การบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์โดยถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นที่เติมจุลินทรีย์จาวปลวกและจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

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

กฤษวรพฒ อุดมศรี[1],พีรศักดิ์ ท่อนคำ[1], เพชร เพ็งชัย[2*]

Kritworarot Udomsri [1], Peerasak Thonkam[1], Petch Pengchai[2*]

Received: 9 January 2017 ; Accepted: 19 April 2017

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของ ซีโอดี ไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย และฟอสเฟต ในระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น (Upflow Anaerobic Filter; UAF) ที่ใช้เชือกเส้นใยไนล่อนเป็นตัวกลางน้ำเสียเข้าระบบเป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมจากแป้ง นม และน้ำประปาให้มีความเข้มข้นซีโอดีอยู่ในช่วง 525 - 766 มก./ล.UAFที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1.UAFที่ผสมหัวเชื้อจุลินทรีย์จาวปลวก (TM-UAF) 2.UAF ที่ผสมหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง (PNB -UAF) และ 3.UAF ที่ไม่ผสมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (NON-B-UAF) โดยน้ำเสียบำบัดแล้วถูกปล่อยออกจากทั้ง 3 ถังที่ระดับความสูง 0.9 เมตร คิดเป็นระยะเวลากักเก็บ 5.1 ชั่วโมง อัตราภาระบรรทุกซีโอดี 2.8 กิโลกรัม-ซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน ผลการทดลองพบว่า TM-UAF และ PNB -UAF มีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี 68-75 % ไนไตรท์ 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 wasdischarged at 0.9 meters height outlet. COD loading rate of 2.8 kgCOD/m^3-day with hydraulic retention time of 5.1 hours were applied. The result revealed that TM-UAFandPNB -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, fornitrate removal,NON-B-UAF and PNB-UAFshowed higher removal efficiencies of33-34%.

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: PetchPengchai, 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) ในการนี้คณะผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นซึ่งเป็นระบบฟิล์มชีวภาพชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปที่ติดตั้งตามสำนักงานและที่พักอาศัยทั่วไป ระบบนี้มีข้อดีคือความเสี่ยงที่จะเกิด Dead Zone น้อยกว่าระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลลง[1]น้ำเสียจึงมีโอกาสสัมผัสตัวกลางได้อย่างทั่วถึง ส่วนข้อเสียของระบบนี้คือ ต้องใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียนานพอสมควรเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการบำบัดสูง จึงจำเป็นต้องใช้ถังบำบัดขนาดใหญ่ นักวิจัยได้ใช้วิธีต่างๆ เช่น ใช้วัสดุตัวกลางที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสหรือความพรุนมาก[2,3] ใช้จุลินทรีย์ชนิดพิเศษ เช่น thermophilicbacteria[4] หรือ anammoxbacteria[5]ซึ่งสามารถย่อยสลายสิ่งสกปรกชนิดที่สนใจได้เร็วขึ้นเพื่อพัฒนาข้อจำกัดในส่วนนี้ ทรงยศ[6] และ ธรรมนูญ[7] ได้ทดลองเติมจุลินทรีย์จาวปลวก (จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในของแข็งบริเวณใจกลางรังปลวก) และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงลงในระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นในช่วงตั้งต้นระบบ พบว่าสามารถบำบัดซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ร้อยละ 80-90ที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.6-2.9 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน ซึ่งสูงกว่ากรณีไม่เติมจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด[6,7] อย่างไรก็ตามในด้านการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสนั้นยังมีข้อจำกัดทรงยศพบว่าที่อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 2.6-2.9 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วัน ถังที่เติมจุลินทรีย์จาวปลวกมีประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนรวม (TN : Total Nitrogen) สูงสุด 37% ซึ่งน้อยกว่าถังที่ไม่เติมจุลินทรีย์จาวปลวกซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัด 58%[6] เป็นที่น่าสนใจว่ารูปไนโตรเจนชนิดที่ถูกบำบัดได้ดีในถังที่ไม่เติมจุลินทรีย์จาวปลวกเป็นชนิดเดียวกันกับถังที่เติมจุลินทรีย์จาวปลวกหรือไม่ ในส่วนของฟอสฟอรัสทรงยศพบว่าทั้งถังที่เติมและไม่เติมจุลินทรีย์จาวปลวกมีประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสรวมสูงสุดใกล้เคียงกันคือ 68 และ 62% ตามลำดับ[6]เป็นที่น่าสนใจว่าฟอสฟอรัสที่ถูกบำบัดในสองถังดังกล่าวอยู่ในรูปฟอสเฟตเหมือนระบบบำบัดฟอสฟอรัสระบบอื่นๆ[8,9] หรือไม่ การทราบชนิดของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ถูกบำบัดได้ในถังเติมและไม่เติมจุลินทรีย์จาวปลวกย่อมจะเป็นประโยชน์ในดูแลและพัฒนาระบบต่อไป

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองต่อยอดจากงานวิจัยของทรงยศ[6] และ ธรรมนูญ[7] โดยวิเคราะห์ชนิดของไนโตรเจน (แอมโมเนีย ไนไตรท์ไนเตรท) และฟอสฟอรัส (ฟอสเฟต) ในน้ำเสียทั้งก่อนและหลังบำบัดด้วยระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น แล้วนำข้อมูลมาประกอบการพิจารณาสมรรถนะการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นโดยเปรียบเทียบระหว่างกรณีเติมและไม่เติมจุลินทรีย์จาวปลวกและจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี ไนไตรท์ไนเตรท แอมโมเนีย และฟอสเฟตของระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น (UpflowAnaerobic Filter) ที่ใช้เชือกเส้นใยไนล่อนเป็นตัวกลาง โดยเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่เติมจุลินทรีย์จาวปลวกและจุลินทรีย์สังเคราะห์กับกรณีที่ไม่เติมจุลินทรีย์

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. วัสดุกรอง

ใช้วัสดุกรอง1,440 ชิ้นต่อถังกรอง โดยวัสดุกรองแต่ละชิ้นทำจากเชือกไนล่อนเส้นผ่าศูนย์กลาง 1มิลลิเมตร ยาว 10 เซนติเมตร จำนวน 20 เส้นมัดรวมกัน มีพื้นที่ผิว 0.92 ตารางเมตรต่อชิ้น[6,7,10] เมื่อวางลงจนเต็มถังที่ความสูง 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) ส่วนอีกถังหนึ่งเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์จาวปลวก (ถัง TM-UAF) ดังแสดงใน Figure 1 แต่ละถังถูกเจาะรูที่ความสูงถัง 0.3 เมตร 0.6 เมตร และ 0.9 เมตรด้านบนของถังกรองทั้ง 2 ถังต่อกับถังพักน้ำเสียปริมาตร 60.3 ลิตรโดยให้ท่อน้ำเข้าถังกรองยาวลงไปถึงก้นถังเพื่อให้น้ำเสียไหลเข้าระบบแบบไหลขึ้นเช่นเดียวกับที่ระบุไว้ในงานวิจัยของทรงยศ[6]ธรรมนูญ[7]และ ซันวานี[10]

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)

กรณีถัง TM-UAF เริ่มจากการผลิตหัวเชื้อจุลินทรีย์จาวปลวกโดยนำจาวปลวก (ของแข็งมีรูพรุนอยู่ใจกลางรังปลวก) 2 กำมือมาผสมกับข้าวเหนียวนึ่งสุก 2 กิโลกรัม หมักไว้ในถังที่ผสมน้ำสะอาด 20 ลิตรเป็นเวลา 7 วันจึงได้หัวเชื้อจุลินทรีย์จาวปลวกจากนั้นนำหัวเชื้อจุลินทรีย์จาวปลวก 7.95 ลิตรใส่ลงในถัง TM-UAF แล้วเติมอาหารเลี้ยงเชื้อและน้ำประปา 7.95 ลิตร เพื่อให้ได้ความเข้มข้น Peptone 5 กรัมต่อลิตร NaCl5 กรัมต่อลิตร Beef extract 3 กรัมต่อลิตรและ Yeast extract 3 กรัมต่อลิตร หลังจากแช่ตัวกลางทิ้งไว้ในถังกรอง 7 วัน จึงเวียนน้ำออกจากถังที่จุดน้ำออกสูงจากก้นถัง 0.9 เมตรแล้วนำกลับเข้าถังใหม่เป็นเวลา 7 วันเพื่อให้จุลินทรีย์เกาะกับตัวกลาง จากนั้นปล่อยน้ำเข้าออกระบบโดยไม่เวียนกลับอีก 7 วันก่อนเริ่มเก็บตัวอย่างมาตรวจวัดกรณีถัง PNB-UAF นั้นทำทุกอย่างเหมือนถัง TM-UAF เพียงแต่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงเพื่อการเกษตร (ชื่อผลิตภัณฑ์สยามโรโด) ลงไปแทนหัวเชื้อจุลินทรีย์จาวปลวก ส่วนถัง NON-B-UAF นั้นทำทุกอย่างเหมือนถัง TM-UAF เพียงแต่ใส่น้ำประปาลงไปแทนหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

4.2 ช่วงบำบัดน้ำเสีย

เดินระบบโดยใช้อัตราการไหล 47.7 ลิตร/วัน โดยปล่อยน้ำออกด้านบนสุดของถังที่ความสูง 0.9 เมตรคิดเป็นระยะเวลากักเก็บ 5.1 ชั่วโมง และอัตราภาระบรรทุกซีโอดีเฉลี่ย 8.5 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร-วันเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าถังกรองและออกจากถังกรองแต่ละถังที่ระยะความสูงทั้ง 3 ค่า แล้วตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของถังกรอง

5. วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิเคราะห์ความเข้มข้น COD โดยวิธี Close Reflux Method วิเคราะห์ความเข้มข้นไนไตรท์โดยวิธีอุลตร้าไวโอเลตสเปคโตโฟโตเมทริคสแกนนิ่ง[11] วิเคราะห์ความเข้มข้นไนเตรทโดยวิธีการทำให้เกิดสี[11] วิเคราะห์ความเข้มข้นแอมโมเนียโดยวิธีเนสเลอไรเซชั่น[11] และวิเคราะห์ความเข้มข้นฟอสเฟตโดยวิธีเวนาโดโมลิบโดฟอสฟอริกแอซิด[11]

ผลการทดลอง

ความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเข้าและน้ำออกจากถังกรองไร้อากาศทั้ง 3 ถังเป็นดังแสดงใน Figure 2 กล่าวได้ว่าระบบเริ่มอยู่ในสภาวะคงที่ในช่วงวันที่ 35 ของการเดินระบบเป็นต้นไป

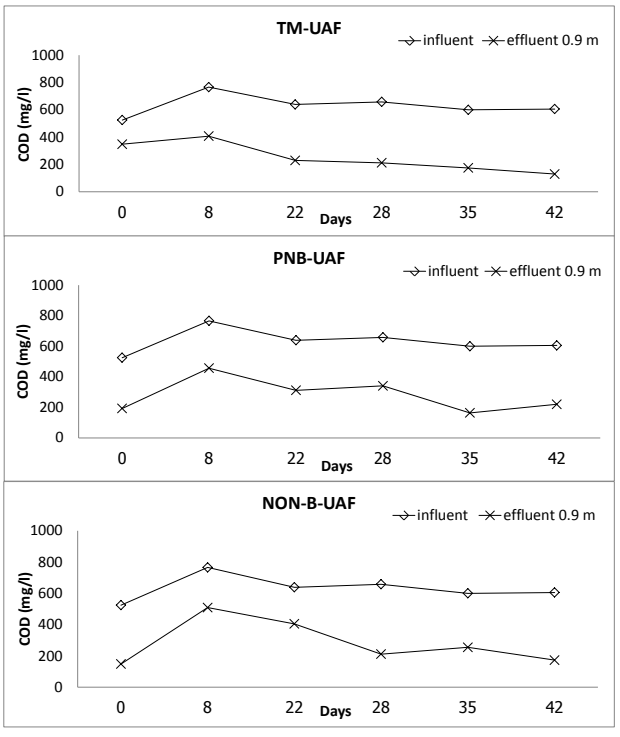

Figure 2 COD concentrations in UAFs

เมื่อนำความเข้มข้นCODในช่วงดังกล่าวมาคำนวณค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดพบว่าที่ระดับความสูง 0.9 เมตร ถัง TM-UAF มีประสิทธิภาพการบำบัดCODสูงสุด (75%) รองลงมาคือถัง PNB-UAF (68%) ตามด้วยถัง NON-B-UAF(64%) ตามลำดับดังแสดงใน Figure 3 แม้ประสิทธิภาพการบำบัดในงานวิจัยนี้จะมีค่าน้อยกว่าที่พบในงานวิจัยของทรงยศและ ธรรมนูญแต่ก็กล่าวได้ว่าการเติมจุลินทรีย์มีผลเพิ่มความสามารถในการบำบัด COD ของถังกรองไร้อากาศ

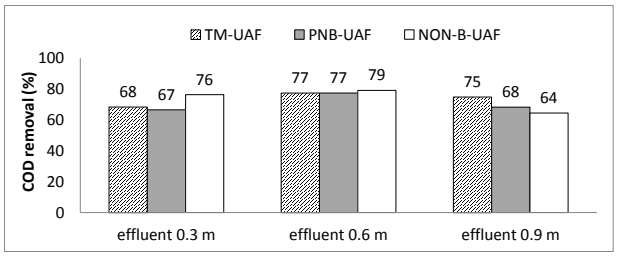

Figure 3 Average COD removal efficiencies

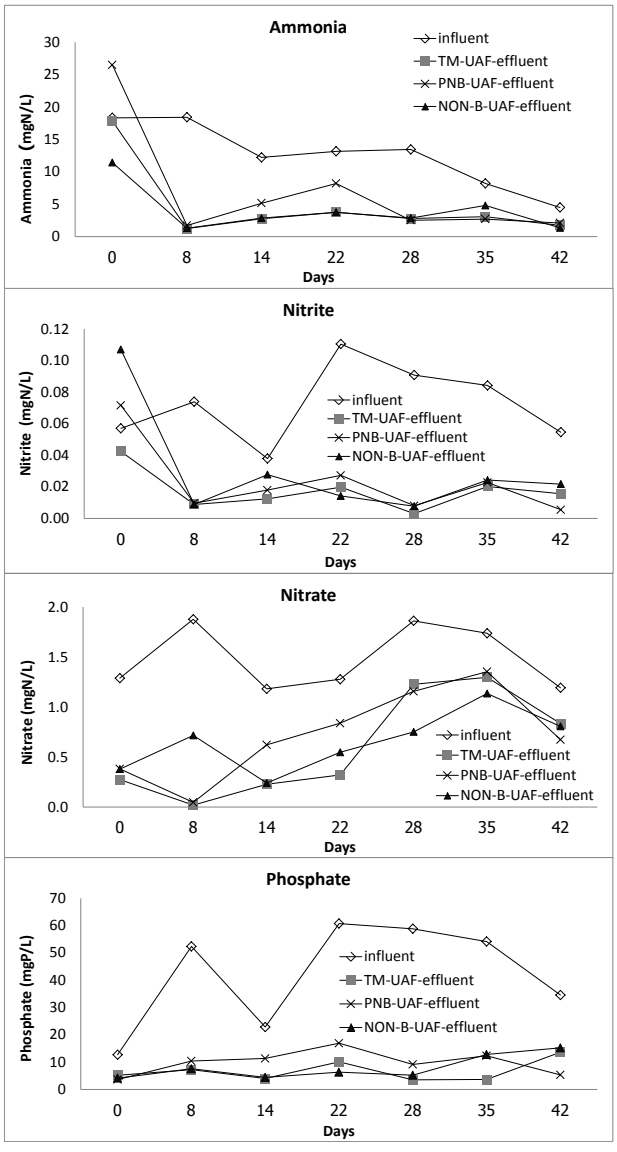

Figure 4 Ammonia, nitrite, nitrate and phosphate concentrations of effluents of various reactors

สำหรับการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสนั้นจาก Figure 4 พบว่าในช่วง 35-42วัน 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 ถือว่ามีสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับน้ำเสียในงานวิจัยอื่น เช่น ในงานวิจัยของอรุณวรรณ หวังกอบเกียรติและคณะ[11] จากผลการทดลองพบว่าทั้ง 3 ถังสามารถบำบัดได้ทั้งแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟต โดยถัง TM-UAF บำบัดแอมโมเนียได้ดีที่สุด (62%) ถัง PNB-UAF บำบัดไนไตรท์และฟอสเฟตได้สูงที่สุด (81%) ส่วนถัง NON-B-UAF นั้น บำบัดไนเตรท (34%) ได้ในระดับใกล้เคียงกับถัง PNB-UAF (33%) และสูงกว่าถัง TM-UAF(28%) ดังแสดงใน Figure 5 กล่าวได้ว่าชนิดของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ถูกบำบัดในถังที่ไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์เป็นชนิดเดียวกับที่ถูกบำบัดในถังที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ โดยถังที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงและถังที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์จาวปลวกมีแนวโน้มจะบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ และฟอสเฟต ได้ดีกว่าถังที่ไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในหัวเชื้อจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงและหัวเชื้อจุลินทรีย์จาวปลวกมีจุลินทรีย์ที่สามารถบำบัดสารประกอบข้างต้นได้ดังนี้ จุลลินทรีย์สังเคราะห์แสงสามารถบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนโตรเจนอนินทรีย์ และไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียได้[12] นอกจากนี้จุลลินทรีย์สังเคราะห์แสงยังจัดเป็นจุลินทรีย์สะสมฟอสเฟต (PAOs : Polyphosphate-Accumulating Organisms)[8] ชนิดหนึ่งซึ่งสามารถบำบัดฟอสฟอรัสได้โดยการสะสมฟอสเฟตไว้ในตัว[13] และแม้อยู่ในภาวะไร้ออกซิเจนก็สามารถบำบัดฟอสเฟตได้[14] ส่วนจุลินทรีย์ที่พบในรังหรือลำไส้ปลวกนั้น มีทั้งชนิดที่กำจัดไนเตรทด้วยกระบวนการดิไนตริฟิเคชั่น ชนิดตรึงไนโตรเจนไว้ในตัว ชนิดย่อยสลายกรดยูริคเพื่อผลิตแอมโมเนีย[15] ตลอดจนชนิดที่กำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียได้ เช่น Enterobacter[16,17] ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่าจุลินทรีย์ชนิดที่อาศัยอยู่ในถังที่ไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ เช่น จุลินทรีย์ชนิดผลิตก๊าซมีเทน สามารถปะปนเข้าไปอาศัยอยู่ในถังกรองอีก 2 ถังด้วยเช่นกัน

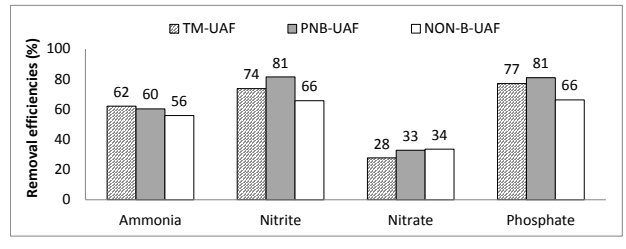

Figure 5 Average removal efficiencies

สำหรับการบำบัดฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟตของระบบนั้น พบว่าเมื่อสัดส่วน COD/PO_4 น้อยกว่า 15 (Figure 6) ถัง TM-UAF และถัง NON-B-UAF จะมีประสิทธิภาพการบำบัดมากกว่า 70 % เสมือนว่าสัดส่วน COD/PO_4 ในน้ำเสียจะแปรผกผันกับประสิทธิภาพการบำบัดฟอสเฟตของระบบ ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับที่ระบุในงานวิจัยของ Panswad และคณะว่าสัดส่วน COD/PO_4 ที่มีค่าต่ำจะกระตุ้นการเจริญเติบโตของ

จุลินทรีย์สะสมฟอสเฟต (PAOs : Polyphosphate-Accumulating Organisms)[8] แต่ก็เป็นที่ทราบกันดีว่า PAOs จะปล่อยฟอสเฟตออกมาในสภาวะไร้อากาศและกินฟอสเฟตกลับเข้าไปในปริมาณที่มากกว่าเมื่อกลับมาอยู่ในสภาวะมีอากาศ ดังนั้นจึงยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าฟอสเฟตในถังกรองถูกกำจัดด้วย PAOs ตามกระบวนการ Enhanced Biological Phosphorus Removal (EBPR) ที่รู้จักกันทั่วไป ทั้งนี้ความเป็นไปได้ที่ฟอสเฟตในน้ำเสียจะถูกบำบัดด้วยการทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนในน้ำเกิดเป็นตะกอนนั้นยังคงมีอยู่ แต่ไม่น่าเป็นปฏิกิริยาหลัก เนื่องจากหากเป็นเช่นนั้นก็ไม่น่ามีความแตกต่างระหว่างถังกรองและปริมาณแคลเซียมกับฟอสเฟตไอออนในน้ำก็ไม่น่ามากพอจะกำจัดฟอสเฟตได้ถึง 70 % ดังจะเห็นได้จากผลวิจัยของ Carlaaonและคณะ[9]ที่พบว่า เมื่อน้ำเสียมีค่าพีเอชเป็นกลาง ฟอสเฟตในน้ำต้องมีความเข้มข้นอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม/ลิตร ต่อความเข้มข้นแคลเซียม 100 มิลลิกรัม/ลิตร จึงจะเกิดการตกตะกอนได้ [9]

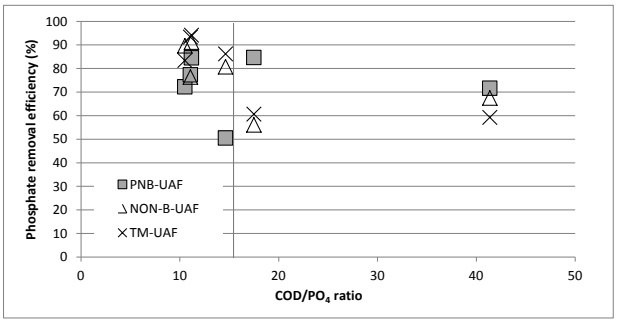

Figure 6 COD/PO_4 ratios vsphosphate removal efficiencies

สรุปผลการทดลอง

ถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นภายใต้ระยะเวลากักเก็บ 5.1 ชั่วโมง ในงานวิจัยนี้สามารถบำบัด ซีโอดีไนไตรท์ไนเตรทแอมโมเนียและฟอสเฟต ได้โดยถังที่เติมจุลินทรีย์จาวปลวกและถังที่เติมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี 68-75 % ไนไตรท์ 74-81% แอมโมเนีย 60-62 % และฟอสเฟต 77-81% ซึ่งสูงกว่าถังที่ไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์อย่างไรก็ตาม สำหรับการบำบัดไนเตรท พบว่าถังที่ไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์และถังที่เติมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมีประสิทธิภาพการบำบัดใกล้เคียงกัน คือ 33-34%

กิตติกรรมประกาศ

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

เอกสารอ้างอิง

1. ทรงยศ มงคลพิศ, เพชร เพ็งชัย. ความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์จาวปลวกในถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้นโดยใช้เชือกไนล่อนและตัวกรองไม้ไผ่เป็นตัวกลาง. 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. BandaraW MKRTW, NanayakkaraKGN, 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. การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยจุลินทรีย์จาวปลวกในระบบถังกรองไร้อากาศแบบ ไหลขึ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2558.
7. ธรรมนูญ ม้าวิเศษ. การใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบถังกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต 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. ซันวานี จิใจ. การบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์แบบยึดเกาะตัวกลางชนิดเส้นใยไนล่อนโดยระบบถังกรองไร้อากาศ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์; 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 MicrobiolBiotechnol 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.ApplMicrobiolBiotechnol2010; 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, Rhodopseudomonas-palustris, isolated from eutrophicated ponds. Biotechnology Letters 26: 819–822, 2004.
15. Golichenkov M V,Kostina N V, Ul'yanova T A, Dobrovol'skaya T G, Umarov M M. Specific Features of Nitrogen Fixation and Denitrification in Termites Neotermescastaneus, Zootermopsisangusticollis, and Reticulitermeslucifugus. Biology Bulletin of the Russian Academy of Sciences2002; 29(2): 172–175.
16. Eutick M L, O'brien R W, SlaytorM. Bacteria from the Gut of Australian Termites. Appliedand 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.