสียมาปรับ pH ที่เหมาะสม เติมตะกอนดินน้ำประปาแบบผงในปริมาณที่คำนวณได้จากผลการทดลองความจุการดูดซับในข้อ 3. กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำเสียจริง นำไปเขย่าความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาทีโดยใช้เวลาที่เหมาะสม จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของน้ำเสีย



หลังผ่านการ ดูดซับ และนำตะกอนดินน้ำประปาแบบผงที่ผ่านการดูดซับไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปเก็บไว้ จากนั้นนำตะกอนดินแบบเม็ดมาทำการทดลองแบบเดียวกัน

6. วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของวัสดุดูดซับที่ผ่านการดูดซับ

นำตะกอนน้ำประปาที่ผ่านการดูดซับธาตุอาหารจากน้ำเสียจริงทั้ง 2 แบบมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เช่นเดียวกับข้อ 2. เปรียบเทียบกับตะกอนดินน้ำประปาก่อนดูดซับ และค่ามาตรฐานของปุ๋ย

ผลและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของตะกอนดินน้ำประปาต่อธาตุอาหาร N และ P

ปัจจัยแรกที่ศึกษาคือ pH จากภาพที่ 1 พบว่า เมื่อเพิ่ม pH จาก 4 ถึง 10 ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารของ ตะกอนดินแบบผงและแบบเม็ดมีแนวโน้มเหมือนกันคือ ดูดซับ ได้ดีที่ pH 4 และมีแนวโน้มลดลงเมื่อ pH เพิ่มขึ้น ที่ สภาวะเป็นเบสเพิ่มขึ้น ปริมาณ OH^- ที่เพิ่มมากขึ้น อาจเกิดการแข่งกันจับกับไอออนบวกที่มีในดินตะกอน กับไอออนลบที่เป็นธาตุอาหารที่มีประจุลบเหมือนกัน และ OH^- ดุลประจุ NH_4^+ ทำให้ NH_4^+ มีอิสระในการเคลื่อนย้ายลดน้อยลง จึง ส่งผลให้เกิดกระบวนการดูดซับน้อยลง โดยตะกอนดินมีสมบัติในการดูดซับ ortho-PO_4^{3-} ดีกว่า NH_4^+ และ NO_3^- ตามลำดับ และพบว่าตะกอนทั้ง 2 แบบมีประสิทธิภาพในการดูดซับ NO_3^- น้อยมาก เนื่องจากสภาพพื้นผิวของตะกอน ดินมีสภาพเป็นลบ เนื่องจากองค์ประกอบหลักคืออลูมินา (Al_2O_3) และซิลิกา (SiO_2) [13] โดยในการทดลองลำดับต่อไป ไม่ได้มีการปรับ pH ที่เหมาะสม เพราะจะทำให้ปุ๋ยมีสมบัติเป็นกรด ส่งผลกระทบต่อการนำไปปลูกพืช

ปัจจัยต่อมาที่ศึกษา คือระยะเวลาสัมผัสจากภาพที่ 2 พบว่าระยะเวลาสัมผัสมีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ โดยเฉพาะอัตราการดูดซับ ortho-PO_4^{3-} ของตะกอนดินแบบผงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 0-30 นาทีและหลังจาก นั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนเข้าสู่ภาวะสมดุลอธิบายได้ว่าในช่วงเวลาเริ่มต้นพื้นที่ผิวของตะกอนดินน้ำประปาแบบผงยังไม่มี อนุภาคใดไปจับ ทำให้ธาตุอาหารในน้ำเสียสังเคราะห์ถูกดูดซับได้อย่างรวดเร็วสำหรับตะกอนดินน้ำประปาแบบเม็ด มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้อยกว่าแบบผง เพราะพื้นผิวสัมผัสของตะกอนดินน้ำประปาแบบเม็ดน้อยกว่าแบบผงทำ ให้ต้องใช้เวลานานกว่า และการดูดซับสามารถเกิดในโพรงของเม็ดตะกอนดินได้ ซึ่งต้องใช้เวลาในการซึมเข้าไปใน โพรง แต่อย่างไรก็ตามดินตะกอนทั้ง 2 แบบ มีประสิทธิภาพดูดซับใกล้เคียงกันที่ระยะเวลาสัมผัสตั้งแต่ 120 นาที ดัง ภาพที่ 1 และภาพที่ 2

เมื่อศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารแต่ละชนิดได้ผลดังภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการดูดซับ ธาตุอาหารของตะกอนดินน้ำประปามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้น โดยความจุของการดูดซับ (adsorption capacity) NH_4^+ , NO_3^- และ ortho-PO_4^{3-} ของตะกอนดินแบบผงได้สูงสุดเท่ากับ 0.812, 0.227 และ 1.507 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ สำหรับตะกอนดินน้ำประปาแบบเม็ด 1 กรัมเท่ากับ 0.614, 0.108 และ 1.021 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abhilash and Mansoor ที่สามารถใช้ตะกอนดินน้ำประปามากำจัดฟอสเฟต โดย สามารถกำจัดฟอสเฟตได้ถึง 87% [14] และเมื่อผ่านจุดอิ่มตัว ตะกอนดินน้ำประปาทั้งสองแบบจะดูดซับธาตุอาหาร ลดลง และเกิดกระบวนการคายซับธาตุอาหารออกมารวมด้วยสอดคล้องกับงานวิจัยของสุภาวดี และสมสกุลที่มีการใช้ ตะกอนดินน้ำประปาดูดซับ PO_4^{3-} เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ร้อยละการดูดซับมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่มาก เพราะอัตราการดูดซับและอัตราการคายมีค่าเท่ากัน แสดงว่าเข้าสู่ภาวะสมดุล [8]

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารในน้ำเสียสังเคราะห์

จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารในน้ำเสียสังเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน พบว่าความสามารถของตะกอนดินแบบผงสามารถดูดซับธาตุอาหารได้แก่ NH_4^+ , NO_3^- และ PO_4^{3-} ได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตรได้เท่ากับ 0.798, 0.188 และ 1.423 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ และตะกอนดินแบบเม็ดมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตรได้เท่ากับ 0.583, 0.08 และ 0.873 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ ซึ่งทั้งตะกอนดินแบบผงและแบบเม็ดมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารในน้ำเสียสังเคราะห์ ได้ใกล้เคียงกับการทดลองในสารละลายของธาตุอาหารแต่ละชนิดดังภาพที่ 3

เนื่องจากโครงสร้างของตะกอนดินน้ำประปามีรูพรุนสูง [15] และมีความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวกที่ผิวสูง เพราะประจุลบจากออกไซด์ของ Al_2O_3 และ SiO_2 ทำให้ดูดซับ NH_4^+ และในรูพรุนมีประจุเป็นบวก เนื่องจากออลูมิเนียมไอออนและซิลิกอนไอออนทำให้ดูดซับ NO_3^- และ PO_4^{3-} ได้

3. ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารในน้ำเสียจริง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ของน้ำเสียชุมชนพบว่าปริมาณ NH_4^+-N อยู่ในช่วง 400-450 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ $\text{NO}_3^- -\text{N}$ และ ortho- PO_4^{3-} ต่ำ และน้ำเสียจากฟาร์มสุกรพบว่าปริมาณ $\text{NO}_3^- -\text{N}$ และ ortho- PO_4^{3-} อยู่ในช่วง 50-100 และ 600-650 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่พบ NH_4^+ ดังนั้นจึงทำการผสมน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตรเพื่อให้ได้น้ำเสียที่อุดมไปด้วยธาตุอาหารทั้ง 3 ชนิด ก่อนทำการดูดซับ เพื่อได้ตะกอนดินที่มีธาตุอาหารทั้ง N และ P โดยที่ NH_4^+-N อยู่ในช่วง 200-250 มิลลิกรัมต่อลิตร, $\text{NO}_3^- -\text{N}$ อยู่ในช่วง 50-80 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ortho- PO_4^{3-} อยู่ในช่วง 300-350 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารในน้ำเสียตามวิธีมาตรฐาน โดยใช้อัตราส่วนตะกอนดินน้ำประปา 100 กรัม ต่อน้ำเสียผสม 1 ลิตร พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการดูดซับธาตุอาหารด้วยตะกอนดินแบบผงมีปริมาณ NH_4^+ , NO_3^- และ PO_4^{3-} อยู่ในช่วง 60-80 มิลลิกรัมต่อลิตร, 40-60 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 5-20 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ น้ำเสียที่ผ่านการดูดซับด้วยตะกอนดินแบบเม็ดมีปริมาณธาตุอาหาร NH_4^+ อยู่ในช่วง 100-140 มิลลิกรัมต่อลิตร, NO_3^- ลดลงเพียงเล็กน้อย และ PO_4^{3-} อยู่ในช่วง 60-100 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าตะกอนดินแบบผงสามารถดูดซับธาตุอาหารทั้ง 3 รูปแบบเท่ากับ 0.791, 0.160 และ 1.240 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับและตะกอนดินแบบเม็ดมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารเท่ากับ 0.452, 0.06 และ 0.712 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ

4. ปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญของตะกอนดินแบบผงและแบบเม็ดเมื่อผ่านการดูดซับธาตุอาหาร

จากตารางที่ 1 แสดงปริมาณธาตุอาหารของตะกอนดินน้ำประปาทั้ง 2 แบบ โดยทั้ง 2 แบบมีธาตุอาหารเริ่มต้นใกล้เคียงกันแต่ตะกอนดินแบบผงมีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่า เพราะในขั้นตอนในการทำแบบเม็ด ต้องเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสทำให้ตะกอนแบบเม็ดสูญเสียอินทรีย์วัตถุไป เมื่อผ่านการดูดซับพบว่าปริมาณธาตุอาหารพืชในตะกอนดินน้ำประปาทั้ง 2 แบบเพิ่มขึ้น โดยตะกอนดินแบบผงมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น 13.0, 6.4 และ 1.0 เท่าตามลำดับ และตะกอนดินแบบเม็ด เพิ่มขึ้นเท่ากับ 4.9, 4.3 และ 0.6 เท่าตามลำดับโดยตะกอนดินแบบผงมีปริมาณธาตุอาหารมากกว่าแบบเม็ด เพราะมีพื้นที่ผิวสัมผัสดูดซับมากกว่า และเมื่อเทียบปริมาณธาตุอาหารกับเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์พบว่าทั้งตะกอนดินแบบผงและแบบเม็ดที่ผ่านการดูดซับ มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่ปริมาณไนโตรเจนตะกอนดินแบบผงมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ในขณะที่ตะกอนดินแบบเม็ดมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐาน ปุ๋ยอินทรีย์ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีตะกอนดินทั้งสองแบบ มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมดน้อยกว่า ดังนั้นในการนำไปใช้ต้องนำไปใช้ในปริมาณที่มากเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมีโดยอัตราส่วน ปุ๋ยเคมี:ดินตะกอนแบบผงเท่ากับ 1:17.6 ส่วน และอัตราส่วนปุ๋ยเคมี:



ดินตะกอนแบบเม็ดเท่ากับ 1:47 ส่วน จึงจะได้ปริมาณธาตุอาหารที่เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีหรืออินทรีย์ในอัตราที่เหมาะสมเพื่อช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้พืช

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับธาตุอาหารที่สำคัญของพืชโดยใช้ตะกอนดินน้ำประปาทั้งแบบผงและแบบเม็ด คือ pH เท่ากับ 4 แต่เนื่องจากอยู่ในสภาวะเป็นกรด อาจส่งผลต่อพืชและดินที่ใช้ปลูกพืช ทำให้ควรใช้น้ำเสียที่มีสภาวะเป็นกลางจะเหมาะสมกว่า ระยะเวลาสัมผัสที่เหมาะสมที่สุดคือ 150 นาที และความจุของการดูดซับธาตุอาหารกับน้ำเสียสังเคราะห์โดยตะกอนดินน้ำประปาแบบผง 1 กรัม สามารถดูดซับธาตุอาหารได้แก่ แอมโมเนียม ไนเตรต และฟอสเฟต ได้สูงสุดเท่ากับ 0.812, 0.227 และ 1.507 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ แบบเม็ดเท่ากับ 0.614, 0.108 และ 1.021 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ โดยเมื่อนำมาดูดซับกับน้ำเสียจริง ตะกอนแบบผงมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และอินทรีย์วัตถุเท่ากับร้อยละ 0.91, 1.09 และ 1.64 ตามลำดับ แบบเม็ดเท่ากับร้อยละ 0.34, 0.69 และ 0.14 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยทางเลือกที่เตรียมได้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมดใกล้เคียงกับปุ๋ยอินทรีย์ สรุปได้ว่า ตะกอนดินน้ำประปาสามารถดูดซับธาตุอาหารในน้ำเสีย เพื่อช่วยในการบำบัด น้ำเสีย และสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยทางเลือกได้ แต่ข้อจำกัดคือมีธาตุอาหารน้อยกว่าปุ๋ยเคมีมาก ทำให้ต้องใช้ปริมาณมาก ดังนั้นควรใช้ผสมกับปุ๋ยเคมีในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมี และสามารถช่วยลดปัญหาน้ำเสียและใช้ประโยชน์จากดินตะกอนจากระบวนการผลิตน้ำประปาที่เป็นของเสียที่ต้องได้รับการกำจัด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยเพื่อพัฒนานักบัณฑิต คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

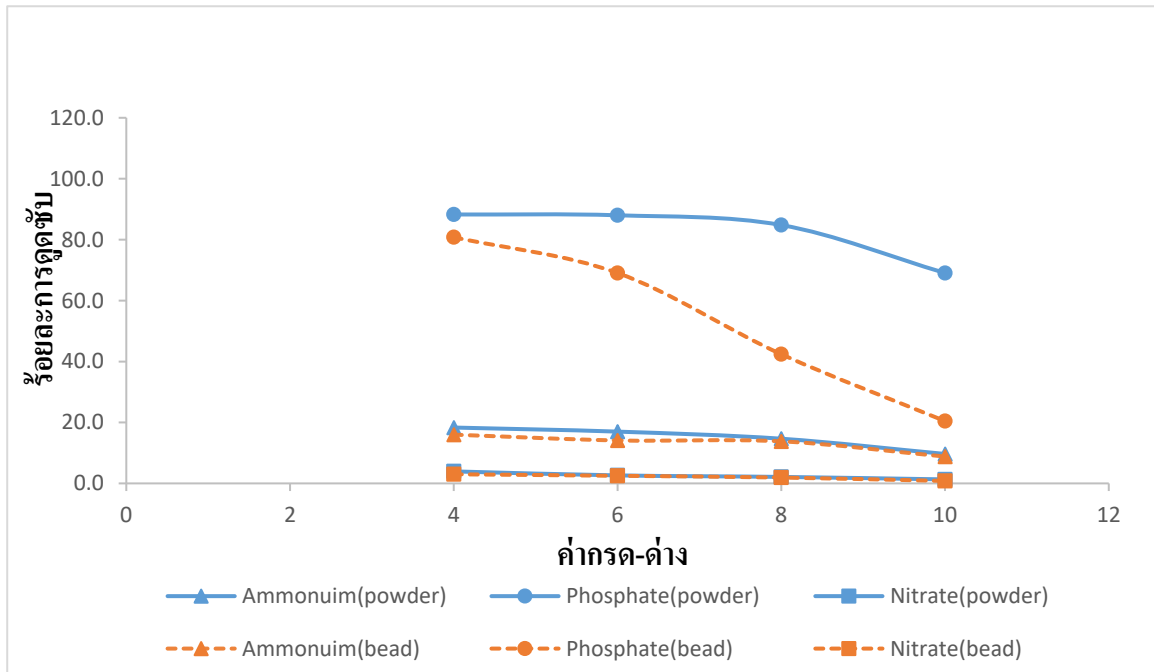
เอกสารอ้างอิง

1. Duangkamon S, Phasan W, Wattana R. To apply the Sediment of Soil from Water Supply. Department of Primary Industries and Mines - DPIM, Bangkok, 2004. Thai.
2. Narut Sahanawin & Jirawan Torrit. Eutrophication. Journal of Faculty of Physical Education [Special edition], Srinakharinwirot University, 2012. Thai.
3. Metropolitan Waterworks Authority. 2016. Production Process of Water from Mahasawat Water Product Plant. Retrieved January 10, 2018, from https://www.youtube.com/watch?v=vMF-j4_JLUA.
4. Pollution Control Department. 2559. Community Wastewater Management Handbook. Retrieved July 10, 2017, from http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_water.cfm?task=WasteWater.
5. Chitthep P. To Sort Out the Dregs from Production of Water Supply to reuse for Reduce the Phosphorus departs from Community's Wastewater. Complete Research, Chiang Mai University, 2500. Thai.
6. Thitichaya B, Weerasak S, Chanchainarong. Disposal the Nitrogen and Phosphorus from Wastewater by Ashes of Golden applesnail. Master's Thesis, Mahasarakham University, 2012. Thai.

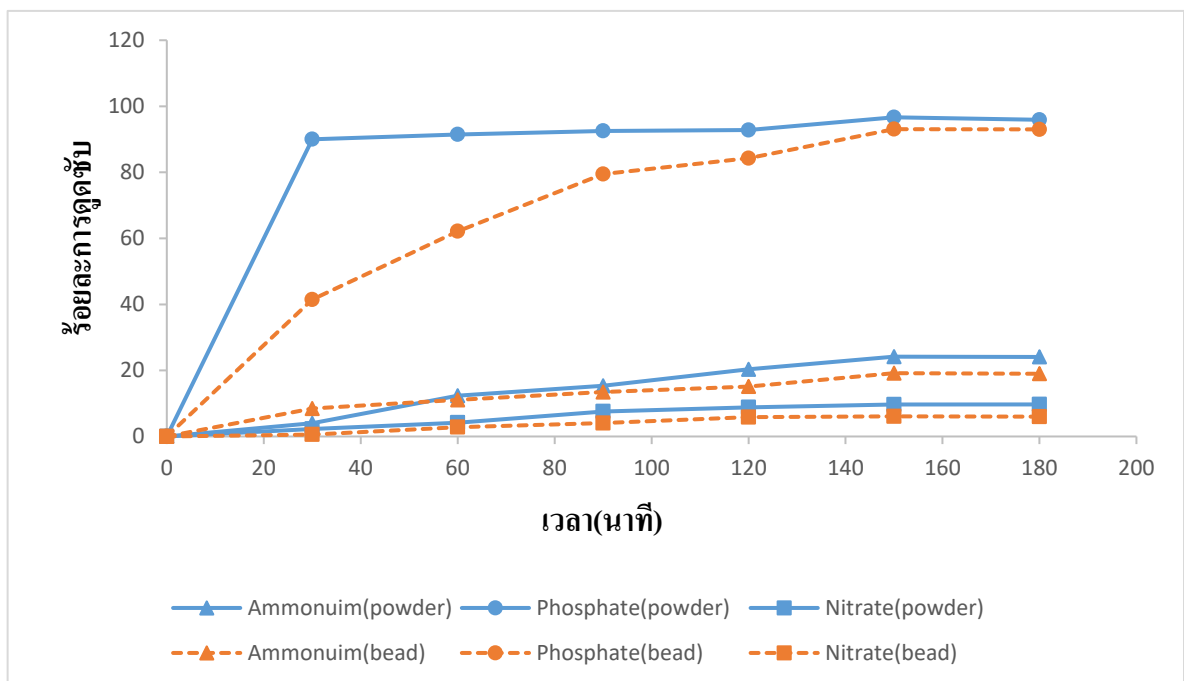
7. Yagub, Mustafa T, Tushar KS, Sharmeen A, HM. Ang. Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2014; 209: 172-184.
8. Suphawadee N, Somsakun R. Adaptation to Absorb the Phosphate from Wastewater by dregs from Water Supply's Production System. Khon Kaen University, 2016. Thai.
9. Walkley A, Black IA. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. *Soil Sci*. 1947; 63: 251-257.
10. Bray R, Kurtz LT. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci*. 1945; 59: 39-45.
11. Soil analysis process[Internet]. 2012. Retrieved June, 2018, from [www.ldd.go.th/PMQA/2553/ Manual/OSD-03.pdf](http://www.ldd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-03.pdf)
12. APHA, AWWA and WEF. 2005. *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater*. 21st. Washington, D.C; USA.
13. Aerb K, Aunchalee S, Suthep T, Phiboon K, Saowanuch T, Somchai A, Wiphawan T, Pritsana S, Naruemon C. Education about The Quality of dregs to separate from Water Supply's Unboiled Water for use and develop about agriculture and industry, Kasetsart University, Bangkok, 2001. Thai.
14. Abhilash TN, Ahammed MM. Water treatment sludge for phosphate removal from the effluent of UASB reactor treating municipal wastewater. *Process Safety and Environmental Protection*. 2015; 94: 105-112.
15. Babatunde AO, Zhao YQ, Yang Y, Kearney P. Reuse of dewatered aluminium-coagulated water treatment residual to immobilize phosphorus: batch and column trials using a condensed phosphate. *Chem. Eng. J*. 2008; 136: 108-115.

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของตะกอนดินน้ำประปาแบบผงและเม็ด ก่อนและหลังผ่านการดูดซับ

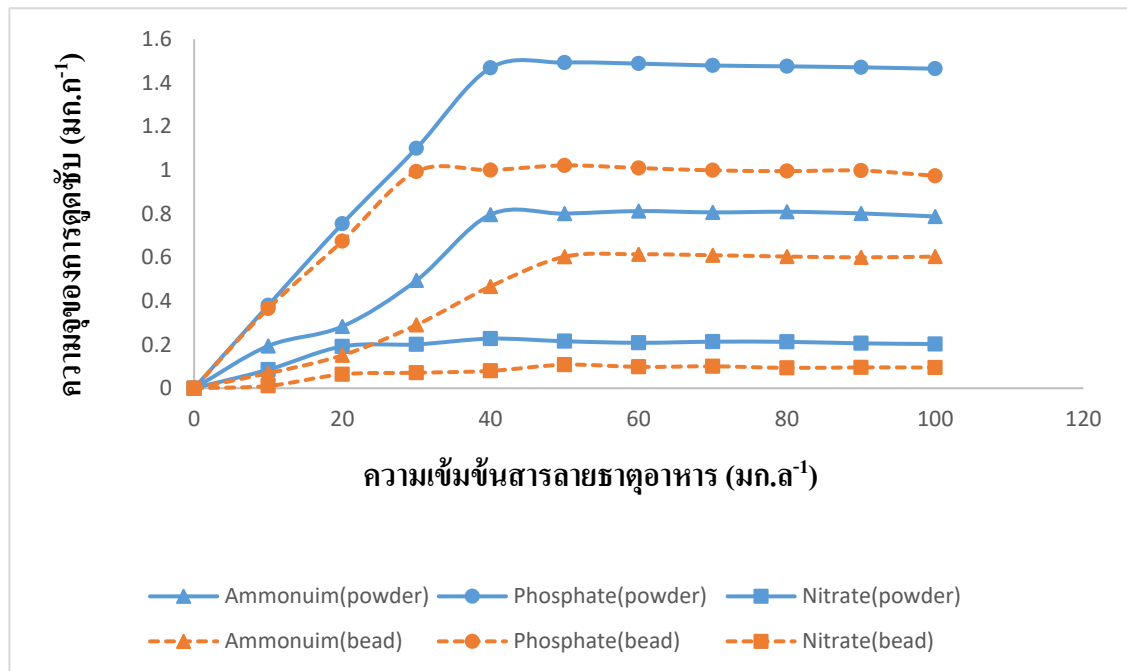
ตัวอย่าง	ไนโตรเจน ทั้งหมด (% w/w)	ฟอสฟอรัส ทั้งหมด (% w/w)	อินทรีย์วัตถุ (% w/w)
ตะกอนดินน้ำประปา(แบบผง) ก่อนผ่านการดูดซับ	0.07	0.17	1.59
ตะกอนดินน้ำประปา(แบบเม็ด) ก่อนผ่านการดูดซับ	0.07	0.16	0.08
ตะกอนดินน้ำประปา(แบบผง) หลังผ่านการดูดซับ	0.91	1.09	1.64
ตะกอนดินน้ำประปา(แบบเม็ด) หลังผ่านการดูดซับ	0.34	0.69	0.14
ปุ๋ยอินทรีย์	≥1.0	≥0.5	-
ปุ๋ยเคมี (16-16-16)	≥16	≥16	-



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับธาตุอาหารด้วยตะกอนดินแบบผงและเม็ด กับค่าความเป็นกรด-ด่าง



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับธาตุอาหารด้วยตะกอนดินแบบผงและเม็ด กับเวลาการดูดซับ



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุของการดูดซับธาตุอาหารด้วยตะกอนดินแบบผงและเม็ด กับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร