

การบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นที่เติมจุลินทรีย์จาวปลวกและจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

Treatment of Synthetic Wastewater by Up-flow Anaerobic Filter Seeded with Termite Comb Microbes and Purple Non Sulfur Bacteria

กฤษวรพฒ อุดมศรี¹, พีรศักดิ์ หนองคำ¹, เพชร เพ็งชัย^{2*}

Kritworarot Udomsri¹, Peerasak Thonkam¹, Petch Pengchai^{2*}

Received: 9 January 2017 ; Accepted: 19 April 2017

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของ ซีโอดี ไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย และฟอสเฟต ในระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Upflow Anaerobic Filter; UAF) ที่ใช้เชือกเส้นใยไนลอนเป็นตัวกลางน้ำเสียเข้าระบบเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมจากแป้ง นม และน้ำประปาให้มีความเข้มข้นซีโอดีอยู่ในช่วง 525 - 766 มก./ล. UAF ที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1. UAF ที่ผสมหัวเชื้อจุลินทรีย์จาวปลวก (TM-UAF) 2. UAF ที่ผสมหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (PNB -UAF) และ 3. UAF ที่ไม่ผสมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (NON-B-UAF) โดยน้ำเสียบำบัดแล้วถูกปล่อยออกจากถัง 3 ถึงที่ระดับความสูง 0.9 เมตร คิดเป็นระยะเวลาพักเก็บ 5.1 ชั่วโมง อัตราการระบรทุกซีโอดี 2.8 กิโลกรัม-ซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน ผลการทดลองพบว่า TM-UAF และ PNB -UAF มีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี 68-75 % ไนเตรท 74-81 % แอมโมเนีย 60-62 % และฟอสเฟต 77-81 % ซึ่งสูงกว่า NON-B-UAF อย่างไรก็ตาม สำหรับการบำบัดไนเตรท พบว่า NON-B-UAF และ PNB -UAF มีประสิทธิภาพการบำบัดใกล้เคียงกัน คือ 33-34% ซึ่งสูงกว่า TM-UAF

คำสำคัญ: ถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น จุลินทรีย์จาวปลวก จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ซีโอดี ไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย ฟอสเฟต

Abstract

This research investigated removal efficiencies of COD, nitrate, nitrite, ammonia, and phosphate in Upflow Anaerobic Filters (UAFs). Nylon ropes were applied as UAFs' filter media. Synthetic wastewater with COD concentrations of 525 - 766 mg/l was prepared from a mixture of milk, flour and tap water. Three types of UAFs were operated in this study, 1) UAF with termite-microbes addition (TM-UAF), 2) UAF with purple non sulfur bacteria addition (PNB -UAF), 3) UAF without microbial addition (NON-B-UAF). Effluent of the UAFs was discharged at 0.9 meters height outlet. COD loading rate of 2.8 kgCOD/m³-day with hydraulic retention time of 5.1 hours were applied. The result revealed that TM-UAF and PNB -UAF had higher removal efficiencies compared to NON-B-UAF. They could remove 68-75% of COD; 74-81% of nitrite; 60-62% of ammonia; and 77-81% of phosphate. However, for nitrate removal, NON-B-UAF and PNB-UAF showed higher removal efficiencies of 33-34%.

Keywords: Upflow Anaerobic Filter, termite-microbes, purple non sulfur bacteria, COD, nitrite, nitrate, ammonia, phosphate

¹ นิสิตปริญญาตรี, ² อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Undergraduate Student, ² Lecturer, Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand

*Corresponding author: Petch Pengchai, Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand.

บทนำ

การบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพเป็นการบำบัดแบบต้นทุนต่ำ เพราะไม่สิ้นเปลืองพลังงานและไม่สิ้นเปลืองสารเคมี อย่างไรก็ตามหากเป็นการบำบัดทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Treatment) ก็ยังจัดว่าต้องใช้ต้นทุนสูง เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในการดำเนินงานให้กับเครื่องเติมอากาศ ในขณะที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (Anaerobic Treatment) ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากไม่ต้องเติมอากาศ รูปแบบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศมีอยู่ 2 แบบ คือแบบเติบโตแขวนลอย (suspended growth) และแบบฟิล์มชีวภาพ (fixed film growth) ในกรณีนี้คณะผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นซึ่งเป็นระบบฟิล์มชีวภาพชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปที่ติดตั้งตามสำนักงานและที่พักอาศัยทั่วไป ระบบนี้มีข้อดีคือความเสี่ยงที่จะเกิด Dead Zone น้อยกว่าระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลลง น้ำเสียจึงมีโอกาสสัมผัสตัวกลางได้อย่างทั่วถึง ส่วนข้อเสียของระบบนี้คือ ต้องใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียนานพอสมควรเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการบำบัดสูง จึงจำเป็นต้องใช้ถังบำบัดขนาดใหญ่ นักวิจัยได้ใช้วิธีต่างๆ เช่น ใช้วัสดุตัวกลางที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสหรือความพรุนมาก^{2,3} ใช้จุลินทรีย์ชนิดพิเศษ เช่น thermophilic bacteria⁴ หรือ anammox bacteria⁵ ซึ่งสามารถย่อยสลายสิ่งสกปรกชนิดที่สนใจได้เร็วขึ้นเพื่อพัฒนาข้อจำกัดในส่วนนี้ ทรงยศ⁶ และธรรมบุญ⁷ ได้ทดลองเติมจุลินทรีย์จากปลวก (จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในช่องแข็งบริเวณใจกลางรังปลวก) และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงลงในระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นในช่วงตั้งต้นระบบ พบว่าสามารถบำบัดซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ร้อยละ 80-90 ที่อัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ 2.6-2.9 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน ซึ่งสูงกว่ากรณีไม่เติมจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด^{6,7} อย่างไรก็ตามในด้านการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสนั้นยังมีข้อจำกัดทรงยศพบว่าที่อัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ 2.6-2.9 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน ถังที่เติมจุลินทรีย์จากปลวกมีประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนรวม (TN : Total Nitrogen) สูงสุด 37% ซึ่งน้อยกว่าถังที่ไม่เติมจุลินทรีย์จากปลวกซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัด 58%⁶ เป็นที่น่าสนใจว่ารูปไนโตรเจนชนิดที่ถูกบำบัดได้ดีในถังที่ไม่เติมจุลินทรีย์จากปลวกเป็นชนิดเดียวกันกับถังที่เติมจุลินทรีย์จากปลวกหรือไม่ ในส่วนของฟอสฟอรัสทรงยศพบว่าทั้งที่เติมและไม่เติมจุลินทรีย์จากปลวกมีประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสรวมสูงสุดใกล้เคียงกันคือ 68 และ 62% ตามลำดับ⁶ เป็นที่น่าสนใจว่าฟอสฟอรัสที่ถูกบำบัดในสองถังดังกล่าวอยู่ในรูปฟอสเฟตเหมือนระบบบำบัดฟอสฟอรัสระบบอื่นๆ^{8,9} หรือไม่ การทราบชนิดของไนโตรเจน

และฟอสฟอรัสที่ถูกบำบัดได้ในถังเติมและไม่เติมจุลินทรีย์จากปลวกย่อมจะเป็นประโยชน์ในดูแลและพัฒนาระบบต่อไป

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองต่อยอดจากงานวิจัยของทรงยศ⁶ และ ธรรมบุญ⁷ โดยวิเคราะห์ชนิดของไนโตรเจน (แอมโมเนีย ไนโตรที่ไนเตรท) และฟอสฟอรัส (ฟอสเฟต) ในน้ำเสียทั้งก่อนและหลังบำบัดด้วยระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น แล้วนำข้อมูลมาประกอบการพิจารณาสมรรถนะการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นโดยเปรียบเทียบระหว่างกรณีเติมและไม่เติมจุลินทรีย์จากปลวกและจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี ไนโตรที่ไนเตรท แอมโมเนีย และฟอสเฟตของระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Upflow Anaerobic Filter) ที่ใช้เชื้อเส้นใยในลอนเป็นตัวกลาง โดยเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่เติมจุลินทรีย์จากปลวกและจุลินทรีย์สังเคราะห์กับกรณีที่ไม่เติมจุลินทรีย์

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. วัสดุกรอง

ใช้วัสดุกรอง 1,440 ชิ้นต่อถังกรอง โดยวัสดุกรองแต่ละชิ้นทำจากเชือกในลอนเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ยาว 10 เซนติเมตร จำนวน 20 เส้นมัดรวมกัน มีพื้นที่ผิว 0.92 ตารางเมตรต่อชิ้น^{6,7,10} เมื่อวางลงจนเต็มถึงที่ความสูง 0.9 เมตร พบว่ามีปริมาตรประมาณ 5.76 ลูกบาศก์เมตร

2. ระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น

ใช้ถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นทำจากท่อ PVC รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.15 เมตร จำนวน 3 ถัง ถังหนึ่งไม่เติมเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (ถัง NON-B-UAF) ถังหนึ่งเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (ถัง PNB-UAF) ส่วนอีกถังหนึ่งเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์จากปลวก (ถัง TM-UAF) ดังแสดงใน Figure 1 แต่ละถังถูกเจาะรูที่ความสูงถึง 0.3 เมตร 0.6 เมตร และ 0.9 เมตรด้านบนของถังกรองทั้ง 2 ถังต่อกับถังพักน้ำเสียปริมาตร 60.3 ลิตรโดยให้ท่อน้ำเข้าถังกรองยาวลงไปถึงก้นถังเพื่อให้ น้ำเสียไหลเข้าระบบแบบไหลขึ้นเช่นเดียวกับที่ระบุไว้ในงานวิจัยของทรงยศ⁶ ธรรมบุญ⁷ และ ชันวานี¹⁰

3. น้ำเสีย

ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ เตรียมจากแป้งประกอบอาหาร (ตราโกกิ บริษัท เอ็มแอนด์อาร์ โกกิ จำกัด ผลิตในประเทศไทย) 900 กรัม ต่อ นมวัว (แบบ ยู.เอช.ที. รสหวาน ตราวัวแดง บริษัท ไทย-เดนมาร์ค ผลิตในประเทศไทย) 150 กรัม ผสมกับน้ำประปาปริมาตร 600 ลิตร มีค่าซีโอดีอยู่ระหว่าง

400-900 มิลลิกรัม/ลิตร



Figure 1 Up-flow Anaerobic Filter

4. เงื่อนไขการเดินระบบ

4.1 ช่วงเริ่มต้นเดินระบบ (start-up)

กรณีถึง TM-UAF เริ่มจากการผลิตหัวเชื้อจุลินทรีย์จากปาล์มโดยนำจาวปาล์ม (ของแข็งมีรูปพรุนอยู่ใจกลางรังปาล์ม) 2 กำมือมาผสมกับข้าวเหนียวหนึ่งซีก 2 กิโลกรัม หมักไว้ในถังที่ผสมน้ำสะอาด 20 ลิตรเป็นเวลา 7 วันจึงได้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากปาล์มจากนั้นนำหัวเชื้อจุลินทรีย์จาวปาล์ม 7.95 ลิตรใส่ลงในถัง TM-UAF แล้วเติมอาหารเลี้ยงเชื้อและน้ำประปา 7.95 ลิตร เพื่อให้ได้ความเข้มข้น Peptone 5 กรัมต่อลิตร NaCl 5 กรัมต่อลิตร Beef extract 3 กรัมต่อลิตร และ Yeast extract 3 กรัมต่อลิตร หลังจากแช่ตัวกลางทิ้งไว้ในถังกรอง 7 วันจึงเวียนน้ำออกจากถังที่จุดน้ำออกสูงจากกันถึง 0.9 เมตรแล้วนำกลับเข้าถังใหม่เป็นเวลา 7 วันเพื่อให้จุลินทรีย์เกาะกับตัวกลาง จากนั้นปล่อยน้ำเข้าออกระบบโดยไม่เวียนกลับอีก 7 วันก่อนเริ่มเก็บตัวอย่างมาตรวจวัดกรณีถึง PNB-UAF นั้นทำทุกอย่างเหมือนถึง TM-UAF เพียงแต่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อการเกษตร (ชื่อผลิตภัณฑ์สยามโรโต) ลงไปแทนหัวเชื้อจุลินทรีย์จาวปาล์ม ส่วนถึง NON-B-UAF นั้นทำทุกอย่างเหมือนถึง TM-UAF เพียงแต่ใส่น้ำประปาลงไปแทนหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

4.2 ช่วงบำบัดน้ำเสีย

เดินระบบโดยใช้อัตราการไหล 47.7 ลิตร/วัน โดยปล่อยน้ำออกด้านบนสุดของถังที่ความสูง 0.9 เมตรคิดเป็นระยะเวลาที่เก็บ 5.1 ชั่วโมง และอัตราการบรรทุกชีโอดีเฉลี่ย 8.5 กิโลกรัมชีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วันเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าถังกรองและออกจากถังกรองแต่ละถังที่ระยะความสูง

ทั้ง 3 ค่า แล้วตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของถังกรอง

5. วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิเคราะห์ความเข้มข้น COD โดยวิธี Close Reflux Method วิเคราะห์ความเข้มข้นไนโตรเจนโดยวิธีอัลตราไวโอเลตสเปคโตรโฟโตเมทริกสแกนนิ่ง¹¹ วิเคราะห์ความเข้มข้นไนเตรทโดยวิธีการทำให้เกิดสี¹¹ วิเคราะห์ความเข้มข้นแอมโมเนียโดยวิธีเนสเลอร์เซชัน¹¹ และวิเคราะห์ความเข้มข้นฟอสเฟตโดยวิธีเวนาโดโมลิบโดฟอสฟอริกแอซิด¹¹

ผลการทดลอง

ความเข้มข้นชีโอดีในน้ำเข้าและน้ำออกจากถังกรองไร้อากาศทั้ง 3 ถังเป็นดังแสดงใน Figure 2 กล่าวได้ว่าระบบเริ่มอยู่ในสภาวะคงที่ในช่วงวันที่ 35 ของการเดินระบบเป็นต้นไป

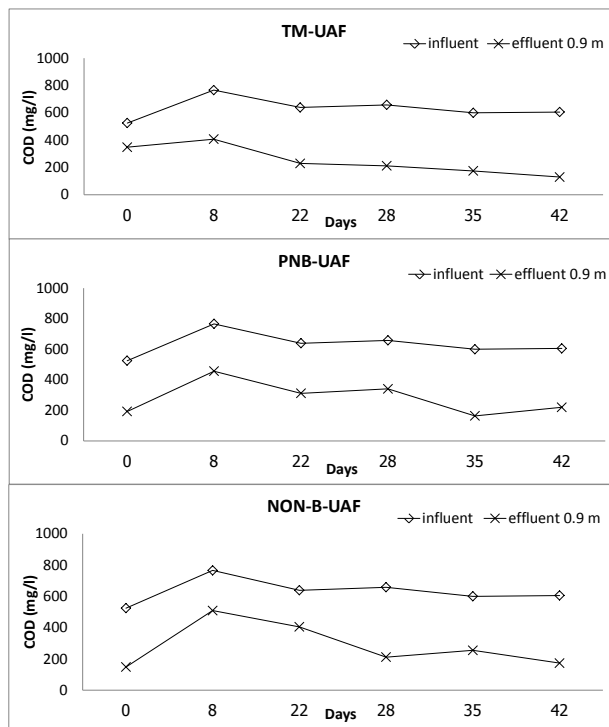


Figure 2 COD concentrations in UAFs

เมื่อนำความเข้มข้น COD ในช่วงดังกล่าวมาคำนวณค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดพบว่าที่ระดับความสูง 0.9 เมตร ถึง TM-UAF มีประสิทธิภาพการบำบัด COD สูงสุด (75%) รองลงมาคือถึง PNB-UAF (68%) ตามด้วยถึง NON-B-UAF (64%) ตามลำดับดังแสดงใน Figure 3 แม้ประสิทธิภาพการบำบัดในงานวิจัยนี้จะมีค่าน้อยกว่าที่พบในงานวิจัยของทรงยศและ ธรรมบุญแต่ก็กล่าวได้ว่าการเติมจุลินทรีย์มีผลเพิ่มความสามารภในการบำบัด COD ของถังกรองไร้อากาศ

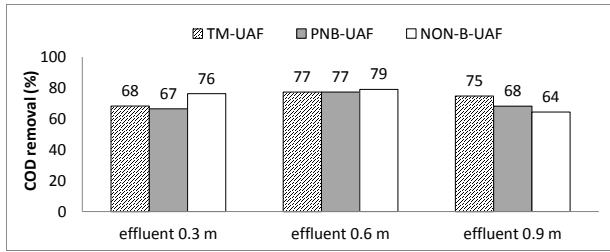


Figure 3 Average COD removal efficiencies

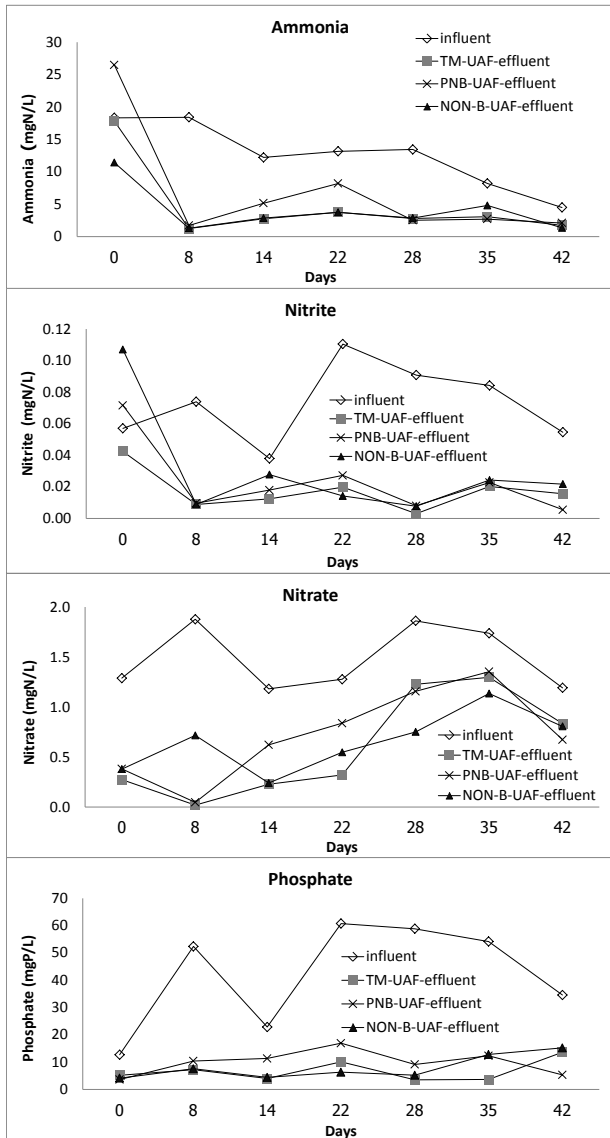


Figure 4 Ammonia, nitrite, nitrate and phosphate concentrations of effluents of various reactors

สำหรับการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสนั้นจาก Figure 4 พบว่าในช่วง 35-42 วัน ของการเดินระบบ น้ำเสียเข้าระบบมีความเข้มข้นแอมโมเนีย 4-8 มิลลิกรัม/ลิตร ไนไตรท์ 0.05-0.08 มิลลิกรัม/ลิตร ไนเตรต 1.2-1.7 มิลลิกรัม/ลิตร และฟอสเฟตเท่ากับ 34-54 มิลลิกรัม/ลิตร ถือว่ามีสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับน้ำเสียในงานวิจัย

อื่น เช่น ในงานวิจัยของอรุณวรรณ หวังกอบเกียรติและคณะ¹¹ จากผลการทดลองพบว่าทั้ง 3 ถังสามารถบำบัดได้ทั้งแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรต และฟอสเฟต โดยถัง TM-UAF บำบัดแอมโมเนียได้ดีที่สุด (62%) ถัง PNB-UAF บำบัดไนไตรท์และฟอสเฟตได้ดีที่สุด (81%) ส่วนถัง NON-B-UAF นั้น บำบัดไนเตรต (34%) ได้ในระดับใกล้เคียงกับถัง PNB-UAF (33%) และสูงกว่าถัง TM-UAF (28%) ดังแสดงใน Figure 5 กล่าวได้ว่าชนิดของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ถูกบำบัดในถังที่ไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์เป็นชนิดเดียวกับที่ถูกบำบัดในถังที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ โดยถังที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงและถังที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์จำพวกมีแนวโน้มจะบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ และฟอสเฟต ได้ดีกว่าถังที่ไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงและหัวเชื้อจุลินทรีย์จำพวกมีจุลินทรีย์ที่สามารถบำบัดสารประกอบข้างต้นได้ดังนี้ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสามารถบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนโตรเจนอนินทรีย์ และไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียได้¹² นอกจากนี้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงยังจัดเป็นจุลินทรีย์สะสมฟอสเฟต (PAOs : Polyphosphate-Accumulating Organisms)⁹ ชนิดหนึ่งซึ่งสามารถบำบัดฟอสฟอรัสได้โดยการสะสมฟอสเฟตไว้ในตัว¹³ และแม้อยู่ในภาวะไร้ออกซิเจนก็สามารถบำบัดฟอสเฟตได้¹⁴ ส่วนจุลินทรีย์ที่พบในรังหรือลำไส้ปลวกนั้น มีทั้งชนิดที่กำจัดไนเตรตด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชัน ชนิดตรึงไนโตรเจนไว้ในตัว ชนิดย่อยสลายกรดยูริกเพื่อผลิตแอมโมเนีย¹⁵ ตลอดจนชนิดที่กำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียได้ เช่น *Enterobacter*^{16,17} ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่าจุลินทรีย์ชนิดที่อาศัยอยู่ในถังที่ไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ เช่น จุลินทรีย์ชนิดผลิตก๊าซมีเทน สามารถปะปนเข้าไปอาศัยอยู่ในถังกรองอีก 2 ถังด้วยเช่นกัน

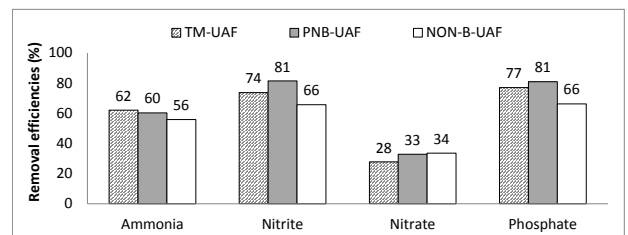


Figure 5 Average removal efficiencies

สำหรับการบำบัดฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟตของระบบนั้น พบว่าเมื่อสัดส่วน COD/PO₄ น้อยกว่า 15 (Figure 6) ถัง TM-UAF และถัง NON-B-UAF จะมีประสิทธิภาพการบำบัดมากกว่า 70 % เสมือนว่าสัดส่วน COD/PO₄ ในน้ำเสียจะแปรผกผันกับประสิทธิภาพการบำบัดฟอสเฟตของระบบ ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับที่ระบุในงานวิจัยของ Panswad และคณะว่าสัดส่วน COD/PO₄ ที่มีค่าต่ำจะกระตุ้นการเจริญเติบโตของ

จุลินทรีย์สะสมฟอสเฟต (PAOs : Polyphosphate-Accumulating Organisms)^๑ แต่ก็เป็นที่น่าทึ่งที่ว่า PAOs จะปล่อยฟอสเฟตออกมาในสภาวะไร้อากาศและกินฟอสเฟตกลับเข้าไปในปริมาณที่มากกว่าเมื่อกลับมาอยู่ในสภาวะมีอากาศ ดังนั้นจึงยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าฟอสเฟตในถังกรองถูกกำจัดด้วย PAOs ตามกระบวนการ Enhanced Biological Phosphorus Removal (EBPR) ที่รู้จักกันทั่วไป ทั้งนี้ความเป็นไปได้ที่ฟอสเฟตในน้ำเสียจะถูกบำบัดด้วยการทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำเกิดเป็นตะกอนนั้นยังคงมีอยู่ แต่ไม่น่าเป็นปฏิกิริยาหลักเนื่องจากหากเป็นเช่นนั้นก็น่ามีความแตกต่างระหว่างถังกรองและปริมาณแคลเซียมกับฟอสเฟตไฮดรอกไซด์ในน้ำก็ไม่มากนักพอจะกำจัดฟอสเฟตได้ถึง 70 % ดังจะเห็นได้จากผลวิจัยของ Carlaon และคณะ^๑ ที่พบว่า เมื่อน้ำเสียมีค่าพีเอชเป็นกลาง ฟอสเฟตในน้ำต้องมีความเข้มข้นอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม/ลิตร ต่อความเข้มข้นแคลเซียม 100 มิลลิกรัม/ลิตร จึงจะเกิดการตกตะกอนได้^๑

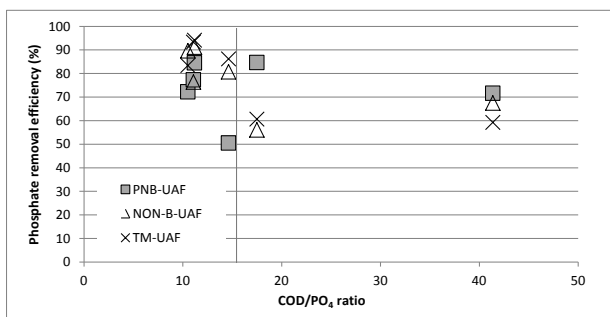


Figure 6 COD/PO₄ ratios vs phosphate removal efficiencies

สรุปผลการทดลอง

ถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นภายใต้ระยะเวลาพักเก็บ 5.1 ชั่วโมง ในงานวิจัยนี้สามารถบำบัด ซีโอดีไนโตรเจนในเนตรทแอมโมเนีย และฟอสเฟต ได้โดยถึงที่เติมจุลินทรีย์จากปลวกและถึงที่เติมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี 68-75 % ไนโตรเจน 74-81% แอมโมเนีย 60-62 % และฟอสเฟต 77-81% ซึ่งสูงกว่าถังที่ไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์อย่างไรก็ตาม สำหรับการบำบัดในเนตรท พบว่าถังที่ไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์และถึงที่เติมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมีประสิทธิภาพการบำบัดใกล้เคียงกัน คือ 33-34%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกทุกประการ และขอขอบคุณ คุณทรงยศ มงคลพิศ และ คุณธรรมบุญ ม้าวิเศษ ที่ให้คำแนะนำมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

1. ทรงยศ มงคลพิศ, เพชร เพ็งชัย. ความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์จากปลวกในถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นโดยใช้เชื้อในถ่อนและตัวกรองไม้ไผ่เป็นตัวกลาง. วารสารวิจัย มข. (บศ.)2559;16 (1): 12-20.
2. Joo-Hwa T, Kuan-Yeow S, Jeyaseelan S. Media Factors Affecting the Performance of Upflow Anaerobic Packed-Bed Reactors. Environmental Monitoring and Assessment 1997; 44(1): 249-261.
3. Bandara W MKRTW, Nanayakkara KGN, Premananth P, Werellagama DRIB. Development of an upflow anaerobic biological filter for domestic use in tropical countries. Annual Research Journal of SLSAJ 2008; 8 (https://www.researchgate.net/profile/Wasala_Bandara/publications).
4. Tang Y Q, Fujimura Y, Shigematsu T, Morimura S, Kida K. Anaerobic treatment performance and microbial population of thermophilic upflow anaerobic filter reactor treating awamori distillery wastewater. Journal of Bioscience and Bioengineering 2007; 104(4): 281-287.
5. Babaei AA, Azadi R, Jaafarzadeh N, Alavi N. Application and kinetic evaluation of upflow anaerobic biofilm reactor for nitrogen removal from wastewater by Anammox process. Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering 2013; 10:20(<http://www.ijehse.com/content/10/1/20>).
6. ทรงยศ มงคลพิศ. การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยจุลินทรีย์จากปลวกในระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2558.
7. ธรรมบุญ ม้าวิเศษ. การใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2558.
8. Panswad T, Tongkhammak N, Anotai J. Estimation of intracellular phosphorus content of phosphorus-accumulating organisms at different P:COD feeding ratios. Journal of Environmental Management 2007; 84: 141-145.
9. Carlsson H, Aspegren H, Lee N, Hilmer A. Calcium phosphate precipitation in biological phosphorus removal systems. Water Research 1997; 31(5): 951-

1250.

10. ชันวานี จีใจ. การบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์แบบยัดเกาะตัวกลางชนิดเส้นใยไผ่ลอยน้โดยระบบถังกรองไร้อากาศ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2549.
11. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษ. น้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและมาตรฐานคุณภาพน้ำ; 2548.
12. Zhang X, Shu M, Wang Y, Fu L, Li W, Deng B, Liang Q, Shen W. Effect of photosynthetic bacteria on water quality and microbiota in grass carp culture. *World J Microbiol Biotechnol* 2014;30(9):2523-31.
13. Liang CM, Hung CH, Hsu SC, Yeh IC. Purple nonsulfur bacteria diversity in activated sludge and its potential phosphorus-accumulating ability under different cultivation conditions. *Appl Microbiol Biotechnol* 2010; 86(2):709-719.
14. Kim M K, Choi K M, Yin C R, Lee K Y, Im W T, Lim J H, Lee S T. Odorous swine wastewater treatment by purple non-sulfur bacteria, *Rhodospseudomonas palustris*, isolated from eutrophicated ponds. *Biotechnology Letters* 26: 819–822, 2004.
15. Golichenkov M V, Kostina N V, Ul'yanova T A, Dobrovolskaya T G, Umarov M M. Specific Features of Nitrogen Fixation and Denitrification in Termites *Neotermes castaneus*, *Zootermopsis angusticollis*, and *Reticulitermes lucifugus*. *Biology Bulletin of the Russian Academy of Sciences* 2002; 29(2): 172–175.
16. Eutick M L, O'brien R W, Slaytor M. Bacteria from the Gut of Australian Termites. *Applied and Environmental Microbiology* 1978. 823-828.
17. Usharani K, Muthukumar M, Lakshmanaperumalsamy P. Studies on the Efficiency of the Removal of Phosphate Using Bacterial Consortium for the Biotreatment of Phosphate Wastewater. *European Journal of Applied Sciences* 2009; 1(1): 06-15.