

# การบำบัดน้ำเสียชุมชนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามโดยใช้ระบบพืชปลูกบนแพลอยน้ำ

## The Community Wastewater Treatment in the Mahasarakham Municipality by Using Plants on Floating Rafts

ทัศนีย์ วิสาชะ,<sup>1</sup> สุนันtha เลาวันย์ศิริ,<sup>2</sup> สร้อยดาว วินิจนันท์รัตน์<sup>3</sup>

Tassanee Wisaka,<sup>1</sup> Sunantha Laowansiri,<sup>2</sup> Soydoa Vinitnantharat<sup>3</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามโดยใช้ระบบพืชปลูกบนแพลอยน้ำ โดยศึกษารูปแบบของระบบพืชปลูกบนแพลอยน้ำ ได้แก่ หญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี และผักตบชวา โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) มีจำนวนบล็อกทั้งหมด 9 บล็อก เก็บตัวอย่างน้ำทุกวันที่ 1 ของทุกเดือน (กุมภาพันธ์ ถึง กรกฎาคม 2556) จากผลการศึกษาพบว่า คุณภาพน้ำเสียชุมชนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม ภายหลังจากบำบัดด้วยระบบพืชปลูกบนแพลอยน้ำ ในระยะเวลา 6 เดือน พบว่าน้ำเสียมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง  $7.4 \pm 0.1$  ถึง  $8.5 \pm 0.1$  บล็อกที่เป็นผักตบชวาทั้งหมด มีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี ทีเคเอ็น และฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุดร้อยละ  $69.0 \pm 1$ ,  $67.63 \pm 1.53$  และ  $69.75 \pm 1$  ตามลำดับ สำหรับรูปแบบของการจัดเรียงพืชบำบัด โดยการวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) การจัดเรียงรูปแบบพืช 3 ชนิด สลับกัน พบว่ารูปแบบที่มีการบำบัดได้ดีที่สุดคือบล็อกการบำบัดที่ประกอบด้วยหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี และผักตบชวา เนื่องจากหญ้าแฝกอาศัยรากที่มีลักษณะยาว ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการยึดเกาะของจุลินทรีย์ทั้งในสภาวะที่มีอากาศและไม่มีอากาศ รวมถึงแบคทีเรียที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ และสามารถดูดสารอินทรีย์มาเป็นอาหาร อีกทั้งรากที่มีจำนวนมาก ก็จะทำให้จุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำได้อยู่บริเวณราก ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ผักตบชวาเป็นพืชที่มีลำต้นและใบค่อนข้างใหญ่จึงทำให้สามารถดูดซับฟอสฟอรัสทั้งหมดและปริมาณที่เคเอ็นได้ดีที่สุด ซึ่งเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อพืชเพื่อการเจริญเติบโตและสร้างไซโตรพลาสซึมในการแตกหน่อ

**คำสำคัญ :** น้ำเสียชุมชน ผักตบชวา หญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, <sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>3</sup> รองศาสตราจารย์ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

<sup>1</sup> Master degree Student, <sup>2</sup> Assistant Professor, Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150

<sup>3</sup> Associate Professor, School of Energy, Environment and Materials, KMUTT, Bangkok, 10140

## Abstract

This research aims to study the community wastewater treatment in the Mahasarakham municipality by using plants on floating rafts. The plant models on the floating rafts were Prachuap Khiri Khan vetiver grass, Surat Thani vetiver grass and water hyacinth. The experiment planning was Randomized Completely Block Design (RCBD) for nine blocks of plants. The community wastewater sampling was collected on the first day of each month (February to July 2013). The results show that the quality of the community wastewater treatment in Mahasarakham municipality by using plants on floating rafts for 6 months. The pH of the community wastewater treatment was  $7.4\pm 0.1$  to  $8.5\pm 0.1$ . The all of water hyacinth on block was highest average BOD, TKN and total phosphorus removals efficiency were  $69.0\pm 1\%$ ,  $67.63\pm 1.53\%$  and  $69.75\pm 1\%$ , respectively. The plants management model was Randomized Completely Block Design (RCBD) for three kinds of plants on the block. The results show that the maximum efficiency of the community wastewater treatment consisted of Prachuap Khiri Khan vetiver grass, Surat Thani vetiver grass and water hyacinth. Because of the long roots of vetiver grass were acted as an intermediary in adhesion of microorganisms both in the conditions of air and no air which had a lot of bacteria suspended in wastewater. It could use organic matter for bacteria growth. Also, a lot of root could make the microbes capable of degrading organic matters in the wastewater around the roots. It could degrade organic matters effectively. For the water hyacinth has a big stem and leaves. It could absorb total phosphorus and TKN effectively. They were necessary for plant growth and built cytoplasm for budding.

**Keywords :** Community wastewater , Water hyacinth , Prachuap Khiri Khan vetiver grass , Surat Thani vetiver grass

## คำนำ

จากการที่ประชากรโลกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้มีการใช้ทรัพยากรและมีความต้องการปัจจัยต่างๆ ในการดำรงชีวิตเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ในปัจจุบันสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก เมื่อเทียบกับในอดีต รวมถึงการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะมลพิษทางน้ำที่จัดเป็นปัญหาใหญ่ที่ควรมีการแก้ไขอย่างเร่งด่วน สาเหตุมาจากกิจกรรมการใช้น้ำของมนุษย์ เช่น น้ำเสียจากกิจกรรมของชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม เกษตรกรรม สถานประกอบการต่างๆ สถานพยาบาล และสถานศึกษาต่างๆ น้ำเสียที่เกิดขึ้นเหล่านี้ล้วน

ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ และระบบนิเวศเป็นอย่างมาก อีกทั้งทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ความสกปรกน้ำเพิ่มขึ้นและยังอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำได้อีกด้วย แต่ในขณะเดียวกันในน้ำเสียก็มีธาตุอาหารบางชนิดที่มีความจำเป็นในการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น

จังหวัดมหาสารคาม เป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นจังหวัดที่มีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อปริมาณการใช้น้ำตามมา โดยในจังหวัดมหาสารคาม มีแหล่งที่ก่อให้เกิดน้ำเสีย เช่นน้ำ

เสียจากกิจการร้านค้า บ้านเรือน โรงแรม และสถานประกอบการต่างๆ เป็นต้น ซึ่งถ้าน้ำเสียถูกปล่อยออกสู่แหล่งคลองสมถวิลราษฎร์ โดยไม่ผ่านการบำบัดย่อมก่อให้เกิดปัญหาต่อคุณภาพน้ำตามมาได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

มีรายงานการศึกษาถึงความสามารถของพืชน้ำ หลายชนิดในการบำบัดน้ำเสีย เช่น ผักตบชวา (*Eichhorniacrassipes* Slom.) ฐปฤาษี (*Typhaangustifolia* Linn.) กกกลม (*Scirpusmucronatus* Linn.) อ้อ

(*Phragmitesaustralia*) จันทวรรณ วรธนะพงษ์<sup>1</sup> พบว่าพืชน้ำเหล่านี้ สามารถลดค่าบีโอดี ปริมาณสารอาหาร และโลหะหนัก เช่น ตะกั่วและแคดเมียม ในน้ำเสียได้ดี และยังมิงงานวิจัยของ Chen และคณะ<sup>2</sup> ศึกษาการดูดซับโลหะหนักโดยใช้แฟก พบว่าในต้นแฟกมีปริมาณการสะสมสังกะสี (Zn) ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ได้ในปริมาณที่สูงถึงร้อยละ 42-67

หญ้าแฝกเป็นพืชที่สามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้เป็นอย่างดีและสามารถเจริญเติบโตได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ทั้งในพื้นที่น้ำขังและพื้นที่ดอน การนำหญ้าแฝกมาปลูกรอบๆ บริเวณด้านข้างของแหล่งน้ำ เช่น บริเวณรอบ อ่างเก็บน้ำ หญ้าแฝกจะเจริญเติบโตและแตกหน่อได้อย่างรวดเร็ว รากหญ้าแฝกจะมีความหนาแน่นมาก ซึ่งจะช่วยกรองเศษพืช ตะกอนดิน รวมทั้งสิ่งปฏิกูลต่างๆ ปิยวรรณ โกชนพันธ์<sup>3</sup> ได้ทดลอง ใช้หญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แฟก แหล่งพันธุ์อินโดนีเซีย, มอนโต, สุราษฎร์ธานี และสงขลา 3 ในการบำบัดน้ำทิ้งชุมชน พบว่ามีความสามารถในการลดมลสารที่มีอยู่ในน้ำทิ้งได้ดี ในปัจจุบันมีการนำหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ และใช้บำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนำหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น ใช้เลี้ยงสัตว์ มุงหลังคา ทำสมุนไพร น้ำหอมและหัตถกรรม จึงเป็นที่น่าสนใจ

ในการคัดเลือกหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ที่เหมาะสมมาใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการที่จะศึกษาประสิทธิภาพและรูปแบบของระบบพืชปลูกบนแพลอยน้ำในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม บริเวณคลองสมถวิลราษฎร์ หน้าสวนอาหารเฮือนเฮา ตำบลตลาด อำเภอเมืองจังหวัดมหาสารคาม เพื่อลดมลพิษในน้ำเสีย เพื่อให้คุณภาพน้ำดีขึ้นก่อนระบายออกสู่ภายนอกต่อไป

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามโดยใช้ระบบพืชปลูกบนแพลอยน้ำ คือ หญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์, หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี และผักตบชวา

2. ศึกษารูปแบบระบบพืชปลูกบนแพลอยน้ำ คือ ผักตบชวา, หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม

## วิธีดำเนินงานวิจัย

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

พืชปลูกบนแพลอยน้ำ ได้แก่ หญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์, หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี และผักตบชวา ผักตบชวาที่มีอายุประมาณ 23 วัน มาปลูกในบล็อกรทดลองจำนวน 10 ต้นต่อหนึ่งบล็อกรทดลอง หญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี ได้มาจากกรมพัฒนาที่ดินจังหวัดอุดรธานี มีอายุประมาณ 3 เดือน

### รูปแบบการวิจัย

ศึกษาประสิทธิภาพและรูปแบบของระบบพืชปลูกบนแพลอยน้ำ ได้แก่ ผักตบชวา, หญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในเขต

เทศบาลเมืองมหาสารคาม โดยรูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยทดลองเชิงปฏิบัติการ ซึ่งกระทำขึ้นที่พื้นที่จริงของบ่อบำบัดน้ำเสียชุมชนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม ตรงบริเวณคลองสมถวิลราษฎร์ หน้าสวนอาหารเหือนเฮา ตำบลตลาดอำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งเป็นบ่อบรรวมน้ำเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม โดยศึกษารูปแบบการใช้ระบบพีชปลุกบนแพลอยน้ำที่แตกต่างกัน และชนิดของระบบพีชปลุกบนแพลอยน้ำที่แตกต่างกัน (ผักตบชวา, หนุ่ยแฉกพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหนุ่ยแฉกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์) ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียชุมชนและการเจริญเติบโตของพีชปลุกบนแพลอยน้ำ โดยมีรูปแบบการจัดเรียงระบบพีชปลุกบนแพลอยน้ำ เป็น 9 รูปแบบ และ จุดเก็บตัวอย่างน้ำคือ บริเวณก่อนน้ำไหลผ่านแปลงปลูกพีชบำบัด ที่ระยะ 1 เมตร ก่อนน้ำเข้าแปลงปลูก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนบำบัด และน้ำที่ไหลผ่านเข้าแปลงพีชบำบัดที่ระยะ 6, 12 และ 18 เมตร แหล่งพันธุ์ละ 2 จุด โดยเก็บให้อยู่ในช่วง

กลางแพของพีชบำบัด รวม 18 จุด ของการจัดเรียงรูปแบบระบบพีชปลุกบนแพลอยน้ำ 1 รูปแบบ จำนวนแปลงปลูกทั้งหมด 27 แปลง (รูปแบบละ 3 ซ้ำ) รวมเป็นจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 72 จุด เก็บตัวอย่างน้ำทุกวันที่ 1 ของทุกเดือน (เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนกรกฎาคม 2556) ดังแสดงใน Figure 1 และมีการทำแพหญ้าแฉกกันน้ำด้านข้าง และด้านท้ายแปลง เพื่อกันน้ำบริเวณด้านข้างและด้านท้ายแปลงไหลปนกับจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

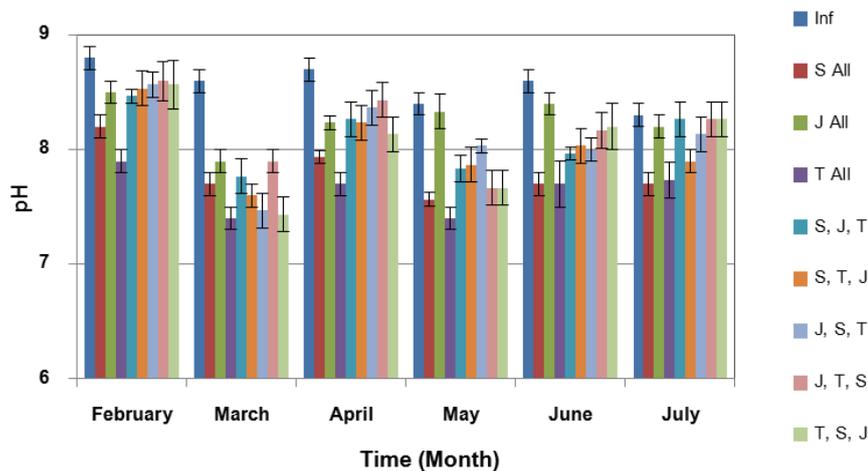
#### วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคามบริเวณคลองสมถวิลราษฎร์ หน้าสวนอาหารเหือนเฮา โดยใช้ระบบพีชปลุกบนแพลอยน้ำ วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำก่อนและหลัง การบำบัดโดยใช้ระบบพีชปลุกบนแพลอยน้ำ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD), ทีเคเอ็น, ฟอสฟอรัสทั้งหมด ตาม Standard method for the examination of water and wastewater<sup>4</sup>



## ผลการทดลอง

## ความเป็นกรด - ด่าง (pH)



Notes : Inf = Influent, S = Surat Thani vetiver grass, J = Prachuap Khiri Khan vetiver grass, T = Water hyacinth

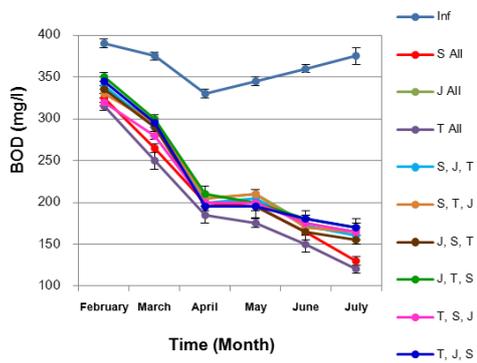
Figure 2 pH of the community wastewater treatment by using plants on floating rafts for 6 months

บอกถึงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน  $[H^+]$  หรืออาจจะกล่าวได้ว่าความเป็นกรดขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ความเป็นด่าง คือความเข้มข้นของ ไฮดรอกซิลไอออน  $[OH^-]$  น้ำเสียชุมชนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม บริเวณคลองสมถวิลราษฎร์ หน้าสวนอาหารเฮือนเฮา ก่อนบำบัดที่ระยะเวลา 6 เดือน (กุมภาพันธ์ – กรกฎาคม 2556) พบว่ามีสภาพเป็นด่าง คือมีค่าความเป็นกรด - ด่างเฉลี่ยอยู่ที่  $8.8 \pm 0.10$ ,  $8.6 \pm 0.10$ ,  $8.7 \pm 0.10$ ,  $8.5 \pm 0.10$ ,  $8.6 \pm 0.10$  และ  $8.4 \pm 0.10$  ของเดือนกุมภาพันธ์, มีนาคม, เมษายน, พฤษภาคม, มิถุนายน และ กรกฎาคม ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 2

## การกำจัดบีโอดี

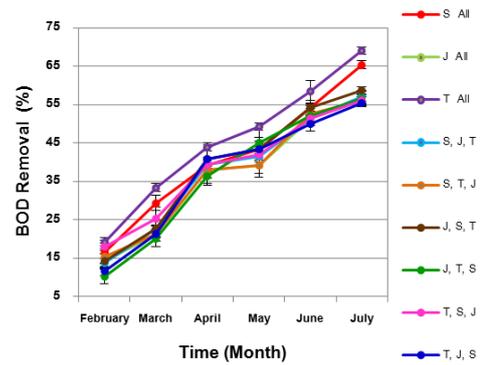
Figure 3 และ Figure 4 แสดงค่าการบำบัดบีโอดีและประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีของพืชในแต่ละบล็อก ซึ่งบีโอดีเฉลี่ยในน้ำเข้าประมาณ  $362.5 \pm 22.07$  มิลลิกรัมต่อลิตร ของทั้ง

โอดีทั้ง 6 เดือน นำเสียชุมชนมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาบำบัดที่เพิ่มขึ้น ในแต่ละเดือนของการบำบัด พบว่าบล็อกบำบัดที่ 3 (ผักตบชวา) สามารถลดบีโอดีได้สูงสุด ซึ่งค่าบีโอดีนั้นมีความลดลงในทุกๆ เดือน ซึ่งสามารถลดได้สูงสุดประมาณ  $120.0 \pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ในเดือนกรกฎาคม เมื่อเทียบกับปริมาณบีโอดีเฉลี่ยของน้ำก่อนเข้าระบบ โดยในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคมมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีสูงสุดประมาณร้อยละ  $69.0 \pm 1$  ของบล็อกการบำบัดที่ 3 (ผักตบชวา) ของเดือนกรกฎาคม ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ รองลงมาคือบล็อกบำบัดที่ 1 (หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี) สามารถลดปริมาณบีโอดีเฉลี่ยในน้ำเสียเท่ากับ  $130 \pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีเฉลี่ยสูงสุดประมาณร้อยละ  $65.33 \pm 1$  ของเดือนกรกฎาคม



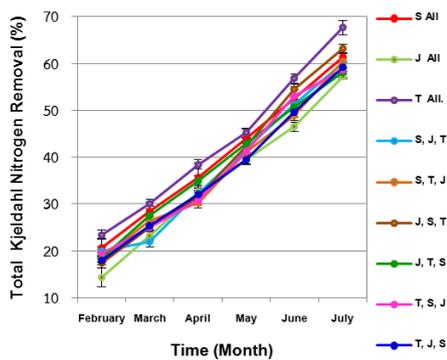
Notes : Inf = influent, S = Surat Thani vetiver grass, J = Prachuap Khiri Khan vetiver grass, T = Water hyacinth

**Figure 3** BOD of the community wastewater treatment by using plants on floating rafts for 6 months



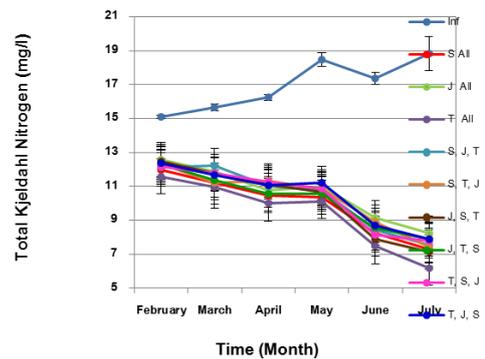
Notes : S = Surat Thani vetiver grass, J = Prachuap Khiri Khan vetiver grass, T = Water hyacinth

**Figure 4** Efficiencies of BOD removals for community wastewater



Notes : inf. = influent, S = Surat Thani vetiver grass, J = Prachuap Khiri Khan vetiver grass, T = Water hyacinth

**Figure 5** Total kjeldahl nitrogen (TKN) of the community wastewater treatment by using plants on floating rafts for 6 months

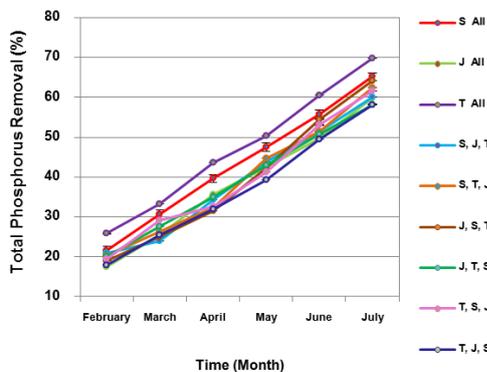


Notes : S = Surat Thani vetiver grass, J = Prachuap Khiri Khan vetiver grass, T = Water hyacinth

**Figure 6** Efficiencies of total kjeldahl nitrogen (TKN) removals for community wastewater

**ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen ; TKN)**

Figure 5 และ Figure 6 แสดงปริมาณทีเคเอ็นและประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นในแต่ละบล็อก พบว่าค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยของน้ำเข้าประมาณ  $16.95 \pm 1.51$  มิลลิกรัมต่อลิตร ของทั้ง 6 เดือน หลังจากที่ผ่านมาการบำบัดแล้ว ทีเคเอ็นมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาบำบัดที่เพิ่มขึ้น โดยบล็อกบำบัดที่ 3 (ผักตบชวา) มีการบำบัดทีเคเอ็นในน้ำเสียได้ดีที่สุดมีค่าเท่ากับ  $6.16 \pm 1$  มิลลิกรัมต่อลิตร ของเดือนกรกฎาคม โดยในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคม มีประสิทธิภาพในการบำบัดทีเคเอ็นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดทีเคเอ็นสูงสุดประมาณร้อยละ  $67.63 \pm 1.53$  ในบล็อกบำบัดที่ 3 (ผักตบชวา) ของเดือนกรกฎาคม รองลงมาคือบล็อกบำบัดที่ 1 (หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี) มีการบำบัดทีเคเอ็นเฉลี่ยในน้ำเสียลดลงเหลือ  $7.28 \pm 1$  มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการบำบัดทีเคเอ็นสูงสุดร้อยละ  $61.36 \pm 1$  ของเดือนกรกฎาคม



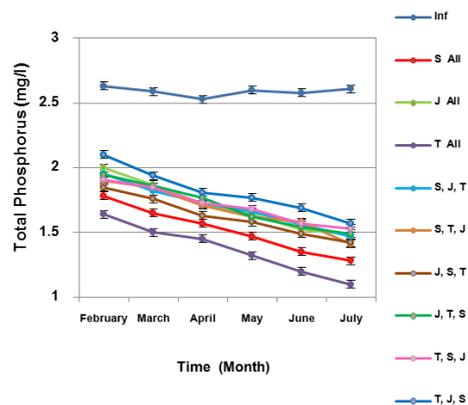
Notes : Inf = Influent, S = Surat Thani vetiver grass, J = Prachuap Khiri Khan vetiver grass, T = Water hyacinth

**Figure 7** Total phosphorus of the community wastewater treatment by using plants on floating rafts for 6 months

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus) Figure 7 และ Figure 8 แสดง

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในแต่ละบล็อก ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเข้าประมาณ  $2.6 \pm 0.03$  มิลลิกรัมต่อลิตร ของทั้ง 6 เดือน หลังจากผ่านการบำบัดแล้วพบว่า บล็อกบำบัดที่ 3 (ผักตบชวา) สามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้มากที่สุด โดยปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาบำบัดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเดือนกรกฎาคมจะสามารถลดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้มากที่สุด มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ  $1.1 \pm 0.1$  มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ  $69.75 \pm 1$  ของเดือนกรกฎาคม รองลงมาคือบล็อกบำบัดที่ 1 (หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี) มีการบำบัดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ยในน้ำเสียลดลงเหลือเท่ากับ  $1.28 \pm 0.1$  มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุดเท่ากับร้อยละ  $65.23 \pm 1$  ของเดือน

**กรกฎาคม**



Notes : S = Surat Thani vetiver grass, J = Prachuap Khiri Khan vetiver grass, T = Water hyacinth

**Figure 8** Efficiencies of total phosphorus removals for community wastewater

## วิจารณ์ผลการทดลอง

### ความเป็นกรด - ด่าง (pH)

หลังการบำบัดพบว่าค่าความเป็นกรด - ด่าง ลดลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเป็นกรด - ด่าง ก่อนเข้าแปลงบำบัด เนื่องจากการไหลของน้ำ ถ้าอัตราการไหลมากขึ้นทำให้น้ำเสียที่เข้ามาในระบบสัมผัสกับต้นพืชและตัวกลางในระยะเวลาสั้นๆ เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำและแพลงก์ตอนที่อยู่ในน้ำ ทำให้เกิดการดึงคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด - ด่าง ของน้ำสูงขึ้น ส่งผลให้ไม่สามารถลดค่าความเป็นกรด - ด่าง ได้ดีเท่าที่ควร ถ้าอัตราการไหลช้าลงทำให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน เกิดการคายคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด - ด่าง ลดลงได้ดี<sup>5</sup> โดยค่าความเป็นกรด - ด่าง ที่ผ่านการบำบัดของทั้ง 6 เดือน มีค่าอยู่ในช่วง  $7.4 \pm 0.10$  ถึง  $8.5 \pm 0.10$  บล็อกการบำบัดที่ 3 (ผักตบชวา) มีแนวโน้มของค่าความเป็นกรด - ด่าง ต่ำสุด

### การกำจัดบีโอดี

บีโอดี หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ถูกแบคทีเรียใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปะปนอยู่ในน้ำ ดังนั้นบีโอดี จึงเป็นค่าที่บอกถึงความสกปรกของน้ำในแหล่งน้ำ ในแง่ของสารอินทรีย์ซึ่งมีสาเหตุมาจากการระบายน้ำทิ้งจากกิจกรรมประเภทต่างๆ ที่มีสารอินทรีย์ปะปนอยู่ลงสู่แหล่งน้ำ ได้แก่ น้ำทิ้งจากชุมชน น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นต้น ดังนั้นปริมาณสารอินทรีย์ยังปะปนอยู่ในน้ำมากเท่าไร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำก็ยิ่งถูกนำไปใช้มากยิ่งขึ้น จึงมีผลทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพเสื่อมลง การใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ เพื่อย่อยสลายอินทรีย์ แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 พวกแบคทีเรียหรือคาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยสลายให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ และถ้าเป็นเนื้อสัตว์ หรือโปรตีน ก็จะถูกย่อยสลายให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และแอมโมเนีย ระยะที่ 2

เป็นการย่อยสลายของสารอินทรีย์ คือ แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) แบคทีเรียไนโตรเจน และไนเตรต กระบวนการในระยะที่ 2 ค่าออกซิเจนที่ลดลงเราไม่ถือว่าเป็นค่าบีโอดี เพราะเนื่องจากการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายแอมโมเนียเป็นสารอนินทรีย์ สำหรับการกำจัดบีโอดีสามารถกำจัดได้ในสภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic) หรือไม่มีออกซิเจน (Anaerobic) กลไกของการกำจัดบีโอดีมีได้หลายกลไก ได้แก่ กลไกจุลินทรีย์แบบแขวนลอยและแบบเกาะที่ผิวตัวกลาง ทั้งในสภาวะที่มีอากาศและไม่มีอากาศ<sup>6</sup> พบว่าบล็อกบำบัดที่ 3 (ผักตบชวา) สามารถลดบีโอดีได้สูงสุด ซึ่งค่าบีโอดีนั้นมีค่าลดลงในทุกๆ เดือน ซึ่งสามารถลดได้สูงสุดประมาณ  $120.0 \pm 5$  มิลลิกรัมต่อลิตร ในเดือนกรกฎาคม เมื่อเทียบกับปริมาณบีโอดีเฉลี่ยของน้ำก่อนเข้าระบบ โดยในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคมมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีสูงสุดประมาณร้อยละ  $69.0 \pm 1$  ของบล็อกการบำบัดที่ 3 (ผักตบชวา) ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาในการบำบัดเพิ่มขึ้น ทำให้จุลินทรีย์สัมผัสกับน้ำเสียมากขึ้นและเพิ่มจำนวนมากขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น<sup>7</sup>

### ทีเคเอ็น

ปริมาณไนโตรเจนในน้ำที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ร่วมกับอินทรีย์ไนโตรเจน (Organics Nitrogen) จะสามารถบอกถึงสภาวะของแหล่งน้ำนั้นได้ เช่นปริมาณออกซิเจนในน้ำระยะเวลาของการปนเปื้อนจากสิ่งปฏิกูล สิ่งขี้ถ่าย จากบ้านเรือน ชุมชนหรือจากสัตว์เลี้ยงในชุมชนนั้นๆ ได้ ซึ่งในที่สุดไนโตรเจนในรูปต่างๆ จะเปลี่ยนไปเป็นแก๊สไนโตรเจน ( $\text{N}_2$ ) ไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียก่อนไหลเข้าระบบบำบัดอาจมีได้หลายลักษณะได้แก่ สารแอมโมเนีย สารอินทรีย์ไนโตรเจน และสารไนเตรต ส่วนกระบวนการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดเกิดได้หลายลักษณะ

ได้แก่ การดึงไนโตรเจนด้วยพืช (Uptake) การระเหยออกของแอมโมเนีย (Ammonia Volatilization) การเกิดไนตริฟิเคชัน (Nitrification) คือสารอินทรีย์ไนโตรเจนเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย และแอมโมเนียถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนเตรต และการเกิดดีไนตริฟิเคชัน คือเกิดจากสภาวะที่ขาดอากาศชั่วคราว (Anoxic) จะทำให้ไนเตรตเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจน<sup>8</sup> เช่นเดียวกับการทดลองครั้งนี้ พบว่าปริมาณธาตุอาหารที่เคเอ็นที่มีอยู่ในน้ำเสียชุมชนในระบบหลังจากผ่านการบำบัดด้วยผักตบชวาหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ พบว่าปริมาณการบำบัดที่ 3 (ผักตบชวา) มีความสามารถในการลดปริมาณที่เคเอ็นได้ดีที่สุดมีค่าเท่ากับ  $6.16 \pm 1$  มิลลิกรัมต่อลิตร ของเดือนกรกฎาคม โดยในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคม มีประสิทธิภาพในการบำบัดที่เคเอ็นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดที่เคเอ็นสูงสุดประมาณร้อยละ  $67.63 \pm 1.53$  ซึ่งผักตบชวามีการดึงน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโต โดยผ่านต้นและราก และมีการซึมผ่านทางเนื้อเยื่อ ทำให้ธาตุอาหารปะปนไปกับน้ำที่ดึงผ่านขึ้นไป และพืชน้ำธาตุอาหารต่างๆ เหล่านั้น ไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ในการเจริญเติบโตของพืชจึงส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำลดลง<sup>9</sup>

### ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)

ฟอสฟอรัสในน้ำอาจจะอยู่ในรูปต่างๆ กันของฟอสเฟต ทั้งอาจจะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำหรืออยู่ในรูปของซากพืช ซากสัตว์ ในน้ำทั้งจากชุมชนนั้น ส่วนมากจะมีฟอสเฟตปะปนมาจากการซักล้างโดยใช้ผลซักฟอกหรือจากปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรบางส่วน เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น ในการปล่อยน้ำที่มีประสิทธิภาพฟอสเฟตปะปนอยู่มาก อาจกระตุ้นให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมาได้ ใน

การกำจัดฟอสฟอรัสในบึงประดิษฐ์จะมีกลไกการกำจัดได้ 4 วิธี ได้แก่ การจับใช้ของพืช (Uptake), การดูดซับ (Adsorption), Complexation และการตกตะกอนผลึก (Precipitation) เช่นเดียวกับการทดลองครั้งนี้ พบว่าปริมาณการบำบัดที่ 3 (ผักตบชวา) สามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้มากที่สุด โดยปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาบำบัดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเดือนกรกฎาคมจะสามารถลดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้มากที่สุด มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ  $1.1 \pm 0.1$  มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ  $69.75 \pm 1$  ของเดือนกรกฎาคม ผักตบชวาเป็นพืชที่มีลำต้นและใบค่อนข้างใหญ่จึงทำให้สามารถดูดซับฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ดีที่สุด และจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบยังช่วยในการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนสามารถดูดซึมสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตเข้าไปในเซลล์และย่อยสลายให้เปลี่ยนเป็นสารอินทรีย์ฟอสเฟตก่อนที่จะปล่อยออกนอกเซลล์ จึงทำให้ฟอสฟอรัสทั้งหมดในปริมาณดังกล่าวลดลงเล็กน้อย<sup>10</sup> การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดเกิดจากการดูดซึมโดยพืชซึ่งจะดูดซึมผ่านทางรากและนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่<sup>11</sup>

### สรุปผลการทดลอง

คุณภาพน้ำเสียชุมชนในเขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม ภายหลังการบำบัดด้วยระบบพืชปลูกบนแพลอยน้ำ บริเวณคลองสมถวิลราษฎร์ พบว่าน้ำเสียมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง  $7.4 \pm 0.1 - 8.5 \pm 0.1$  โดยน้ำเสียชุมชนที่ออกจากระบบบำบัดด้วยการใช้ระบบพืชปลูกบนแพลอยน้ำ มีค่าบีโอดี, ทีเคเอ็น และฟอสฟอรัสทั้งหมด ต่ำกว่าน้ำเสียชุมชนก่อนเข้าระบบ โดยบดล็อกที่เป็นผักตบชวาทั้งหมดมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดเฉลี่ยร้อยละ  $69.0 \pm 1$ ,  $67.63 \pm 1.53$  และ  $69.75 \pm 1$  ตามลำดับ และในบดล็อกที่เป็นหญ้าแฝกพันธุ์สุ

ราษฎรธานีทั้งหมด มีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี, ทีเคเอ็น และฟอสฟอรัสรองลงมา เฉลี่ยร้อยละ 65.33±1, 61.36±1 และ 65.23±1 ผักตบชวา ซึ่งเป็นพืชน้ำที่มีคุณสมบัติ ในการช่วยบำบัดน้ำเสีย คือ สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำได้ โดยอาศัยรากที่มีลักษณะยาวเป็นฝอยละเอียด ทำหน้าที่เป็นตัวกรองน้ำที่ไหลผ่าน และสามารถดูดสารอินทรีย์มาเป็นอาหาร อีกทั้งรากที่มีจำนวนมากก็ทำให้จุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำได้อยู่บริเวณราก ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สภาพ (Oxidation Pond) พบว่า สามารถลดค่าความสกปรกของน้ำให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ โดยไม่ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขระบบบำบัด

รูปแบบของการจัดเรียงพืชบำบัด พบว่าแต่ละบล็อกมีการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ในระยะบำบัดที่ใกล้เคียงกัน และรูปแบบที่มีการบำบัดได้ดีที่สุดคือบล็อกการบำบัดที่ 6 ประกอบด้วยหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี และผักตบชวา เนื่องจากหญ้าแฝกอาศัยราก

ที่มีลักษณะยาว ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการยึดเกาะที่ของจุลินทรีย์ทั้งในสภาวะที่มีอากาศและไม่มีอากาศ รวมถึงแบคทีเรียที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ และสามารถดูดสารอินทรีย์มาเป็นอาหาร อีกทั้งรากที่มีจำนวนมาก ก็จะทำให้จุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำได้อยู่บริเวณราก ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับผักตบชวาเป็นพืชที่มีลำต้นและใบค่อนข้างใหญ่จึงทำให้สามารถดูดซับฟอสฟอรัสทั้งหมดและปริมาณที่เคเอ็นได้ดีที่สุด ซึ่งเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อพืช เพื่อการเจริญเติบโตและสร้างไซโตร พลาสซึมในการแตกหน่อ

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2555 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และขอขอบพระคุณ เทศบาลเมืองมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่คลองสมถวิลราษฎร์ ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

1. จันทวรรณ วรธนะพงษ์. การบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีโดยใช้ดินในสภาพน้ำขังสลั๊บแห้งร่วมกับพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2539
2. Chen H, Zheng M, Shen Z. Chemical methods and phytoremediation of soil contaminated with heavy metal. *Chemosphere* 2000; 2 (41): 229-234.
3. ปิยวรรณ โภชนพันธ์. ประสิทธิภาพการใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำเสียจากชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2546.

4. APHA. AWWA. WEF. Standard method for the examination of water and wastewater. 18<sup>th</sup> ed. Washing, DC.: American Public Health Association; 1998.
5. มั่นสิน ตัลกุลเวศม์. เทคโนโลยีการกำจัดน้ำเสีย. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2530.
6. Hammer DA, Bastian RK. Wetland ecosystem : Natural water purifiers; 1989.

- In Hammer. Constructed wetland for wastewater treatment. Lewis Publishers : Michigan. Inc.; 1989.
7. คณิต ไชยาคำ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. แนวทางการป้องกันเพื่อลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2537.
  8. Reed SC, Crites RW, Middleblooks EJ. Natural system for waste management and treatment, 2<sup>nd</sup> ed. New York : McGraw-Hill; 1995.
  9. สุบัณฑิต นิ่มรัตน์. จุลชีววิทยาของน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2548.
  10. สุชาติดา ปุณณสัมฤทธิ์. การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบผสม.วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2548.
  11. ประเทือง เชาว์วันกลาง. คุณภาพน้ำทางการประมง. คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตลำปาง. แผนกประมง. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์; 2534.