

สมบัติของปุ๋ยทางเลือกที่ได้จากการดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในน้ำเสียด้วยสเม็คไทต์และเถ้าลอยลิกไนต์

Properties of Alternative Fertilizer from Adsorption of N and P Nutrients in Wastewater by Smectite and Lignite Fly Ash

นิพนธ์ ใจสุทธี (Niphon Jaisut)^{1*} คณิตา ตังคณานุกรักษ์ (Kanita Tungkananuruk)**

ดร.วัชรพงษ์ วาระรัมย์ (Dr. Watcharapong Wararam)*** ดร.ดาวจรัส เกตุโรจน์ (Dr. Daojarus Ketrot)****

(Received: July 5, 2018; Revised: September 14, 2018; Accepted: September 19, 2018)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมปุ๋ยทางเลือกจากกระบวนการดูดซับธาตุอาหารของสเม็คไทต์ และเถ้าลอยลิกไนต์ ในน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียฟาร์มสุกร สเม็คไทต์และเถ้าลอยลิกไนต์เป็นตัวดูดซับแอมโมเนียมและฟอสเฟตที่ดีในสารละลาย ตามลำดับความจุของการดูดซับของสเม็คไทต์และเถ้าลอยลิกไนต์ เท่ากับ 5.12 มก.ก⁻¹ และ 199.87 มก.ก⁻¹ ตามลำดับ เตรียมปุ๋ย 2 ชนิด คือ สเม็คไทต์ที่อิ่มตัวด้วยแอมโมเนียม (FI) และ เถ้าลอยลิกไนต์ที่อิ่มตัวด้วยฟอสเฟต (FII) ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของปุ๋ยชนิด FI และ FII พบว่า มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 1.28 และ 0.12 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 5.29 และ 0.43 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 0.35 และ 0.86 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์พบว่า ปุ๋ย FI และ FII มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมด มากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน การศึกษาอัตราการปลดปล่อยแอมโมเนียมจากปุ๋ย FI เท่ากับ 32.26 มก.ล⁻¹.นาที่⁻¹ และ อัตราการปลดปล่อยฟอสเฟตจากปุ๋ย FII โดยเติมสารละลาย 0.5 M NaHCO₃ เท่ากับ 7.73 มก.ล⁻¹.นาที่⁻¹ ดังนั้นปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสละลายช้า และเหมาะสมใช้เป็นปุ๋ยทางเลือกสำหรับการเกษตร

ABSTRACT

This research was aimed to prepare alternative fertilizer by nutrients adsorption process of smectite (SMT) and lignite fly ash (LFA) adsorbent in municipal and swine farm wastewater. SMT and LFA were a good adsorbent for ammonium and phosphate in aqueous solution respectively. Adsorption capacity of SMT and LFA at 5.12 mg.g⁻¹ and 199.87 mg.g⁻¹ were achieved respectively. Two types of fertilizer were produced, i.e. saturated ammonium SMT (FI) and saturated phosphate LFA (FII). The result of chemical properties of FI and FII reveals that total N were 1.28 and 0.12 % respectively, total P₂O₅ were 5.29 and 0.43 % respectively and organic matter content were 0.35 and 0.86 % respectively. When comparing with organic fertilizer standard, FI and FII gave the total N and total P₂O₅ over the standard. The releasing rate of ammonium from FI was 32.26 mg.L⁻¹.min⁻¹ and phosphate from FII with adding 0.5 M NaHCO₃ solution was 7.73 mg.L⁻¹.min⁻¹. Therefore, these two fertilizers were slow releasing Nitrogen-based and Phosphorus-based fertilizers and appropriate used as alternative fertilizer for agriculture.

คำสำคัญ: สเม็คไทต์ เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยทางเลือก

Keywords: Smectite, Lignite fly ash, Alternative fertilizer

¹Correspondent author: gunkungsa555@gmail.com

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*** อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**** อาจารย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



บทนำ

น้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เป็นน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนสารพิษน้อยแต่อุดมไปด้วยสารอินทรีย์และธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เป็นต้น ดังนั้นการนำธาตุอาหารเหล่านี้มาใช้ประโยชน์โดยใช้ตัวดูดซับเพื่อนำมาผลิตเป็นปุ๋ยทางเลือกให้กับเกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกพืชเป็นการช่วยเกษตรกรลดต้นทุนการผลิต อีกทางหนึ่งจากการเสียดำใช้จ่ายปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพงประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ปี 2560 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีทางการเกษตร 4,465,339 ตัน คิดเป็นมูลค่า 43.9 ล้านบาท [1] การเกษตรจำเป็นต้องมีการใช้ปุ๋ยเพื่อทดแทนธาตุอาหารในดินให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช และยังเป็นการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากน้ำเสียจากแหล่งที่กล่าวมาโดยเฉพาะน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรที่มีโอกาสก่อให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชันได้ เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณสูง

การบำบัดน้ำเสียเป็นการนำสิ่งปนเปื้อนในองค์ประกอบของน้ำออกไป เพื่อให้เกิดความไม่เป็นพิษต่อมนุษย์หรือสิ่งมีชีวิต โดยส่วนใหญ่แล้วสิ่งที่ปนเปื้อนที่อยู่กับน้ำเสียบางชนิดนำมาใช้ประโยชน์ได้ ผ่านกระบวนการแปรสภาพหรือการดูดซับ ซึ่งน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรและน้ำเสียชุมชนของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีปริมาณการปนเปื้อนของออร์โธฟอสเฟตและแอมโมเนียมไอออนในปริมาณสูง [2] ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของการเจริญเติบโตและผลผลิตทางการเกษตร อีกทั้งปุ๋ยเคมีที่ใช้ทางการเกษตรละลายน้ำได้ดีถูกชะล้างไปปนเปื้อนในแหล่งน้ำอื่น ๆ ได้อย่างรวดเร็วและการทิ้งธาตุอาหารจากน้ำเสียมาใช้ยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียได้อีกด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีการศึกษาการเตรียมปุ๋ยสเม็คไทต์และถ้ำลอยลิกไนต์ ที่มีความสามารถในการดูดซับแอมโมเนียมและออร์โธฟอสเฟตได้ ตามลำดับ โดยการศึกษามุ่งเน้นศึกษาความสามารถการดูดซับของสเม็คไทต์และถ้ำลอยลิกไนต์ในสารละลายแอมโมเนียมและสารละลายฟอสเฟต ตามลำดับ เพื่อเป็นแนวทางในการเตรียมปุ๋ยจากน้ำเสียจริง และทดสอบการปลดปล่อยธาตุอาหาร

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมวัสดุดูดซับ

บดสเม็คไทต์ (Smectite) หินแร่ภูเขาไฟนำเข้ามาจากประเทศอินโดนีเซีย และถ้ำลอยลิกไนต์ (Lignite Fly ash) จากโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง ร้อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 30 mesh อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เก็บในตู้ดูดความชื้น

2. ศึกษาสถานะการดูดซับ

ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียมและออร์โธฟอสเฟต ในช่วงความเข้มข้น 1, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และระยะเวลาในการเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ที่ศึกษาคือ 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที โดยทดลองแบบแบดช์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ($\text{NH}_4 - \text{N}$) และออร์โธฟอสเฟต ($\text{o} - \text{PO}_4^{3-}$) ด้วยวิธีตรวจวัดสี (Colorimetric method) และคำนวณร้อยละการดูดซับ และวิเคราะห์ผลทางสถิติตามวิธี ANOVA

3. ศึกษาความจุของการดูดซับ

ทดลองกับสารละลายแอมโมเนียมเข้มข้น 1, 10, 20, 50, 100, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายออร์โธฟอสเฟตเข้มข้น 10, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400 และ 12800 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้สเม็ค

ไทต์และแฉ่ายลยลิกไนต์ 1 กรัม ตามลำดับ เขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ตามระยะเวลาที่ศึกษาได้จากข้อ 2 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และคำนวณความจุของการดูดซับตามสมการที่ 1

$$\text{ความจุของการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม)} = \frac{(C_0 - C) \times V}{m} \quad (1)$$

โดยที่ C_0 ความเข้มข้นก่อนดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C ความเข้มข้นหลังดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

V ปริมาตรสารละลาย (ลิตร)

m น้ำหนักตัวดูดซับ (กรัม)

4. วิเคราะห์คุณภาพของน้ำเสียตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียฟาร์มสุกรในช่วงเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ 2561 พารามิเตอร์ที่ศึกษา ได้แก่ pH, COD, ปริมาณ $\text{NH}_4 - \text{N}$ และ $\text{o} - \text{PO}_4^{3-}$ ด้วยวิธีทราวจีดี (Colorimetric method) ตามวิธี APHA, AWWA and WEF [3] ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

5. การเตรียมสเม็คไทต์ที่้อมตัวด้วยแอมโมเนียม (FI) และแฉ่ายลยลิกไนต์ที่้อมตัวด้วยออร์โธฟอสเฟต (FII) เพื่อใช้เป็นปุ๋ยทางเลือก

เตรียมปุ๋ยทางเลือกทั้ง 2 ชนิด (FI และ FII) โดยใช้ค่าความจุของการดูดซับที่ได้จากข้อ 3 และผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของน้ำเสียตัวอย่างข้อ 4 และใช้ระยะเวลาสัมผัสตามที่ศึกษาได้ในข้อที่ 2 มาคำนวณปริมาณสเม็คไทต์หรือแฉ่ายลยลิกไนต์ที่เหมาะสม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยคำนวณจำนวนครั้งของการดูดซับตามสมการที่ 2

$$\text{จำนวนครั้งการใช้งานซ้ำการดูดซับ (ครั้ง)} = \frac{Q_e \times W}{C_a \times V_a} \quad (2)$$

โดยที่ C_a ความเข้มข้นแอมโมเนียมหรือออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)

V_a ปริมาตรน้ำเสียที่ใช้ (ลิตร)

Q_e ความจุของการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม)

W น้ำหนักของตัวดูดซับ (กรัม)

6. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ย

นำปุ๋ยชนิด FI และ FII มาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Total Kjeldahl Nitrogen [4] วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดใช้วิธีการสกัดด้วยน้ำยา Bray-II แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ด้วย Ascorbic acid [5] และวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุด้วยวิธีการวิเคราะห์ไทเทรตของ Walkley-Black [6] ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

7. ศึกษาการปลดปล่อยแอมโมเนียมและออร์โธฟอสเฟต

7.1 ศึกษาการปลดปล่อยแอมโมเนียม

นำปุ๋ยชนิด FI ที่เตรียมได้จากข้อ 5 จำนวน 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เขย่าที่เวลาเท่ากับ 5, 30, 60 และ 120 นาที กรองและวิเคราะห์หาปริมาณ $\text{NH}_4 - \text{N}$ ในน้ำที่ถูกปลดปล่อยออกมา ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จำนวนอัตราการปลดปล่อยแอมโมเนียมตามสมการที่ 3

7.2 ศึกษาการปลดปล่อยออร์โธฟอสเฟต

ทำการทดลอง 2 ชุด คือ ชุดการทดลองที่ 1 นำปุ๋ยชนิด FII 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เขย่าที่เวลาเท่ากับ 5, 30, 60 และ 120 นาที กรองและวิเคราะห์หาปริมาณ $\text{o} - \text{PO}_4^{3-}$ ที่ปลดปล่อยออกมา ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ชุดการทดลองที่ 2 ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองชุดที่ 1 แต่ใช้สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตเข้มข้น 0.5 M แทนน้ำกลั่น จำนวนอัตราการปลดปล่อยออร์โธฟอสเฟตตามสมการที่ 3



$$\text{อัตราการปลดปล่อย} = \frac{C_i}{T} \quad (3)$$

โดยที่ C_i ความเข้มข้นแอมโมเนียมหรือออร์โทฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)

T ระยะเวลาที่ใช้เขย่า (นาท)

ผลการวิจัยและอภิปราย

1. ผลการศึกษาสภาวะการดูดซับ

สเม็คไทต์ 1 กรัม สามารถดูดซับแอมโมเนียมในสารละลายแอมโมเนียมเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ดีที่สุด ดังภาพที่ 2 พบว่าร้อยละการดูดซับ เท่ากับ 90.68 ± 2.08 เนื่องจากสเม็คไทต์ คือ ซีโอไลต์หรือแร่หินภูเขาไฟที่มีองค์ประกอบเป็นอนุโมโนซิลิเกตที่รูพรุนและมีพื้นที่ผิวมาก [7] มีความสามารถในการจับหรือแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ได้ จึงสามารถดูดซับแอมโมเนียมที่มีประจุบวกได้ ส่วนถ้ำลอยลิกไนต์ 1 กรัม สามารถดูดซับออร์โทฟอสเฟตในสารละลายออร์โทฟอสเฟตเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร้อยละการดูดซับเท่ากับ 91.31 ± 0.56 เนื่องจากถ้ำลอยลิกไนต์มี CaO เป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง [8] เมื่อแคลเซียมออกไซด์ทำปฏิกิริยากับน้ำ แยกตัวเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับออร์โทฟอสเฟตเป็นสารประกอบแคลเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (CaHPO_4) [9]

ระยะเวลาสัมผัสมีผลต่อการดูดซับแบบแปรผันตรงจนถึงจุดสมดุล เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาสัมผัสทำให้ตัวดูดซับสัมผัสกับตัวถูกดูดซับนานขึ้นจึงมีโอกาสเกิดการดูดซับเพิ่มขึ้น พบว่า การดูดซับแอมโมเนียมด้วยสเม็คไทต์ ที่ระยะเวลาสัมผัส 30-180 นาที ร้อยละการดูดซับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยที่ 150 นาทีให้ร้อยละการดูดซับสูงที่สุด 91.37 ± 0.44 สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่า แร่ดินเหนียวสามารถใช้กำจัดแอมโมเนียมในน้ำเสียชุมชนได้ [10] ส่วนการดูดซับออร์โทฟอสเฟตด้วยถ้ำลอยลิกไนต์พบว่า ที่ระยะเวลาสัมผัสเท่ากับ 30 - 90 นาที ร้อยละการดูดซับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยที่ 60 นาทีให้ร้อยละการดูดซับสูงที่สุด 92.58 ± 0.61 ดังภาพที่ 3 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lu [11]

2. ผลการศึกษาความจุการดูดซับ

สเม็คไทต์มีความจุดูดซับแอมโมเนียมสูงสุด เท่ากับ 5.12 ± 0.12 มิลลิกรัมต่อกรัม ส่วนถ้ำลอยลิกไนต์มีความจุดูดซับออร์โทฟอสเฟตสูงสุด เท่ากับ 199.87 ± 7.02 มิลลิกรัมต่อกรัม ดังภาพที่ 4 และตารางที่ 1 สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่า ถ้ำลอยลิกไนต์มีความจุการดูดซับฟอสเฟตสูงสุดที่ 286 มิลลิกรัมต่อกรัม [12] ดังภาพที่ 5 และตารางที่ 1

3. ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่า น้ำเสียชุมชนและน้ำเสียฟาร์มสุกรมี pH เท่ากับ 7.4 และ 7.6 ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง (5.5 - 9) ปริมาณออร์โทฟอสเฟตมีค่าเท่ากับ 13.04 ± 1.22 และ 617 ± 9.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (น้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร) และแอมโมเนียมเท่ากับ 415 ± 4.22 และ 24 ± 3.51 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (น้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร) ดังตารางที่ 2 ดังนั้นน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากฟาร์มสุกรเหมาะสมเป็นวัตถุดิบผลิตเป็นปุ๋ยทางเลือก โดยใช้สเม็คไทต์ดูดซับแอมโมเนียมในน้ำเสียชุมชน ส่วนถ้ำลอยลิกไนต์ใช้ดูดซับออร์โทฟอสเฟตในน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

4. ผลศึกษาการเตรียมปุ๋ยทางเลือก

การเตรียมปุ๋ยทางเลือกชนิดที่ 1 คือ สเม็คไทต์ที่อิมตัวด้วยแอมโมเนียม (FI) ใช้น้ำเสียชุมชนที่มีความเข้มข้นของ $\text{NH}_4 - \text{N}$ เท่ากับ 415 ± 4.22 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 1 ลิตร และสเม็คไทต์ 100 กรัม พบว่าร้อยละการดูดซับดีที่สุดเท่ากับ 75.28 ± 1.06 คิดเป็นความจุของการดูดซับเท่ากับ 2.53 ± 0.08 มิลลิกรัมต่อกรัม จากการคำนวณจำนวนครั้งการดูดซับ การเตรียม FI ทำการดูดซับ 2 ครั้ง เพื่อให้วัสดุอิมตัวด้วยแอมโมเนียม โดยดูดซับได้ดีที่สุดในครั้งที่ 1 และลดลงในครั้งถัดไปตามลำดับ เนื่องจากความสามารถในการดูดซับลดน้อยลง เนื่องจากมีแอมโมเนียมถูกดูดซับสะสมในสเม็คไทต์ ความจุในการดูดซับครั้งต่อไปจึงลดลง

การเตรียมปุ๋ยทางเลือกชนิดที่ 2 คือ แอลลอยิกไนต์ที่อิมตัวด้วยออร์โทฟอสเฟต (FII) ใช้น้ำเสียฟาร์มสุกรที่มีความเข้มข้นของ $\text{o} - \text{PO}_4^{3-}$ เท่ากับ 617 ± 9.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 5 ลิตร และแอลลอยิกไนต์ 100 กรัม พบว่าร้อยละการดูดซับดีที่สุดเท่ากับ 98.35 ± 0.30 คิดเป็นความจุของการดูดซับเท่ากับ 12.85 ± 0.09 มิลลิกรัมต่อกรัม จากการคำนวณจำนวนครั้งการดูดซับ การเตรียม FII ทำการดูดซับ 7 ครั้ง เพื่อให้วัสดุดูดซับมีความอิมตัวด้วยออร์โทฟอสเฟต โดยดูดซับได้ดีในครั้งที่ 1 และลดลงในครั้งถัดไป ตามลำดับ ดังภาพที่ 6

5. ผลการทดสอบการปลดปล่อยแอมโมเนียมและฟอสเฟตของสเม็คไทต์และแอลลอยิกไนต์

การทดลองนี้ทำเพื่อศึกษาความสามารถการเป็นปุ๋ยที่ให้อาหารไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม และธาตุอาหารฟอสฟอรัสในรูปออร์โทฟอสเฟต ผลการศึกษาการปลดปล่อยแอมโมเนียมจาก FI พบว่า ใน 5 นาทีแรกสามารถปลดปล่อยแอมโมเนียมออกมาได้เข้มข้นเท่ากับ เท่ากับ 161.30 ± 3.50 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นอัตราการปลดปล่อยเท่ากับ 32.26 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อนาที จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที ปลดปล่อยแอมโมเนียมเข้มข้น 38.45 ± 1.05 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นอัตราการปลดปล่อย 1.07 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อนาที และคงที่ในช่วงเวลา 60-120 นาที ตามภาพที่ 6 ส่วน FII มีการปลดปล่อยฟอสเฟตได้ไม่คือน้ำกลั่น คือ 8.72 ± 1.44 มิลลิกรัมต่อลิตร การเติม NaHCO_3 จะช่วยลดกิจกรรมของ Ca^{2+} โดยเปลี่ยนไปอยู่ในรูป CaCO_3 ทำให้ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ถูกปลดปล่อยออกมาได้เพิ่มขึ้น [13] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเติมสารละลาย NaHCO_3 0.5 M ในปุ๋ย FII ทำให้มีการปลดปล่อยออกมาเข้มข้น 38.64 ± 1.06 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นอัตราการปลดปล่อย 7.73 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อนาที มากกว่าแบบไม่เติม NaHCO_3 ที่ 8.72 ± 1.44 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นร้อยละ 77.43 ดังภาพที่ 7

6. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยที่เตรียมจากสเม็คไทต์และแอลลอยิกไนต์ที่อิมตัวด้วยแอมโมเนียมและออร์โทฟอสเฟต

สมบัติทางเคมีของ FI ที่เตรียมจากสเม็คไทต์ที่ผ่านการดูดซับแอมโมเนียมจากน้ำเสียชุมชนจนอิมตัว และ FII เตรียมจากแอลลอยิกไนต์ที่ผ่านการดูดซับด้วยออร์โทฟอสเฟตจากน้ำเสียฟาร์มสุกรจนอิมตัว พบว่า FI มีธาตุอาหารพืชในรูปไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละโดยน้ำหนัก 1.28 ± 0.49 , ฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละโดยน้ำหนัก 0.43 ± 0.08 และอินทรีย์วัตถุร้อยละโดยน้ำหนัก 0.35 ± 0.02 ส่วน FII มีไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละโดยน้ำหนัก 0.12 ± 0.02 , ฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละโดยน้ำหนัก 5.29 ± 0.50 และมีอินทรีย์วัตถุร้อยละโดยน้ำหนัก 0.86 ± 0.00 เมื่อเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรใช้ในการปลูกพืช มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดต้องมีไนโตรเจนทั้งหมดมากกว่าร้อยละ 1 ธาตุอาหารฟอสฟอรัสทั้งหมด ต้องมีมากกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก [14] ปุ๋ยทางเลือกในแต่ละชนิดมีเปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารหลักผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ มีไนโตรเจนทั้งหมดมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 0.28 โดยน้ำหนัก และฟอสฟอรัสทั้งหมด มากกว่าคิดเป็นร้อยละ 4.79 โดยน้ำหนัก แต่อินทรีย์วัตถุมีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน ดังตารางที่ 3 ดังนั้น FI และ FII เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้เป็นปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนและฟอสฟอรัส หรือนำมาประยุกต์ใช้กับปุ๋ยชนิดอื่น ๆ ที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในปริมาณสูง



สรุปผลการวิจัย

การเตรียมปุ๋ยทางเลือก 2 ชนิด ชนิดที่ 1 การเตรียมสเม็คไทต์ที่อิมมัลชันด้วยแอมโมเนียม (FI) และปุ๋ยชนิดที่ 2 เตรียมถ้ำลอยลิกไนต์ที่อิมมัลชันด้วยออร์โธฟอสเฟต (FII) พบว่า ปุ๋ยชนิดที่ 1 FI มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปุ๋ยชนิดที่ 2 FII มีฟอสฟอรัสทั้งหมด เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้น ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิด เป็นปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ละลายช้าที่สามารถนำไปใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีที่ละลายเร็ว

ดังนั้นการเตรียมปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดนี้ ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมทางน้ำจากการปนเปื้อนสารเคมี จากปุ๋ยเคมีที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และเป็นการลดการปนเปื้อนไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำที่จะก่อให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชัน และช่วยการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. Agricultural Economic Information [Internet]. 2017. Retrieved June, 2018, from http://oldweb.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php
2. Water quality standards [Internet]. 2010. Retrieved June, 2018, from http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water.html
3. APHA, AWWA and WEF. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater. 21st. Washington, D.C; USA. 2005.
4. Soil analysis process [Internet]. 2012. Retrieved June, 2018, from www.ddd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-03.pdf
5. Bray R, Kurtz LT. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 1945; 59: 39-45.
6. Walkley A, Black IA. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. Soil Sci. 1947; 63: 251-257.
7. Sirinuch L. Zeolite and Zeolite Technology. KRU Sci J. 2013; 41(1): 56-66. Thai.
8. Woravut M, Sopha V, Joseph K. The improvement of compressive strength for adobe block by using lime and palm oil ash [MPh thesis]. Bangkok: Kasetsart University; 2011. Thai.
9. Mehrez H, César V, Natalia M, Oriol F, Xavier Q, Narjès HB, et al. Fly ash as reactive sorbent for phosphate removal from treated waste water as a potential slow release fertilizer. J Environ Chem Eng. 2017; 5: 160–169.
10. Diana G, Hermassi M, Valderrama C, Farran A, Cortina JL. Recovery of ammonium and phosphate from treated urban wastewater by using potassium clinoptilolite impregnated hydrated metal oxides as N-P-K fertilizer. J Environ Chem Eng. 2016; 4(3): 3519–3526.
11. Lu SG, Bai SQ, Zhu L, Shan HD. Removal mechanism of phosphate from aqueous solution by fly ash. J Hazard Mater. 2009; 161: 95–101.
12. Jinying Y, Donald W, Kirk C, XianLiu QJ. Sorption of aqueous phosphorus onto bituminous and lignitous coal ashes. J Hazard Mater. 2007; 148(1-2): 491–497.
13. Olsen L, Cole SR, Watanabe CV, Dean FS. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S.D.A. Circular. 1954; 939: 1-21.
14. Standard Organic Fertilizer [Internet]. 2005. Retrieved June, 2018, from www.agriinfo.doae.go.th/year52/knowledge/km_13-01-52.doc

ตารางที่ 1 ความจุของการดูดซับแอมโมเนียมและออร์โธฟอสเฟต

วัสดุดูดซับ	ความจุของการดูดซับ (mg/g)
Smectite – NH ₄	5.12 ± 0.12
Lignite Fly Ash - o-PO ₄ ³⁻	199.87 ± 7.02

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำของน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียฟาร์มสุกร

ดัชนี	ค่าเฉลี่ย		มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง
	น้ำเสียชุมชน	น้ำเสียฟาร์มสุกร	
pH	7.4 ± 0.9	7.6 ± 0.6	5.5-9*
COD, mg/l	96.00 ± 5.03	569.00 ± 5.23	ไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร*
Total Orthophosphate, mg/l	13.04 ± 1.22	617.00 ± 9.75	น้อยกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร**
Ammonia nitrogen, mg/l	415.00 ± 4.22	24.00 ± 3.51	น้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร**

หมายเหตุ: * ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำฟาร์มสุกร, ** ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีของปุ๋ย 2 ชนิดที่เตรียม

สมบัติทางเคมี	FI	FII	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์*
ไนโตรเจนทั้งหมด (% w/w)	1.28 ± 0.49	0.12 ± 0.02	ไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (% w/w)	0.43 ± 0.08	5.29 ± 0.50	ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
อินทรีย์วัตถุ (% w/w)	0.35 ± 0.02	0.86 ± 0.00	ไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

หมายเหตุ: * มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร

FI คือ สเม็คไทต์ที่อิมมัลชันด้วยแอมโมเนียม

FII คือ แกลลอลิกไนต์ที่อิมมัลชันด้วยออร์โธฟอสเฟต

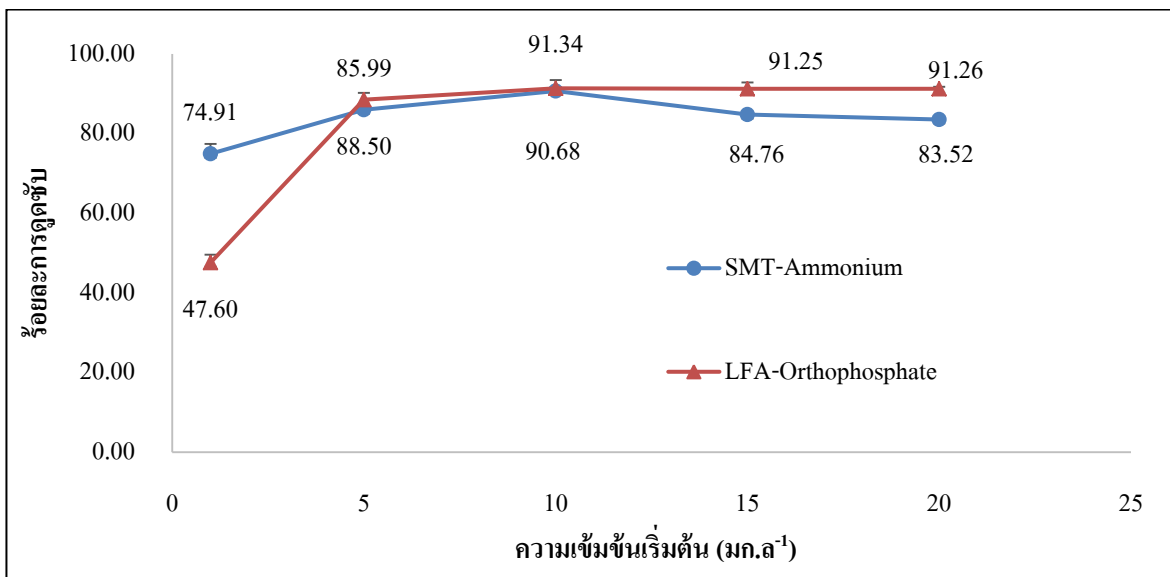


(ก) ผงสเม็คไทต์

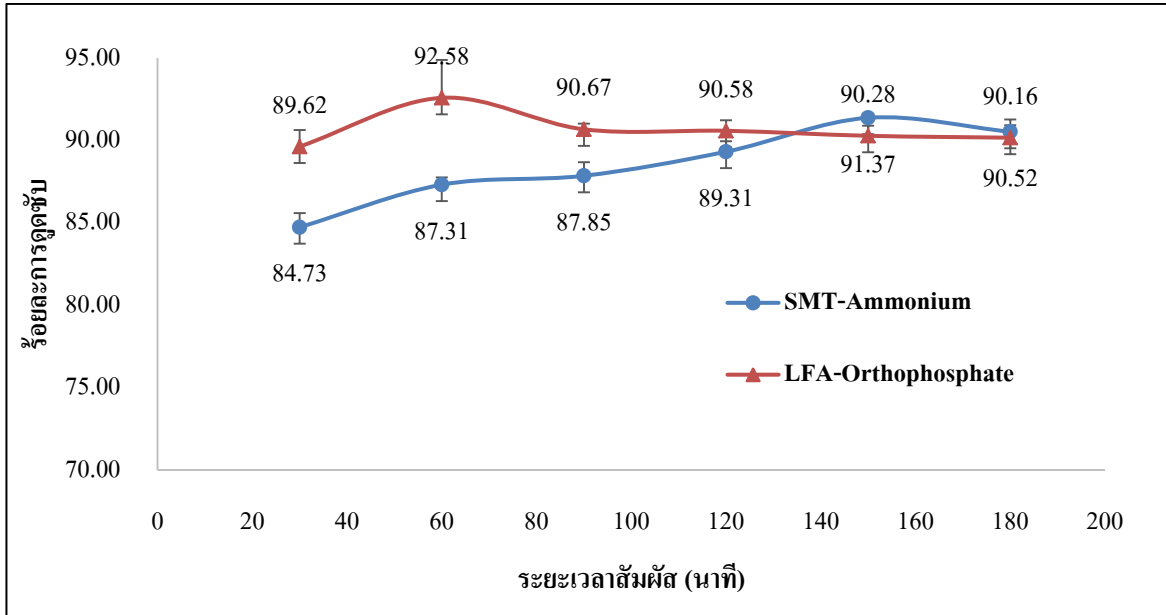


(ข) ผงถ้ำลอยลิกไนต์

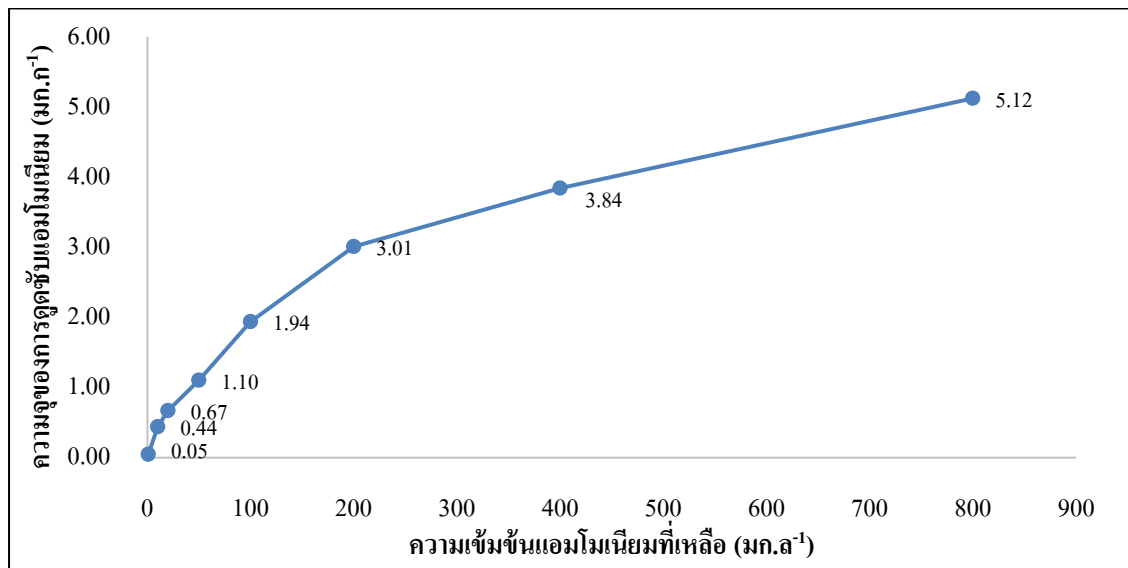
ภาพที่ 1 วัสดุดูดซับ



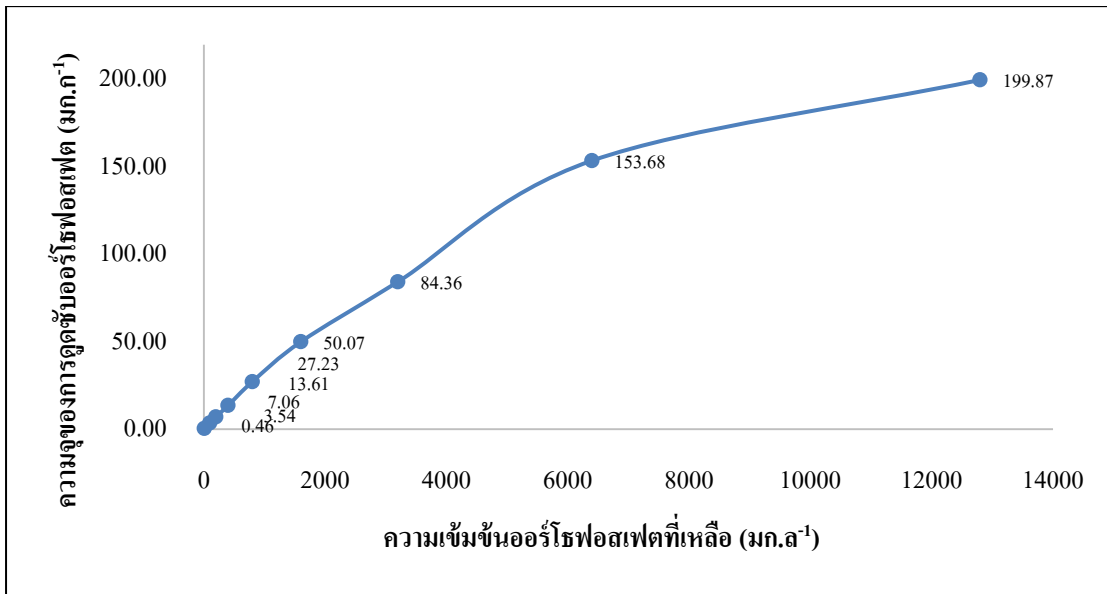
ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับแอมโมเนียมด้วยสเม็คไทต์ (SMT) และออร์โธฟอสเฟตด้วยถ้ำลอยลิกไนต์ (LFA) กับความเข้มข้นของสารละลายเริ่มต้น



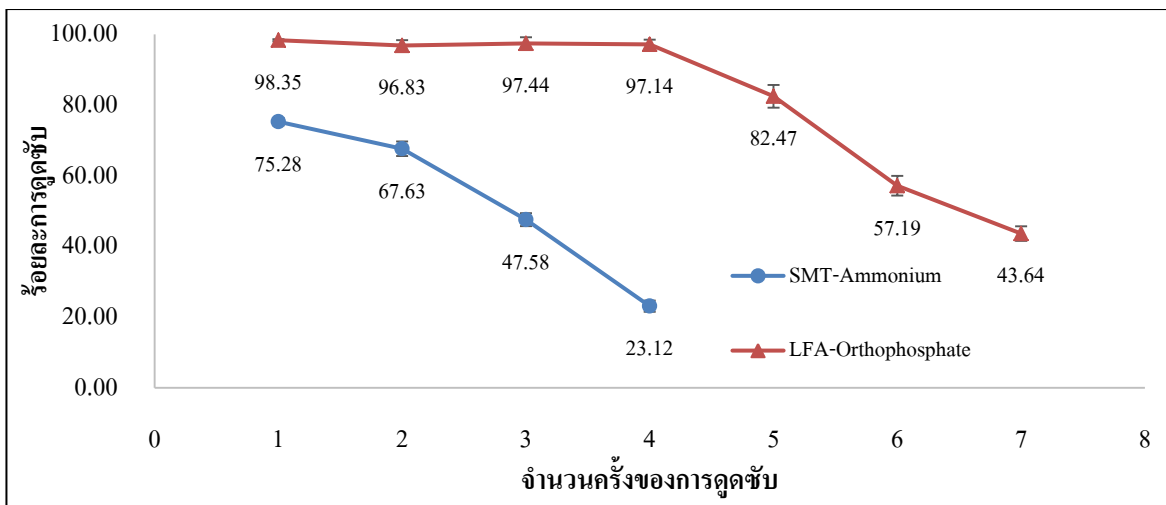
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับแอมโมเนียมด้วยสเม็คไทต์ (SMT) และออร์โธฟอสเฟตด้วยเกลืออลูมิเนียม (LFA) กับระยะเวลาสัมพัทธ์



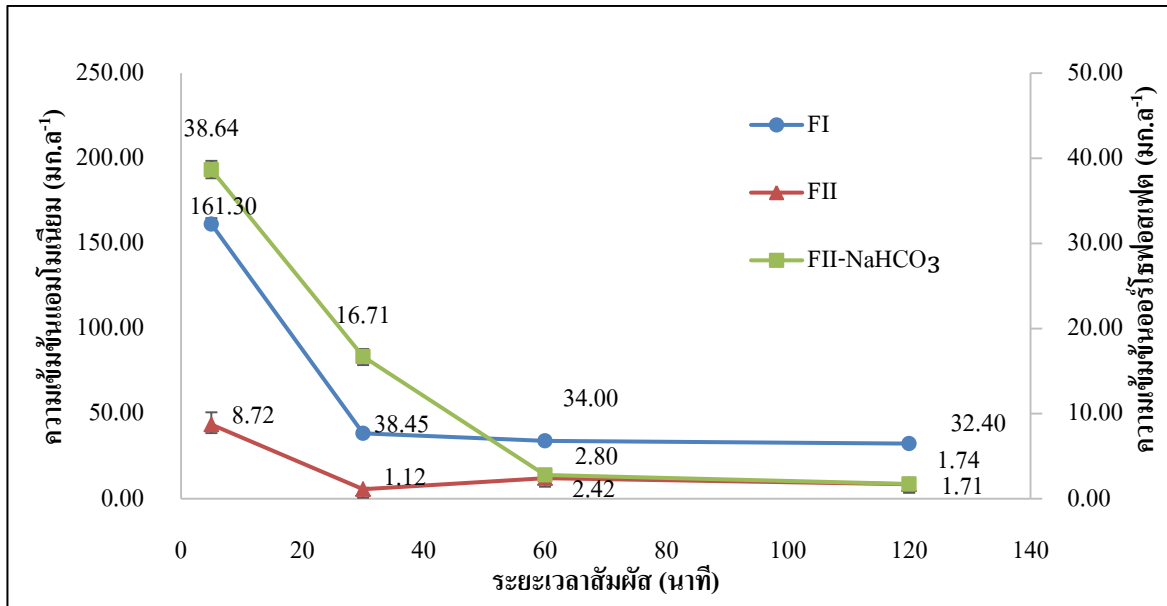
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุของการดูดซับแอมโมเนียมด้วยสเม็คไทต์ (SMT) กับความเข้มข้นแอมโมเนียมที่เหลือ



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุของการดูดซับออร์โธฟอสเฟตด้วยถ้ำลอยลิกไนต์ (LFA) และความเข้มข้นออร์โธฟอสเฟตที่เหลือ



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับแอมโมเนียมด้วยสเม็คไทต์ในน้ำเสียชุมชนและออร์โธฟอสเฟตด้วยถ้ำลอยลิกไนต์ในน้ำเสียฟาร์มสุกรกับจำนวนครั้งของการดูดซับ



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างการปลดปล่อยแอมโมเนียมของปุ๋ย FI และออร์โธฟอสเฟตของปุ๋ย FII กับระยะเวลาสัมผัส