

การปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งโรงไฟฟ้าราชบุรีโดยใช้พืช (Improve Quality of Discharge Water from Ratchaburi Electric Power Plant by Plants)

ธนวรรณ พานิชพัฒน์^{1*}, จุฑามาส พุ่มศิริ¹, ปณชัย สุขแก้ว¹ และฐิติยา แซ่ป้ง²

(Thanawan Panich-pat^{1*}, Juthamas Poomsiri¹, Panachai Sukkaew¹, and Thitiya Pung²)

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน

จ. นครปฐม 73140

²โครงการจัดตั้งสายวิชาเคมีคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน

จ. นครปฐม 73140

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้พืชเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งของโรงไฟฟ้าราชบุรีซึ่งมีสภาพการนำไฟฟ้าค่อนข้างสูงโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมี 4 ทรีทเมนต์ และทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำ ทั้งสองกลุ่มเป็นบ่อขนาด 1 x 10 x 1 เมตร จำนวนกลุ่มละ 12 บ่อ กลุ่มที่ 1 ทำการทดลองในบ่อดินชุดเลือกพืช 3 ชนิด คือ กกกลม กล้วยพืชรักษา และบ่อควบคุมซึ่งไม่มีพืช กลุ่มที่ 2 ทดลองในบ่อกอนกรีตโดยเลือกพืช 3 ชนิด คือ ผักตบชวา บัวหลวง จอกและบ่อควบคุมซึ่งไม่มีพืช ทำการทดลองช่วงละ 3 เดือน ระหว่าง เดือนพฤศจิกายน 2551-มกราคม 2552 เดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2552 และเดือนกรกฎาคม-กันยายน 2552

ผลการทดลองในกลุ่มที่ 1 พบว่าน้ำจากบ่อกล้วยมีค่าการนำไฟฟ้าค่าความเป็นกรด-ด่างความเข้มข้นของแคลเซียมไอออน แมกนีเซียมไอออน คลอไรด์ไอออน และซัลเฟตไอออน น้อยกว่าบ่อควบคุม บ่อกกกลม และบ่อพืชรักษา ส่วนน้ำจากบ่อพืชรักษา พบค่าการนำไฟฟ้าค่าความเป็นกรด-ด่างความเข้มข้นของแคลเซียมไอออน แมกนีเซียมไอออน และคลอไรด์ไอออนมากกว่าบ่อควบคุม ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทุกพารามิเตอร์ของบ่อกกกลมและบ่อกล้วยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากบ่อควบคุมแต่ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในเกือบทุกพารามิเตอร์ในบ่อกล้วยมีค่าน้อยกว่าบ่อควบคุม ดังนั้น กล้วยมีแนวโน้มเหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งโรงไฟฟ้าราชบุรี

ผลการทดลองในกลุ่มที่ 2 พบว่า น้ำจากบ่อผักตบชวามีค่าความเป็นกรด-ด่างและความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนน้อยที่สุด ส่วนน้ำจากบ่อจอกมีค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ไนโตรเจน-ไนโตรเจน ความเข้มข้นของแคลเซียมไอออน แมกนีเซียมไอออนน้อยที่สุดค่าพารามิเตอร์เกือบทุกตัวของน้ำจากบ่อบัวหลวงมีค่ามากกว่าบ่อควบคุม ยกเว้นค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความเข้มข้นซิลิเกต ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย บ่อผักตบชวา ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นความเข้มข้นไบคาร์บอเนตไอออน ดังนั้น ผักตบชวามีแนวโน้มเหมาะสม ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งของโรงไฟฟ้าราชบุรี

คำสำคัญ:คุณภาพน้ำ/ น้ำทิ้งโรงไฟฟ้าราชบุรี/ กกกลม/กล้วย/ พืชรักษา/ ผักตบชวา/ บัวหลวง/ จอก

Abstract

Some plants were studied to improve the quality of discharge water from Ratchaburi Electric Power Plant, which had high conductivity. Experiments were divided into 2 groups. Each group had 4 treatments and 3 replicates. The pond sizes were 1 X 10 X 1 m³. Group 1 was anthropogenic soil ponds: sedge, cattail, canna and control (no plant). Group 2 was concrete ponds: water hyacinth, sacred lotus, water lettuce and control (no plant). The experiment was performed for 3 separate 3 - monthly periods during November 2008-January 2009, March-May 2009 and July-September 2009.

The results in group 1 showed that levels of conductivity, pH, calcium ion, magnesium ion, chloride ion and sulfate ion in cattail ponds were less than those in the others. The levels of conductivity, calcium ion, magnesium ion and chloride ion in the canna ponds were higher than those in the control ponds. Almost all water quality parameters of the sedge and cattail ponds were not significantly different from the control samples. However, water quality means of the cattail ponds were lower than the control ponds in most parameters. Therefore, cattail might be the most efficient plant for treating wastewater from Ratchaburi Power Plant.

The results in group 2 showed that levels of pH, and chloride ion in the water hyacinth ponds and the levels of conductivity, dissolved oxygen, nitrate – nitrogen, calcium ion and magnesium ion in the water lettuce ponds were less than those in the others. Almost all water quality parameters of the sacred lotus ponds were higher than those in control ponds except for silicate and pH. Almost all the parameters of the water hyacinth and water lettuce ponds were not significantly different from the control ponds ($p>0.05$) except for bicarbonate ion but the water hyacinth means were lower than the control ponds in most parameters except for bicarbonate ion. Therefore, the water hyacinth might be the most efficient plant for treating wastewater from Ratchaburi Power Plant.

Keywords: water quality/ discharge water of Ratchaburi electric power plant/ sedge/ cattail/ canna/ water hyacinth/ sacred lotus/ water lettuce

1. บทนำ

น้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้าราชบุรี จัดเป็นน้ำทิ้งจากแหล่งอุตสาหกรรมที่มาจากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าและอาคารสำนักงาน โดยมาจากส่วนต่างๆ ได้แก่ น้ำทิ้งจากบริเวณเดิมสารเคมี น้ำล้างเรซิน น้ำหล่อเย็น น้ำล้างเครื่องอุ่นอากาศ และน้ำใช้ทั่วไป ซึ่งน้ำทิ้งเหล่านี้ได้รับการบำบัดจนมีคุณภาพน้ำเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และมาตรฐานน้ำทิ้งของนิคมอุตสาหกรรมของกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2539 และมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2539 อย่างไรก็ตาม การนำน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการบำบัดทางเคมี และฟิสิกส์

กลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า มักพบปัญหาด้านคุณภาพน้ำบางประการ ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้าที่ยังมีค่าเกินมาตรฐานที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ แนวความคิดที่จะใช้การบำบัดด้วยวิธีทางธรรมชาติ ร่วมกับวิธีอื่นๆ โดยการนำพืชมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย นั้นได้มีผู้วิจัยหลายท่านศึกษาคุณสมบัติของพืช ในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนเป็นจำนวนมาก เช่น พุทธรักษา 3 พันธุ์ (อรทัย, 2550) และ โสน 3 พันธุ์ (ศิวาพร, 2551) แต่ยังมีได้มีการนำมาทดลองกับน้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้า จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จะใช้พืชเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำจากโรงไฟฟ้า

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้พืชเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้าราชบุรี โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ทำการทดลองในบ่อดินชุด เพื่อในอนาคตทางโรงไฟฟ้าจะได้มีข้อมูลสำหรับชุดพื้นที่

ทำเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม โดยเลือกพืช 3 ชนิด คือ กก กลม (Sedge) ธูปฤาษี (Cattail) พุทธรักษา (Canna) และบ่อควบคุม กลุ่มที่ 2 ทดลองในบ่อคอนกรีต เพราะบริเวณรอบๆ ของโรงไฟฟ้ามีบ่อคอนกรีตแบบที่ใช้ในการทดลองเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยเลือกพืช 3 ชนิด คือ ผักตบชวา (Water hyacinth) บัวหลวง (Sacred lotus) จอก (Water lettuce) และบ่อควบคุม โดยศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในบ่อทดลองที่มีการปลูกพืชกลุ่มละ 3 ชนิดและบ่อควบคุม เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกพืชที่มีสมรรถภาพของพืชกลุ่มต่างๆ ในการปรับปรุงน้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้าราษฎร์ ให้สามารถนำน้ำทิ้งเหล่านี้กลับเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าได้อีกครั้งโดยไม่ต้องปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมบ่อทดลอง

กลุ่มที่ 1 เตรียมบ่อดินโดยขุดเป็นบ่อขนาด 1 x 10 x 1 เมตร (กว้าง×ยาว×ลึก) จำนวน 12 บ่อ ที่พื้นราบปราศจากความลาดเอียง ปรับสภาพพื้นดินให้สม่ำเสมอ ปลูกพืช 3 ชนิดที่ใช้ทำการทดลอง คือ กกกลม (*Cyperus corymbosus* Roth) ธูปฤาษี (*Typha*

angustifolia Linn.) พุทธรักษา (*Canna generalis*) บ่อละ 1 ชนิด ให้มีระยะห่างระหว่างต้น 0.25 เมตรทุกบ่อทดลอง โดยมีความหนาแน่นของพืช 16 ต้นต่อตารางเมตร ส่วนบ่อควบคุมไม่มีการปลูกพืชในทุกกลุ่มการทดลอง ทำการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้า โดยปล่อยน้ำทิ้งเข้าบ่อทดลองให้ถึงระดับ 0.7 เมตร จากพื้นบ่อทดลอง (Figure 1)

กลุ่มที่ 2 เตรียมบ่อคอนกรีตที่ขนาด 1 x 10 x 1 เมตร (กว้าง×ยาว×ลึก) จำนวน 12 บ่อ ที่พื้นราบปราศจากความลาดเอียง โดยลอกดินและกำจัดวัชพืชออกจากบ่อ แล้วปรับสภาพพื้นดินให้สม่ำเสมอด้วยดินเหนียวหนาประมาณ 0.25 เมตร พร้อมทั้งตรวจสอบสภาพบ่อก่อนการทดลองด้วยการเปิดน้ำเข้าบ่อให้ท่วมดิน เพื่อตรวจสอบว่าสม่ำเสมอกันทั่วทั้งบ่อ โดยขังน้ำทิ้งที่ระดับ 0.7 เมตร (Figure 1) หลังจากนั้นนำพืชที่ใช้ในการทดลอง 3 ชนิด คือ ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) บัวหลวง (*Nelumbo cifer* Gaerth.) และจอก (*Pistia stratiotes* Linn.) ปลูกลงในบ่อทดลอง บ่อละ 1 ชนิด ให้มีระยะห่างระหว่างต้น 0.25 เมตรทุกบ่อทดลอง โดยมีความหนาแน่นของพืช 16 ต้นต่อตารางเมตร ส่วนบ่อควบคุมไม่มีการปลูกพืชในทุกกลุ่มการทดลอง

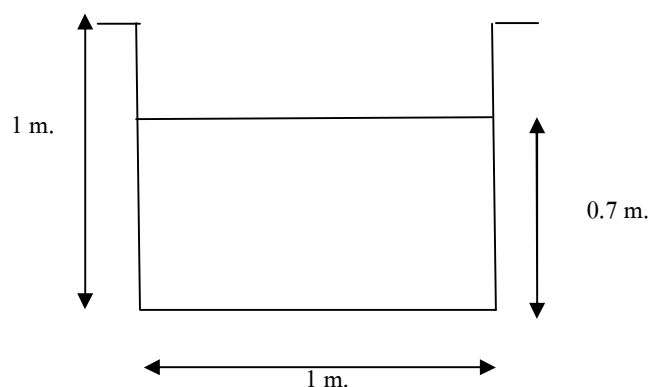


Figure 1 Wastewater in experimental pond

2. ออกแบบการทดลอง

ทั้งสองกลุ่มจะมีการออกแบบการทดลองที่เหมือนกัน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดย

กลุ่มที่ 1 แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทริทเมนต์ ทริทเมนต์ละ 3 ซ้ำ โดยทริทเมนต์ที่ 2 3 และ 4 ใช้พืชอัตรา 16 ต้น ต่อตารางเมตร คือ

ทริทเมนต์ที่ 1 บ่อว่าง หรือ บ่อควบคุม(control) ไม่ได้ปลูกพืชทริทเมนต์ที่ 2 บ่อกกกลม (Sedge) ทริทเมนต์ที่ 3 บ่อธูปฤาษี (Cattail) และทริทเมนต์ที่ 4 บ่อพุทธรักษา (Canna)

กลุ่มที่ 2 แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทริทเมนต์ ทริทเมนต์ละ 3 ซ้ำ โดยทริทเมนต์ที่ 2 3 และ 4 ใช้พืชอัตรา 16 ต้นต่อตารางเมตร คือ

ทริทเมนต์ที่ 1 บ่อว่าง หรือ บ่อควบคุม (control) ไม่ได้ปลูกพืชทริทเมนต์ที่ 2 บ่อผักตบชวา (Water hyacinth) ทริทเมนต์ที่ 3 บ่อบัวหลวง (Sacred lotus) และทริทเมนต์ที่ 4 บ่อจอก (Water lettuce)

ในการทดลองของทั้ง 2 กลุ่มนี้ เลือกใช้พืชที่มีขนาดและอายุใกล้เคียงกัน มาเลี้ยงไว้ในบ่อทดลองเป็น

ระยะเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อให้พืชปรับตัวก่อนการทดลอง หลังจากนั้นจัดการสูบน้ำออกจากบ่อทดลอง เริ่มการทดลองโดยนำน้ำทิ้งของโรงไฟฟ้าราชบุรีจากบ่อพักน้ำมาใช้ในการทดลอง นำน้ำทิ้งเข้าในบ่อทดลองให้สูงถึงระดับ 0.7 เมตรจากพื้นบ่อทดลอง และรักษาระดับน้ำไว้ตลอดระยะเวลาการทดลอง เก็บตัวอย่างน้ำทุกๆ 2 สัปดาห์เป็นระยะเวลา 3 เดือน

3. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำในบ่อทดลองของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 วิธีเดียวกันโดยเก็บตัวอย่างน้ำบ่อละ 3 จุด ตามความกว้างของบ่อที่ระยะ 0.5 เมตรคือ ต้นบ่อ (ห่างจากขอบด้านยาวที่ต้นบ่อระยะ 1 เมตร) กลางบ่อ (ห่างจากขอบด้านยาวทั้งต้นบ่อและท้ายบ่อระยะ 5 เมตร) และท้ายบ่อ (ห่างจากขอบด้านยาวที่ท้ายบ่อระยะ 1 เมตร) ที่ระดับความลึก 0.5 เมตรตลอดบ่อ ซึ่งเป็นวิธีเก็บตัวอย่างรวมแบบ Integrated Sampling (กรรณิการ์, 2544; สิทธิชัย, 2549; สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2550)

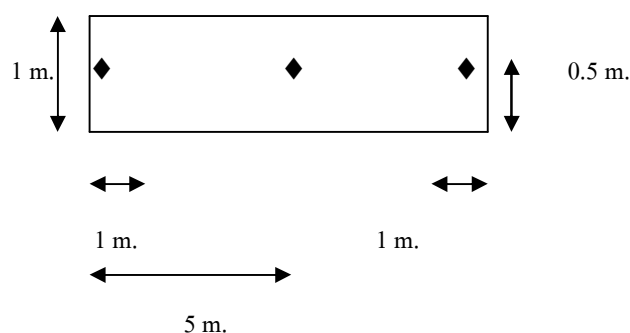


Figure 2 Water sampling sites

โดยแบ่งการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำภาคสนาม ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ใช้เครื่องมือรุ่น Dist 4 (ทัศนีย์และจรงค์, 2542) พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำและรักษาคุณภาพน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2550) ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ ได้แก่

3.2.1 การวิเคราะห์แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น AA 6300 (ทัศนีย์และจรงค์, 2542; AOAC, 1980)

3.2.2 การวิเคราะห์ซิลิเกต (SiO_2) โดยวิธี Molybdate Method (Strickland and Parsons, 1972)

3.2.3 การวิเคราะห์ไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) โดยวิธี Titrimetric Method (ทัศนีย์และจรงค์, 2542; AOAC, 1980)

3.2.4 การวิเคราะห์ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3^- -N) โดยวิธี Brucine Method (ทัศนีย์และจรงค์, 2542; AOAC, 1980)

3.2.5 การวิเคราะห์คลอไรด์ไอออน (Cl^-) โดยวิธี Argentometric Method (ทัศนีย์และจรงค์, 2542; AOAC, 1980)

3.2.6 การวิเคราะห์ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) โดยวิธี Turbidimetric Method (ทัศนีย์และจรงค์, 2542; AOAC, 1980)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้โดยค่า F-Test ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญของสถิติ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5. ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้าราชนริทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้พืชกลุ่มละ 3 ชนิด กลุ่มที่ 1 คือ กกกลม ฐปฤาษีพุทธรักษา และกลุ่มที่ 2 คือ ผักตบชวา บัวหลวง และจอก

ในกลุ่มที่ 1 บ่อดินซุด (anthropogenic soil ponds)

ค่าการนำไฟฟ้า พบว่าการบำบัดคุณภาพน้ำทั้ง 4 ทรีทเมนต์ (บ่อควบคุม บ่อกกกลม บ่อฐปฤาษี และบ่อพุทธรักษา) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยบ่อฐปฤาษีมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าบ่อควบคุม ส่วนบ่อกกกลมลดค่าการนำไฟฟ้าได้แต่ไม่แตกต่างจากบ่อควบคุม (Table 1) สังกะจากลักษณะภายนอกของฐปฤาษีที่ปลูก พบว่ามีขนาดลำต้นที่สูงใหญ่กว่าพืชชนิดอื่น มีรากที่ยาวเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงสามารถลดค่าการนำไฟฟ้าได้มากกว่าพืชชนิดอื่น โดยดูดซับสารต่างๆ ที่อยู่ในน้ำไปใช้ได้มาก

คลอไรด์ไอออน พบว่าบ่อพุทธรักษามีความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนเฉลี่ยมากกว่าบ่อทดลอง ($p < 0.05$) ส่วนบ่อฐปฤาษีและบ่อกกกลม พบว่ามีความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนไม่แตกต่างจากบ่อควบคุม ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 1 คลอรีนเป็นธาตุในกลุ่มจุลภาคหรือธาตุอาหารรอง จะถูกพืชดูดซับไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบประจุไฟฟ้า คือ คลอไรด์ไอออน

Table 1 Average water qualities of water samples collected from anthropogenic soil ponds every two weeks for 3 months

Parameters (mg/L)	Type of plants in anthropogenic soil ponds			
	Control	Sedge	Cattail	Canna
1. EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1398 $\pm$ 53a	1303 $\pm$ 41ab	1204 $\pm$ 51b	1552 $\pm$ 43c
2. Cl^- (mg/L)	121.61 $\pm$ 8.20a	116.76 $\pm$ 5.19a	113.63 $\pm$ 6.04a	161.56 $\pm$ 8.79b
3. DO (mg/L)	5.68 $\pm$ 0.13a	5.47 $\pm$ 0.12a	5.59 $\pm$ 0.11a	5.43 $\pm$ 0.10a
4. Mg^{2+} (mg/L)	72.89 $\pm$ 5.36a	72.14 $\pm$ 3.86a	66.80 $\pm$ 2.77a	108.99 $\pm$ 5.50b
5. HCO_3^- (mg/L)	136.49 $\pm$ 12.31a	166.84 $\pm$ 12.02a	153.38 $\pm$ 11.55a	137.85 $\pm$ 11.88a
6. SiO_2 (mg/L)	11.78 $\pm$ 1.52b	19.06 $\pm$ 1.60a	15.61 $\pm$ 1.66ab	10.71 $\pm$ 1.52c
7. pH	8.0 $\pm$ 0.1a	7.5 $\pm$ 0.1b	7.4 $\pm$ 0.1b	7.5 $\pm$ 0.1b
8. Ca^{2+} (mg/L)	167.43 $\pm$ 8.5a	155.85 $\pm$ 5.74ab	146.02 $\pm$ 4.76b	193.53 $\pm$ 7.48c
9. NO_3^- -N (mg/L)	0.68 $\pm$ 0.23ab	0.35 $\pm$ 0.08a	0.41 $\pm$ 0.10ab	0.92 $\pm$ 0.24b
10. SO_4^{2-} (mg/L)	905.04 $\pm$ 61.42a	787.77 $\pm$ 46.23ab	742.79 $\pm$ 36.36b	1188.80 $\pm$ 52.70c

(Mean $\pm$ S.D) a, b and c are the statistical means different at the 0.05 level by DMRT.**Table 2** Average water qualities of water samples collected from concrete ponds every two weeks for 3 months

Parameters (mg/L)	Type of plants in concrete ponds			
	Control	Water hyacinth	Sacred lotus	Water lettuce
1. EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1098 $\pm$ 44b	1121 $\pm$ 17b	1211 $\pm$ 26a	1091 $\pm$ 17b
2. Cl^- (mg/L)	96.21 $\pm$ 1.80b	93.83 $\pm$ 1.32bc	102.83 $\pm$ 2.73a	89.04 $\pm$ 1.15c
3. DO (mg/L)	5.57 $\pm$ 0.24a	4.88 $\pm$ 0.16ab	4.92 $\pm$ 0.33ab	4.56 $\pm$ 0.20c
4. Mg^{2+} (mg/L)	40.13 $\pm$ 0.99ab	39.84 $\pm$ 1.51ab	43.05 $\pm$ 1.71a	37.15 $\pm$ 1.06b
5. HCO_3^- (mg/L)	229.73 $\pm$ 7.17b	287.95 $\pm$ 11.68a	283.91 $\pm$ 14.34a	265.57 $\pm$ 7.40a
6. SiO_2 (mg/L)	23.57 $\pm$ 0.80b	28.60 $\pm$ 0.58a	21.02 $\pm$ 0.87c	28.11 $\pm$ 1.01a
7. pH	8.92 $\pm$ 0.13a	8.58 $\pm$ 0.12a	8.83 $\pm$ 0.13a	8.57 $\pm$ 0.11a
8. Ca^{2+} (mg/L)	102.05 $\pm$ 5.26a	103.26 $\pm$ 5.08a	106.32 $\pm$ 6.58a	97.57 $\pm$ 4.17a
9. NO_3^- -N (mg/L)	0.29 $\pm$ 0.05a	0.27 $\pm$ 0.05a	0.36 $\pm$ 0.06a	0.23 $\pm$ 0.03a
10. SO_4^{2-} (mg/L)	241.83 $\pm$ 17.86a	208.67 $\pm$ 7.54a	247.17 $\pm$ 14.93a	208.54 $\pm$ 11.24a

(Mean $\pm$ S.D) a, b and c are the statistical means different at the 0.05 level by DMRT.

โดยที่ในรูปแบบคลอไรด์ไอออนนี้ จะสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ คลอไรด์ไอออนมีสมบัติเหมือนไนเตรท-ไนโตรเจน คือ ถูกชะล้างจากดินได้ง่ายในบริเวณที่มีปริมาณน้ำหรือน้ำฝนมาก และจะเกิดการดูดซับคลอไรด์ไอออนมากในพืชชนิดที่มีความต้องการคลอไรด์สูง (Joseph, 2007) เนื่องจากเป็นธาตุอาหารรอง พืชจึงดูดซับคลอไรด์ไอออนไปใช้ประโยชน์ในปริมาณน้อยกว่าไอออนชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในกลุ่มธาตุอาหารหลัก

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ พบว่ามีปริมาณเฉลี่ยในบ่อควบคุมอยู่ที่ 5.68 $\pm$ 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อกกกลมอยู่ที่ 5.47 $\pm$ 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อรูปถาวยูอยู่ที่ 5.59 $\pm$ 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อพุทธรักษาอยู่ที่ 5.43 $\pm$ 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า

ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังใน Table 1 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างทรีตเมนต์ แสดงว่าอัตราการอยู่รอดของกกกลม รูปถาวยู และพุทธรักษา ไม่ส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

แมกนีเซียมไอออน พบว่าทั้งบ่อกกกลม และบ่อรูปถาวยูมีความเข้มข้นของแมกนีเซียมไอออนไม่แตกต่างจากในบ่อควบคุม ($p>0.05$) ส่วนบ่อพุทธรักษา มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมไอออนมากกว่าทุกบ่อ ($p<0.05$) ธาตุแมกนีเซียมนี้จัดว่าเป็นธาตุอาหารพืชที่สำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งอยู่ในกลุ่มธาตุอาหารหลัก และมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเจริญเติบโตของพืช เช่นเดียวกับธาตุโพแทสเซียมและธาตุแคลเซียม ซึ่งธาตุแมกนีเซียมนี้จะถูกพืชดูดซับหรือดูดซึมไปใช้

ประโยชน์ในรูปของแมกนีเซียมไอออน โดยแมกนีเซียมไอออนนี้สามารถถูกดูดซับผ่านทางรากและ/หรือผ่านทางลำต้นสัมผัสกับผิวใบ และยังพบว่าปริมาณการดูดซึมแมกนีเซียมไอออนไปใช้ประโยชน์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดพืช สภาพแวดล้อม และสถานภาพของธาตุอาหารในดินพืช เช่นเดียวกับธาตุอาหารพืชอื่น ๆ โดยที่มีเงื่อนไขการดูดซับที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมธาตุอาหารพืชชนิดอื่น ๆ คือ ถ้าพืชนั้นดูดซับทั้งโพแทสเซียมและแคลเซียมเข้าไปมากจะส่งผลให้มีความสามารถในการดูดซับแมกนีเซียมไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง แต่พืชที่ดูดซึมไนโตรเจนเข้าไปจะสามารถดูดซึมแมกนีเซียมได้มากขึ้นด้วย (Donald, 2007)

ใบคาร์บอนไดออกไซด์ ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นเฉลี่ยใบคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ถึงแม้ว่าทุกบ่อมีความเข้มข้นของใบคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าบ่อควบคุม (Table 1) ใบคาร์บอนไดออกไซด์นั้นเป็นผลมาจากการที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากในอากาศละลายน้ำ (ณรงค์, 2540) ใบคาร์บอนไดออกไซด์จัดว่าเป็นองค์ประกอบหลักของอินทรีย์สารที่ประกอบกันเป็นกลุ่มอะตอมที่มีความสำคัญในกระบวนการของพืชที่ใช้เอนไซม์ เมื่อถูกนำไปใช้จะกลายเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของอินทรีย์สารด้วยกระบวนการออกซิเดชัน -รีดักชัน เช่นเดียวกันกับคาร์บอนไดออกไซด์ (ขงยุทธ, 2543)

ชนิดเกสรน้ำที่ผ่านการบำบัดคุณภาพน้ำ พบว่าบ่อพุทธรักษามีความเข้มข้นของชนิดเกสรน้อยกว่าบ่อควบคุม (Table 1) ส่วนบ่อกกกลมและบ่อรูปภาณีพบว่ามีความเข้มข้นของชนิดเกสรมากกว่าบ่อควบคุม ($p<0.05$) ดังนั้นพุทธรักษาจึงมีแนวโน้มลดปริมาณชนิดเกสรได้ดีกว่ากกกลมและรูปภาณี ดังนั้นหากต้องการลดปริมาณชนิดเกสรให้น้อยลงกว่านี้ควรผสมผสานวิธีการบำบัดแบบอื่นๆ ร่วมกับการใช้วิธีพืชบำบัดด้วย เนื่องจากวิธีพืช

บำบัดเพียงอย่างเดียวนี้ไม่สามารถลดปริมาณชนิดเกสรได้มากนัก ยกเว้นในแปลงพุทธรักษา (ณรงค์, 2540)

ความเป็นกรด-ด่าง พบว่าทุกบ่อทดลองมีความเป็นกรด-ด่าง น้อยกว่าบ่อควบคุม ($p<0.05$) (Table 1) ดังนั้นสามารถเลือกพืชทดลองทั้งสามชนิดใช้ในการลดค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำในโรงไฟฟ้าได้ เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำจากบ่อทดลองที่ปลูกพืชทั้งสามชนิด ซึ่งสอดคล้องกับพรรณีชัย (2551) ที่กล่าวว่าในระบบบำบัดน้ำเสียก็ควรให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 7 - 8 เท่านั้น เพราะเป็นค่ากลางทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบอุตสาหกรรม และเป็นมาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับอรทัย (2550) ที่ศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ด้วยพุทธรักษา 3 พันธุ์ในระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช พบว่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียชุมชนก่อนการบำบัดมีค่ากระจายอยู่ในพิสัย 7.8 ± 0.3 และภายหลังการบำบัดด้วยพุทธรักษา 3 พันธุ์คือพุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลืองพุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพูและดินเปล่าค่าความเป็นกรด-ด่างกระจายอยู่ในพิสัย 7.3 ± 0.6 , 7.2 ± 0.4 , 7.4 ± 0.5 และ 7.4 ± 0.5 ตามลำดับ

แคลเซียมไอออน พบว่า บ่อรูปภาณีมีความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนน้อยกว่าทุกบ่อ ($p<0.05$) บ่อพุทธรักษามีความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนมากกว่าบ่อควบคุม ($p<0.05$) จากข้อมูลด้านธาตุอาหารพืชนั้น จัดว่าธาตุแคลเซียมอยู่ในกลุ่มมหัพภาคหรือกลุ่มธาตุอาหารหลักสำหรับพืช เช่นเดียวกับธาตุโพแทสเซียม ซึ่งจะถูกดูดซับไปใช้ในรูปแบบแคลเซียมไอออน (ขงยุทธ, 2543) และมีบทบาทหน้าที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ช่วยเสริมโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ ช่วยเสริมโครงสร้างของผนังเซลล์ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในพืช และยังมีการทำงานร่วมกับฮอร์โมนพืช โดยทั่วไปแล้วแคลเซียมไอออนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ในท่อลำเลียงอาหาร

(Phloem) แต่แคลเซียมไอออนจะสามารถเคลื่อนที่ได้ดีในท่อลำเลียงน้ำ (Xylem) และในเซลล์ที่สร้างใหม่ กล่าวคือ แคลเซียมไอออนนั้นสามารถเคลื่อนที่ได้ดีในใบพืชที่แตกใหม่มากกว่าใบพืชแก่ (Pillbeam and Morley, 2007) สามารถอธิบายได้ว่าอัตราการอยู่รอดของพืช หรือปริมาณการแตกใบใหม่ของพืชอาจส่งผลต่อปริมาณการดูดซับแคลเซียมไอออน

ไนเตรท – ไนโตรเจนพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรท-ไนโตรเจนในบ่อพุทธรักษามีแนวโน้มมากกว่าบ่อควบคุม ($p > 0.05$) ส่วนบ่อกกกลมและบ่อรูปถาวยังมีความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจนมีแนวโน้มน้อยกว่าบ่อควบคุม (Table 1) ไนโตรเจนจัดเป็นธาตุสำคัญในกลุ่มธาตุอาหารหลักของพืช ซึ่งพืชจะดูดซับไปใช้ในรูปของไนเตรท และแอมโมเนีย กล่าวคือไนเตรท และแอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจนหลักสำหรับพืช เพราะไนโตรเจนจะช่วยพืชเจริญเติบโตได้ดีในทุกส่วน ทั้งราก ใบ ดอก ผล และเมล็ด ภายใต้ภาวะปกติพบว่าไนเตรทสามารถเคลื่อนที่ได้ดีในพืช และสามารถเก็บสะสมไว้ในแวคิวโอล (Allen and Bryson, 2007) ซึ่งไนเตรท-ไนโตรเจนนั้นเป็นรูปแบบของไนโตรเจนที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำหรือสัตว์น้ำอยู่แล้ว (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528) จึงมีแนวโน้มว่าพืชทั้ง 2 ชนิด คือ กก กลมและรูปถาวยังอาจดูดซับไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโตในปริมาณมาก จึงเหลือปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำน้อย

ซัลเฟตไอออน พบว่า ความเข้มข้นของซัลเฟตไอออนในบ่อกกกลมและบ่อรูปถาวยังน้อยกว่าบ่อควบคุม ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยในบ่อรูปถาวยังมีความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ที่ 742.79 ± 36.36 มิลลิกรัมต่อลิตรน้อยกว่าบ่อทดลองอื่นๆ ($p < 0.05$) และความเข้มข้นของซัลเฟตไอออนในบ่อพุทธรักษามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $1,188.80 \pm 52.70$ มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมากกว่าบ่อควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1)

ในกลุ่มที่ 2 บ่อคอนกรีต (concrete ponds)

ค่าการนำไฟฟ้า พบว่าการบำบัดทั้ง 4 ทริทเมนต์ (บ่อควบคุม บ่อผักตบชวา บ่อบัวหลวง และบ่อจอก) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยบ่อบัวหลวงมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าบ่อควบคุม ในขณะที่บ่อจอกลดค่าการนำไฟฟ้าได้ แต่ไม่แตกต่างจากบ่อควบคุม (Table 2)

คลอไรด์ไอออน พบว่าการบำบัดทั้ง 4 ทริทเมนต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และบ่อจอกมีค่าเฉลี่ยคลอไรด์ไอออน เท่ากับ 89.04 ± 1.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งน้อยกว่าบ่อควบคุม แสดงว่าจอกสามารถลดความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนได้ รองลงมาคือ ผักตบชวา ซึ่งลดความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนได้เล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่บ่อของบัวหลวงมีความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนมากกว่าบ่อควบคุม เมื่ออยู่ในน้ำคลอไรด์จะอยู่ในรูปคลอไรด์ไอออน พบได้ทั่วไปในน้ำธรรมชาติและน้ำเสีย ถ้าในน้ำมีปริมาณคลอไรด์ไอออนมากกว่า 250 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้น้ำมีรสเค็ม เนื่องจากการรวมตัวกับโซเดียม เกิดเป็นโซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกง ซึ่งปริมาณคลอไรด์ทุกทริทเมนต์ไม่เกินปริมาณที่พบในบ่อน้ำธรรมชาติ นอกจากนี้คลอไรด์ยังสามารถรวมตัวกับแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำได้ (นิพนธ์ และคณิตา, 2550)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่บ่อผักตบชวาและบ่อบัวหลวงลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพียงเล็กน้อยและไม่แตกต่างจากบ่อควบคุม (Table 2) แต่บ่อจอกลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม สำหรับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในทุกบ่ออยู่ใน

เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้และอยู่ในเกณฑ์น้ำผิวดินประเภทที่ 3 (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

แมกนีเซียมไอออน ของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดคุณภาพน้ำพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) บ่อจอกมีค่าเฉลี่ยของแมกนีเซียมไอออนน้อยกว่าบ่อควบคุม ($p > 0.05$) (Table 2)

ไบคาร์บอเนตไอออนพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2) โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยไบคาร์บอเนตไอออนของทั้ง 3 ทริทเมนต์มีค่ามากกว่าบ่อควบคุม ซึ่งแสดงว่า พีชทั้ง 3 ชนิดไม่เหมาะสมกับการบำบัดไบคาร์บอเนตไอออนในสภาวะที่ทดลอง

ซิลิเกตพบว่าบิวหลวงลดความเข้มข้นของซิลิเกตได้ต่ำกว่าในบ่อควบคุม ส่วนผักตบชวาและจอกมีความเข้มข้นของซิลิเกตสูงกว่าบ่อควบคุม (Table 2) ซิลิเกตเป็นปริมาณเกลือแร่ที่ละลายเจือปนอยู่ในน้ำสำหรับน้ำที่มีซิลิเกตอยู่ด้วยจะก่อให้เกิดปัญหาความกระด้างของน้ำ ซึ่งซิลิกาโดยความเข้มข้นจะมีความเข้มข้น 1 – 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (นิพนธ์และภคินา, 2550) ซิลิเกตหรือซิลิกอนนั้นเป็นเพียงธาตุอาหารเสริมเท่านั้น พืชอาจดูดซับไปใช้หรือไม่ใช้ก็ได้ (George et al., 2007) แต่น้ำที่มีซิลิกาอยู่ แม้เป็นปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ไม่ควรใช้เป็นน้ำเลี้ยงป้อนเข้าหม้อไอน้ำความดันสูง เพราะจะจับตัวเกิดเป็นตะกอนซิลิเกตของแคลเซียมและแมกนีเซียม และเกิดเป็นฉนวนป้องกันการถ่ายเทความร้อน เนื่องจากซิลิกาไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีใด ๆ ทั้งสิ้น จึงใช้วิธีการกำจัดโดยการเติมสารเคมีเพื่อให้ตกตะกอนไม่ได้ แต่จะใช้วิธีการดูดซับ (Absorption) ด้วยเกลือของแมกนีเซียม (ณรงค์, 2540)

ความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ในทุกทริทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ใน Table 2 แสดงให้เห็นว่า ผักตบชวา บิวหลวง และจอก ไม่สามารถลดความเป็นกรด-ด่างของน้ำจากการทดลองนี้ได้

แคลเซียมไอออน และ ในเตรท – ในโตรเจน พบว่าทุกบ่อทดลองของกลุ่มที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 2)

ซัลเฟตไอออน ในกลุ่มที่ 2 พบว่าในสภาวะที่ทดลองนี้ บ่อผักตบชวา และบ่อจอกมีความเข้มข้นของซัลเฟตไอออนมากกว่าบ่อควบคุม และบ่อบิวหลวงมีความเข้มข้นของซัลเฟตไอออนมากกว่าบ่อควบคุม แต่ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงใน Table 2 สำหรับซัลเฟตและซัลไฟด์ เป็นรูปของซัลเฟอร์ซัลเฟตเมื่อเกิดการออกซิเดชัน จะได้ซัลไฟด์ ซึ่งเป็นตัวกัดกร่อนและเกิดกลิ่นในท่อน้ำโสโครก เนื่องจากปฏิกิริยารีดักชันของซัลเฟต ไปเป็นซัลไฟด์ภายใต้สภาวะ anaerobic (กรรณิการ์, 2544) ซัลเฟอร์นั้นจัดว่าเป็นธาตุอาหารที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในกลุ่มธาตุอาหารหลัก ซึ่งจะถูกพืชดูดซับไปใช้ประโยชน์ในรูปของซัลเฟตไอออน โดยที่ซัลเฟตไอออนนี้สามารถถูกดูดซึมผ่านทางราก และผ่านทาง การสัมผัสกับผิวใบ การที่พืชจะสามารถดูดซึมซัลเฟตไอออนได้ในปริมาณเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และสถานภาพธาตุอาหารของพืชชนิดนั้น ๆ เช่นเดียวกับการดูดซึมธาตุอาหารชนิดอื่น ๆ หากพืชดูดซับซัลเฟตไอออนไปใช้ประโยชน์มาก พืชก็จะสามารถดูดซับไนเตรท-ไนโตรเจนได้มากด้วยเช่นกัน เพราะซัลเฟตไอออน และไนเตรท-ไนโตรเจนนั้นเป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโน และโปรตีน (Silvia et al., 2007)

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในกลุ่มที่ 1 บ่อดินขุด (anthropogenic soil ponds) รูปถายี่มีแนวโน้มน่าเหมาะที่จะนำไปใช้ในการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งของโรงไฟฟ้าราชบุรีเพราะในบ่อรูปถายี่พบความเข้มข้นเฉลี่ยของแคลเซียมไอออน แมกนีเซียมไอออนคลอไรด์ไอออนและ ซัลเฟตไอออนน้อยที่สุด และยังพบน้อยกว่าบ่อควบคุม รวมทั้งค่าการนำไฟฟ้าก็ต่ำกว่าบ่อควบคุม ส่วนบ่อกกกลมมีความ

เข้มข้นเฉลี่ยในเตรท-ไนโตรเจนต่ำกว่าทุกบ่อ ในขณะที่บ่อพุทธรักษามีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของซิลิเกตน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกบ่อทดลอง

ในกลุ่มที่ 2 บ่อคอนกรีต (concrete ponds) จากการทดลองใช้พืชทั้ง 3 ชนิด คือ ผักตบชวา บัวหลวง และจอก พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแมกนีเซียมไอออน ไบคาร์บอเนตไอออน ซิลิเกต และคลอไรด์ไอออน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่บ่อบัวหลวง และบ่อผักตบชวามีค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนในน้ำใกล้เคียงกัน และเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด บ่อบัวหลวงลดความเข้มข้นของซิลิเกตให้ต่ำกว่าบ่อควบคุม แต่บ่อบัวหลวงกลับทำให้ค่าการนำไฟฟ้า ความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออน และไบคาร์บอเนตไอออนสูงกว่าบ่อควบคุม สำหรับบ่อจอกลดความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออน แต่ทำให้แมกนีเซียมไอออนและซิลิเกตสูงขึ้น ส่วนคุณภาพน้ำที่ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($p > 0.05$) คือ ซัลเฟตไอออนในเตรท – ไนโตรเจน ความเป็นกรด-ด่าง และแคลเซียมไอออน ซึ่งแสดงว่าพืชที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 ชนิด ไม่สามารถลดค่าซัลเฟตไอออน ในเตรท-ไนโตรเจน ความเป็นกรด-ด่าง และแคลเซียมไอออน ที่มีในน้ำที่มาจากโรงไฟฟ้าราชบุรีได้ แต่โดยสรุปก็พบว่าผักตบชวาเป็นพืชที่สามารถนำไปปลูกเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำทั้งได้ เพราะสามารถลดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้น้อยกว่าบ่อควบคุม ยกเว้นไบคาร์บอเนตไอออน และซิลิเกต ถ้าปลูกในบ่อบริเวณรอบโรงไฟฟ้าควรวางกรอบและจำกัดพื้นที่ในการปลูก เพราะผักตบชวาจะขยายพันธุ์ได้เร็ว

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงไฟฟ้าราชบุรี ที่อนุเคราะห์พื้นที่ทำการทดลอง การสร้างบ่อทดลอง รวมทั้งงบประมาณการสร้างบ่อทดลอง และการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ขอขอบคุณหน่วยดิน ปุ๋ย และงานประยุกต์ที่ศูนย์วิจัย

และพัฒนา กำแพงแสน ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาชีววิทยา และโครงการจัดตั้งสาขาวิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ที่อนุเคราะห์สารเคมี และอุปกรณ์ทำการทดลองและสถานที่ทำการทดลองและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

8. เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2551. มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม [online] Available: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html [Accessed on 22 มีนาคม 2551].
- กรรณิการ์ สิริสิงห. 2544. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2537. กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537.
- ณรงค์ วุฑฒเสถียร. 2540. การปรับสภาพน้ำสำหรับอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. บริษัทประชาชน จำกัด.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิพนธ์ ดังคนานุรักษ์และกณิดา ดังคนานุรักษ์. 2550. หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรณีย์แดงศรี. 2551. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียก่อโรคในน้ำเสียจากโรงฆ่าสุกรที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบพืชกรองด้วยธูปฤๅษีจังหวัด

- สุพรรณบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำ และการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. กรุงเทพฯ:สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.
- ขงยุทธ โอสดสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิวพร ตั้งวานิชกพงษ์. 2551. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับโสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิทธิชัย ดันธนะสฤณี. 2549. เทคนิคการเก็บตัวอย่างน้ำ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2550. คู่มือการเก็บตัวอย่างมลพิษ (น้ำ อากาศ ดิน กากอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ: สำนักงานวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- อรทัย เชื้อวงษ์. 2550. การศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรีด้วยพืชรักษา 3 พันธุ์ในระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Allen, V.B. and Bryson, G.M. 2007. Nitrogen, In: Allen, V.B. and Pillbeam, D.J. (eds): **Handbook of Plant Nutrition**. (pp. 21-50). USA: Taylor & Francis Group.
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 1980. **Official Method of Analysis of AOAC International**. 16th ed., Gaithersburg, Maryland, U.S.A.: AOAC International.
- Donald, J.M. 2007. Magnesium. In: Allen, V.B. and Pillbeam, D.J. (eds): **Handbook of Plant Nutrition** (pp. 145-182). USA: Taylor & Francis Group.
- George, H.S., Lawrence, E.D., and Matichenkov, V.V. 2007. Silicon. In: Allen, V.B. and Pillbeam, D.J. (eds): **Handbook of Plant Nutrition** (pp. 561-568). USA: Taylor & Francis Group.
- Joseph, R.H. 2007. Chlorine. In: Allen, V.B. and Pillbeam, D.J. (eds): **Handbook of Plant Nutrition** (pp. 279-292). USA: Taylor & Francis Group.
- Pillbeam, D.J. and Morley, P.S. 2007. Calcium. In: Allen, V.B. and Pillbeam, D.J. (eds): **Handbook of Plant Nutrition** (pp. 121-144). USA: Taylor & Francis Group.
- Silvia, H., Elke, B., Ewad, S., Luit, J., de Kok, and Stulen, I. 2007. Sulfur. In: Allen, V.B. and Pillbeam, D.J. (eds): **Handbook of Plant Nutrition** (pp. 183-238). USA: Taylor & Francis Group.
- Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. 1972. **A Practical Handbook of Seawater Analysis**. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada Bulletin no.167.