

## ประสิทธิภาพการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ด้วยพืชลอยน้ำในน้ำทิ้งเทศบาลเมืองยโสธร

### Efficiency of reducing the Nitrogen and Phosphorus by using Aquatic plants in wastewater of local government in Yasothon

วรรณภา โสมณวัฒน์<sup>1</sup>, วีระศักดิ์ สืบเสาะ<sup>2</sup>, ชัญชัยณรงค์ ทรงศาศรี<sup>3</sup>

Wannapa Somanawat<sup>1</sup>, Weerasak Suebsoh<sup>2</sup>, Chanchainarong Songkasri<sup>3</sup>

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสด้วยพืชลอยน้ำในน้ำทิ้งเทศบาลเมืองยโสธร โดยกำหนดพื้นที่ที่ใช้ในการบำบัด คือ จอกผักกาด แหนเป็ดใหญ่ และแพงพวยน้ำ ใช้วิธีแบบแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design) รูปแบบอิทธิพลแบบกำหนด (Fixed Effect Model) ซึ่งค่าสังเกตของแต่ละการทดลองมีการแปรผันมาจาก 2 ปัจจัย คือ ระยะเวลาที่แตกต่างกันในการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และน้ำหนักของรากพืชต่อการเจริญเติบโต วัดผลการทดลองเป็นค่าลดลงของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยวัดผล 3 ครั้ง ซึ่งมีทั้งหมด 48 ครั้ง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบสมมติฐาน โดยใช้ F-test (Two-way ANOVA) ผลการวิจัยพบว่า ระยะเวลาที่ 45 วัน จอกผักกาด มีประสิทธิภาพการลดไนโตรเจน ร้อยละ 49.90 ประสิทธิภาพการลดฟอสฟอรัส ร้อยละ 99.42 และระยะเวลาที่ 30 วัน พบว่า จอกผักกาดมีน้ำหนักของรากพืชที่เหมาะสมในการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 18.83 น้ำหนักต่อกรัม โดยการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในบ่อบำบัดที่ใส่พืชน้ำและระยะเวลาที่ต่างกัน พบว่ามีผลต่อการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

**คำสำคัญ :** น้ำทิ้ง, พืชลอยน้ำ, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส.

<sup>1</sup>นิสิตปริญญาโท สาขานานามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>2</sup>อาจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>3</sup>อาจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## Abstract

The research is the study efficiency of reducing nitrogen and phosphorus by aquatic plants are necessary aquatic plants which have a property to adsorb chemical which has the elements of nitrogen and phosphorus. The purposes of this research was to study efficiency of reducing nitrogen and phosphorus period and weight of roots which are proper in a adsorb nitrogen and phosphorus wastewater of local government in Yasothon. The experimental design was the Completely Randomized design (CRD) and Fixed Effect Model It is experimental research in the laboratory to study 2 factors of period and weight of roots. Statistics used data analyzed compared of percentage, mean Experimental measurements of the nitrogen and phosphorus by three times the amount measured 48 time, Standard Deviation and F-test (Two-way ANOVA) Research findings were as follows that Within 45 days, the efficiency of reducing nitrogen 49.90%, the efficiency of reducing phosphorus 99.42% and within 30 days, dry weight of lettuce's roots which are proper in a adsorb nitrogen and phosphorus average 18.83 grams. Efficiency Comparison of reducing nitrogen and phosphorus by aquatic plants and period variant productive reduction nitrogen and phosphorus Significantly level 0.05.

**Keyword :** Wastewater, Aquatic plant, itrogen, Phosphorus.

## บทนำ

เทศบาลเมืองยโสธร มีพื้นที่ทั้งหมด 9.71 ตารางกิโลเมตร มี 23 ชุมชน และมีประชากรรวม จำนวน 20,852 คน<sup>1</sup> ครุว์เรือนในเขตพื้นที่รับผิดชอบ จำนวน 7,534 ครุว์เรือน มีโรงพยาบาลรัฐขนาด 370 เตียง 1 แห่ง โรงพยาบาลเอกชนขนาด 110 เตียง 1 แห่ง และปริมาณการผลิตน้ำประปาต่อวัน 9,600 ลูกบาศก์เมตร การใช้น้ำต่อ 1 ครุว์เรือน ประมาณ 80-200 ลิตรต่อ 1 วัน ส่งผลให้น้ำเสียที่เข้าระบบการบำบัดมีปริมาณ 97,290 ลูกบาศก์เมตร<sup>2</sup> ระบบการบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองยโสธรปัจจุบันใช้ระบบการบำบัด แบบบ่อฝัง (Oxidation Pond) มีพื้นที่ 80 ไร่ เป็นระบบที่ใช้ธรรมชาติช่วยในการบำบัดเป็นหลักมากที่สุด

ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นสารอินทรีย์ที่มักปนเปื้อนในน้ำเสียชุมชน สามารถก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่งรับน้ำสาธารณะได้ ระบบการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยทั่วไปมักจะบำบัดสารอินทรีย์คาร์บอน ดังนั้น ในน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดจึงยังมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสคงเหลืออยู่ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแหล่งรับน้ำธรรมชาติและสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ สำหรับกระบวนการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสนั้นมีด้วยกันหลายกระบวนการ ทั้งกระบวนการทางกายภาพ เคมีและทางชีวภาพ ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อจำกัดในด้านความยากง่ายของการควบคุมระบบให้มีประสิทธิภาพ ค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์และการก่อสร้างระบบ

พืชลอยน้ำหรือพืชที่ลอยเหนือน้ำพืชที่อยูใต้น้ำ และพืชที่โผล่เหนือน้ำ สำหรับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ กำลังได้รับความสนใจเนื่องจากการลงทุนในการบำบัดน้ำเสียราคาไม่แพง การบำรุงรักษาง่าย ทั้งนี้แต่ละส่วนของพืชมีความสามารถในการดูดซับสารอินทรีย์ช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ หรือดูดซับปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำต่างกัน<sup>3</sup> จึงควรพิจารณาเลือกชนิดพืชให้เหมาะกับแหล่งน้ำเสียนั้นๆ เนื่องจากแหล่งน้ำเสียแต่ละแห่งมีปริมาณสิ่งปนเปื้อนมากน้อยต่างกัน มีผู้วิจัยจำนวนมากได้ศึกษาประสิทธิภาพของพืชน้ำในการบำบัดน้ำเสีย (Aquatic Treatment System) พบว่า พืชน้ำสามารถลดค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) สารแขวนลอย (Total

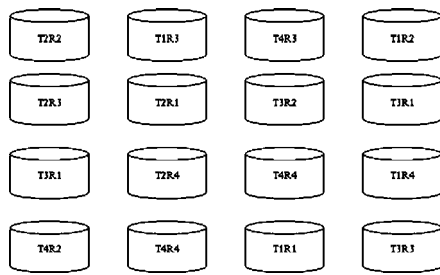
Suspended Solids, TSS) สารอาหาร (Nutrients) เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม และโลหะหนัก เช่นปรอท แคดเมียม สารหนู และจุลินทรีย์ ที่ทำให้เกิดโรคหลายชนิด<sup>4,5,6</sup> ส่วนการนำพืชลอยน้ำ สามชนิด คือ จอก (Water Lettuce) แหน (Duckweed) และแพงพวย (Creeping water primrose) มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียโดยลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการบำบัดเทศบาลเมืองยโสธร จังหวัดยโสธร เพราะพืชทั้งสามชนิดนี้มีจำนวนมากและหาได้ง่ายในท้องที่จังหวัดยโสธร หากสามารถนำพืชทั้งสามชนิดมาใช้ประโยชน์ในการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยนำมาบำบัดน้ำทิ้งจากเทศบาลเมืองยโสธร ก็จะส่งผลดีอย่างมาก ที่สามารถนำพืชที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์

**วิธีการศึกษา** ผู้วิจัยใช้แบบแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design) รูปแบบอิทธิพลแบบกำหนด (Fixed Effect Model) โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

□ การเตรียมน้ำทิ้งในการทดลองควรปรับสภาพความเป็นต่างของบ่อซีเมนต์โดยการสูบน้ำพักทิ้งไว้ในบ่อประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อปรับสภาพให้มีความใกล้เคียงและลดความเป็นต่างของบ่อซีเมนต์เพื่อใช้ในการปลูกพืช

□ เตรียมพืชทั้งสามชนิด ได้แก่ จอกผักกาด แหน เป็ดใหญ่ และแพงพวย ในการคัดเลือกจะพิจารณาการเจริญเติบโตเต็มที่ คือ ระยะที่ยังไม่มีดอก ต้นขนาดกลาง (ขนาด 50-100 กรัม/ต้น) มีใบประมาณ 10-20 ใบ กำหนดให้กลุ่มพื้นที่ผิวน้ำร้อยละ 100 หรือปริมาณ 10 กิโลกรัม (น้ำหนักเปียก) ซึ่งก่อนทำการทดลองนำพืชน้ำมาเลี้ยงบ่อซีเมนต์เพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้มีคุณลักษณะที่คล้ายกับน้ำที่จะใช้ในการทดลอง ก่อนการวิจัยประมาณ 7 ถึง 10 วัน

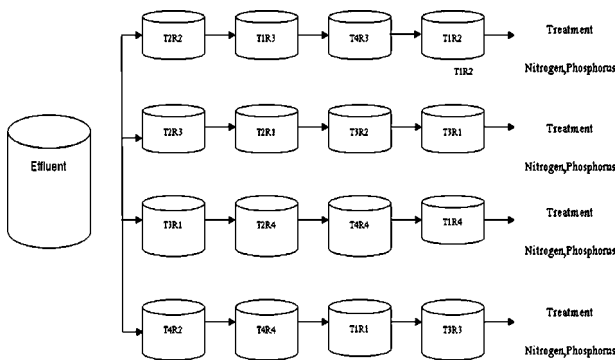
□ การเตรียมบ่อทดลองเตรียมบ่อคอนกรีตซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 เมตร สูง 0.40 เมตร จำนวน 48 บ่อ โดยทำการวัดผล 3 ครั้ง ซึ่งมีท่อ PVC เชื่อมต่อระหว่างกัน และมีข้อต่อหรือวาล์วในการ เปิด-ปิด ในการปล่อยน้ำเข้าไปในบ่อการทดลองวิเคราะห์ จำนวน 48 บ่อ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Present Diagram Experimentation

### การเก็บตัวอย่าง

เริ่มเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อทดลอง ทุก 15 วัน โดยเก็บในระยะเวลาที่ 15, 30 และ 45 วัน และทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากผิวน้ำลงไปประมาณ 15-20 เซนติเมตร จำนวนปริมาณในการเก็บ 20 มิลลิลิตร ในการเก็บตัวอย่างน้ำ จะเก็บในตอนเช้าโดยเก็บในเวลา 09.00 น. ของการเก็บตัวอย่างเก็บตัวอย่างน้ำโดยการสูบน้ำตัวอย่างในจุดระยะกึ่งกลาง และที่ความลึกของกึ่งกลางของระดับน้ำในบ่อ โดยทำการวัดด้วยน้ำหนักรและจะชั่งน้ำหนักของพืช ทุก 15, 30 และ 45 วัน หลังทำการปลูกพืชลงในบ่อทดลอง หลังจากทำการวัดน้ำหนักเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักและระยะเวลาในการทดลองในการดูดซับไนโตรเจนและฟอสฟอรัส



ภาพที่ 2 Present Diagram Waste water Treatment

### การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน

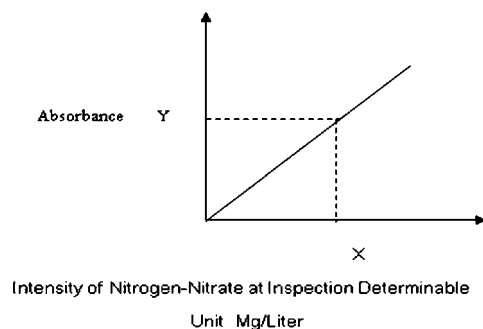
□ นำตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นสะอาด 2 มิลลิลิตร เขย่าขวด

□ เติมน้ำกลั่นกรดซัลฟิวริก จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำขวดรูปชมพู่ไปแช่ในภาชนะน้ำเพื่อให้ความร้อน

□ เมื่อเย็นแล้วให้นำมาเติมน้ำกลั่นละลายบรูซีน-กรดซัลฟานิลิก จำนวน 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปแช่ในเครื่องอ่างน้ำ (Water Bath) ซึ่งมีอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

□ เมื่อครบเวลา 20 นาทีแล้ว ให้นำขวดรูปชมพู่แช่ลงในภาชนะน้ำเย็น ตั้งทิ้งไว้ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร

□ บันทึกค่าที่วัดได้เพื่อนำไปตัดกับกราฟมาตรฐานไนโตรเจน การคำนวณ หาปริมาณไนโตรเจนกับกราฟมาตรฐาน



ภาพที่ 3 Graph Standard Nitrates-Nitrogen

### การวิเคราะห์หาค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

□ เตรียมตัวอย่างน้ำ 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ ขนาด 150 มิลลิลิตร หยดฟีนอลฟทาไลน์อินดิเคเตอร์ 1 หยด ถ้าได้สีชมพูให้หยด กรดซัลฟิวริก 5 นอร์มัล ลงไปที่ละหยด จนกระทั่งสีชมพูหายไป

□ เติมน้ำยารวมใส่ลงในแต่ละบีกเกอร์ บีกเกอร์ละ 8 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 30 นาที

□ สำหรับตัวอย่างน้ำที่มีสีหรือขุ่นมาก ให้ทำแปลงก์โดยเติมน้ำกลั่นสะอาดทุกอย่าง แต่ยกเว้น สารละลายกรดแอสคอร์บิก และโพแทสเซียม แอนติโมนีไตรเตท แล้วนำค่าการดูดกลืนแสง ที่วัดได้ไปหักออกจากค่าการดูดกลืนแสง ของตัวอย่างการคำนวณ หาปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสกับกราฟมาตรฐานการเตรียมสารเคมี

□ การเตรียมกราฟมาตรฐานฟอสเฟต เตรียมอนุกรมของสารละลายฟอสเฟตมาตรฐาน ฟอสเฟตความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร 0, 2, 6, 10, 12, 16, 20 และ 24 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดที่กำหนด ตามลำดับเขย่าให้เข้ากันจะได้สารละลายฟอสเฟตจะมีความเข้มข้น 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.6,

0.8, 1.0 และ 1.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เติมน้ำยา รวม 8 มิลลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร เช่นเดียวกับตัวอย่าง ฟลิอเตรก้าระหว่างความเข้มข้นของฟอสเฟต (มิลลิกรัม ต่อลิตร) กับค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ข้อควรระวัง และปฏิบัติในการวิเคราะห์ฟอสเฟต

□ สำหรับเครื่องแก้วทุกชิ้นที่ใช้ในการทดลองให้ล้าง ด้วยกรดเกลือเจือจางจนระเหิด แล้วนำไปล้างด้วยน้ำกลั่น หลายๆ ครั้ง หรือใช้น้ำยาล้างเครื่องแก้วที่ปราศจากฟอสเฟต

### การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) สำหรับ วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป นำเสนอด้วยค่าสถิติ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ ความแปรปรวน สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) ใช้ใน การทดสอบสมมุติฐานของพืชลอยน้ำ ในการลดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ ระยะเวลา และน้ำหนักของรากพืช โดย

สถิติที่ใช้ในการทดสอบ F-test สำหรับการวิเคราะห์ความ แปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) และเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ ตามวิธีของ Scheffe โดยกำหนดระดับ นัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 0.05 โดยวิเคราะห์ภายใต้แผน การทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design : CRD)

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการลดไนโตรเจนในน้ำทิ้ง เทศบาลเมืองยโสธร พบว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมใน การลดไนโตรเจนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในช่วงระยะ เวลาที่ 45 วัน ซึ่งพบว่าจอกผักกาด มีประสิทธิภาพการ ลดไนโตรเจนได้ดีที่สุดคือ ร้อยละ 49.9 และแพงพวย ประสิทธิภาพการลดไนโตรเจน ร้อยละ 47.04 การ เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการลดไนโตรเจนของชนิดพืช ที่ใส่น้ำระยะเวลาที่แตกต่างกัน พบว่ามีผลต่อการลด ไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และมีอิทธิพล ร่วมกันระหว่างชนิดพืชที่บำบัดและระยะเวลาต่อประสิทธิภาพ การลดไนโตรเจน ดังแสดงในตารางที่ 1, 2, 3 และ 4

ตาราง 1 Mean, standard deviation, and the reduction of nitrogen the Treatment. Different periods.

| Treatment               | Nitrogen in the septic tank after treatment |                    |       |                         |                     |       |                         |                    |       |
|-------------------------|---------------------------------------------|--------------------|-------|-------------------------|---------------------|-------|-------------------------|--------------------|-------|
|                         | Water treatment.                            | 15 Day             |       |                         | 30 Day              |       |                         | 45 Day             |       |
|                         |                                             | $\bar{X}$ (mg/l)   | S.D.  | Effective treatment (%) | $\bar{X}$ (mg/l)    | S.D.  | Effective treatment (%) | $\bar{X}$ (mg/l)   | S.D.  |
|                         |                                             |                    |       |                         |                     |       |                         |                    |       |
| Control                 | 33.20                                       | 30.76 <sup>a</sup> | 0.514 | 7.34                    | 23.16 <sup>a</sup>  | 0.165 | 30.24                   | 19.27 <sup>a</sup> | 0.485 |
| Water lettuce           | 33.20                                       | 20.28 <sup>c</sup> | 0.310 | 38.91                   | 20.22 <sup>b</sup>  | 0.275 | 39.09                   | 16.63 <sup>c</sup> | 0.281 |
| Duckweed                | 33.20                                       | 24.31 <sup>b</sup> | 1.677 | 26.77                   | 21.42 <sup>ab</sup> | 0.190 | 35.48                   | 17.89 <sup>b</sup> | 0.158 |
| Creeping Water primrose | 33.20                                       | 21.04 <sup>c</sup> | 0.250 | 36.62                   | 20.27 <sup>b</sup>  | 1.562 | 38.49                   | 17.58 <sup>b</sup> | 0.212 |

\* Are statistically significant at the .05 level.

**ตาราง 2** Comparison the performance of the nitrogen and period. of different wastewater Treatment.

| Sources of variability | SS         | df | MS      | F       | p-value |
|------------------------|------------|----|---------|---------|---------|
| Period                 | 631.476(a) | 11 | 57.407  | 110.544 | <.001*  |
| Roots                  | 219.738    | 3  | 73.246  | 141.044 | <.001*  |
| Period                 | 313.316    | 2  | 156.658 | 301.664 | <.001*  |
| Root *Period           | 98.422     | 6  | 16.404  | 31.587  | <.001*  |
| Discrepancy            | 18.695     | 36 | .519    | -       |         |
| Included               | 21838.336  | 48 | -       | -       |         |

\* Statistically significant at the .05 level.

**ตาราง 3** Comparison of the average performance the pair of the nitrogen in wastewater treatment aquatic plants.

| Water treatment Aquatic pants | Water Lettuce | Creeping Water primrose | Duckweed   | Control    |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|------------|------------|
| $\bar{X}$                     | 18.7975       | 19.6333                 | 21.2108    | 24.3983    |
| Water Lettuce                 | 18.7975       | -                       | .8358      | 2.4133(*)  |
| Creeping Water primrose       | 19.6333       | -                       | -1.5775(*) | -4.7650(*) |
| Duckweed                      | 21.2108       |                         | -          | -3.1875(*) |
| control                       | 24.3983       |                         |            | -          |

\* Statistically significant at the .05 level.

**ตาราง 4** Comparison of the average performance of the pair of the nitrogen at the time the Varied.

| Period    | 45 Day  | 30 Day  | 15 Day    |
|-----------|---------|---------|-----------|
| $\bar{X}$ | 17.8450 | 21.0831 | 24.1019   |
| 45 Day    | 17.8450 | -       | 3.2381(*) |
| 30 Day    | 21.0831 | -       | 6.2569(*) |
| 15 Day    | 24.1019 |         | -         |

\* Statistically significant at the .05 level.

ประสิทธิภาพการลดฟอสฟอรัสดีที่สุด คือ จอกผัก กาด ประสิทธิภาพการลดฟอสฟอรัส ร้อยละ 99.42 และ แพงพวย ประสิทธิภาพการลดฟอสฟอรัส ร้อยละ 91.92 การ เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการลดฟอสฟอรัสในบ่อ บำบัดที่ใส่พืชน้ำและระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่า บ่อ

บำบัดที่ใส่พืชน้ำ และระยะเวลาแตกต่างกัน มีผลต่อการ กำจัดฟอสฟอรัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างบ่อบำบัดและระยะเวลาต่อ ประสิทธิภาพการลดฟอสฟอรัส ดังแสดงในตารางที่ 5, 6, 7 และ 8

**ตาราง 5** Comparison of the reduced phosphorus in the duration of the treatment. Different. Wastewater treatment.

| Treatment               | Phosphorus in the treatment of septic tank |                   |       |           |                   |       |           |                   |       |           |
|-------------------------|--------------------------------------------|-------------------|-------|-----------|-------------------|-------|-----------|-------------------|-------|-----------|
|                         | Water<br><br>treatment.                    | 15 Day            |       |           | 30 Day            |       |           | 45 Day            |       |           |
|                         |                                            | $\bar{X}$         | S.D.  | Effective | $\bar{X}$         | S.D.  | Effective | $\bar{X}$         | S.D.  | Effective |
|                         |                                            | (mg/l)            |       | treatment | (mg/l)            |       | treatment | (mg/l)            |       | treatment |
|                         |                                            |                   |       | (%)       |                   |       | (%)       |                   |       | (%)       |
| Control                 | 5.35                                       | 5.42 <sup>a</sup> | 0.012 | 83.67     | 5.26 <sup>a</sup> | 0.009 | 84.15     | 4.83 <sup>a</sup> | 0.025 | 85.45     |
| Water lettuce           | 5.35                                       | 3.41 <sup>d</sup> | 0.012 | 89.72     | 2.08 <sup>c</sup> | 0.008 | 93.73     | 0.19 <sup>d</sup> | 0.018 | 99.42     |
| Duckweed                | 5.35                                       | 4.47 <sup>b</sup> | 0.026 | 86.53     | 3.27 <sup>b</sup> | 0.603 | 90.15     | 3.52 <sup>b</sup> | 0.017 | 89.39     |
| Creeping Water primrose | 5.35                                       | 4.21 <sup>c</sup> | 0.018 | 87.31     | 2.25 <sup>c</sup> | 0.019 | 93.22     | 2.68 <sup>c</sup> | 0.018 | 91.92     |

\* Statistically significant at the .05 level.

**ตาราง 6** Comparison the performance of the phosphorus in wastewater treatment ponds at different periods.

| Sources of variability | SS        | df | MS     | F         | p-value |
|------------------------|-----------|----|--------|-----------|---------|
| Period                 | 94.479(a) | 11 | 8.589  | 25344.635 | <.001*  |
| Treatment              | 65.778    | 3  | 21.926 | 64699.475 | <.001*  |
| Period                 | 19.829    | 2  | 9.915  | 29256.461 | <.001*  |
| Treatment * Period     | 8.872     | 6  | 1.479  | 4363.273  | <.001*  |
| Discrepancy            | .012      | 36 | .000   |           |         |
| Included               | 715.132   | 48 |        |           |         |

\* Statistically significant at the .05 level.

**ตาราง 7** Comparison the average difference between the pair of the phosphorus efficiency of the variant Wastewater treatment.

| Water treatment         | Aquatic pants | Water Lettuce | Creeping Water primrose | Duckweed | Control   |
|-------------------------|---------------|---------------|-------------------------|----------|-----------|
| $\bar{X}$               |               | 1.894         | 3.454                   | 3.859    | 5.176     |
| Water Lettuce           | 1.894         | -             | 1.560(*)                | 1.965(*) | -3.282(*) |
| Creeping Water primrose | 3.454         |               | -                       | -.405(*) | -1.722(*) |
| Duckweed                | 3.859         |               |                         | -        | -1.317(*) |
| Control                 | 5.176         |               |                         |          | -         |

\* Statistically significant at the .05 level.

**ตาราง 8** Comparison of the average performance the pair of the phosphorus reduction Different periods.

| Period    |        | 45 Day | 30 Day   | 15 Day    |
|-----------|--------|--------|----------|-----------|
| $\bar{X}$ |        | 2.8075 | 3.5981   | 4.3819    |
| 45 Day    | 2.8075 | -      | .7906(*) | 1.5744(*) |
| 30 Day    | 3.5981 |        | -        | .7837(*)  |
| 15 Day    | 4.3819 |        |          | -         |

\* Statistically significant at the .05 level.

สำหรับน้ำหนักของรากพืชลอยน้ำที่มีประสิทธิภาพในการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสดีที่สุดในช่วงระหว่างที่ 30 วัน คือ จอกผักกาดน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 18.83 น้ำหนักต่อกรัมและแพงพวย น้ำหนักแห้งเฉลี่ย 7.70 น้ำหนักต่อกรัม การเปรียบเทียบค่า ประสิทธิภาพการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในบ่อบำบัดที่ใส่พืชน้ำและระยะเวลาแตกต่างกัน

พบว่า บ่อบำบัดที่ใส่พืชน้ำ ระยะเวลาแตกต่างกัน มีผลต่อการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างน้ำหนักรากพืชและระยะเวลาต่อประสิทธิภาพการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ดังแสดงในตารางที่ 9, 10 และ 11

**ตาราง 9** Comparison of weight in wastewater treatment plants at different periods.

| Sources of variability | SS          | df | MS      | F           | p-value |
|------------------------|-------------|----|---------|-------------|---------|
| Period                 | 1263.649(a) | 8  | 157.956 | 1332754.758 | <.001*  |
| Root weight            | 1065.658    | 2  | 532.829 | 4495744.852 | <.001*  |
| Period                 | 114.461     | 2  | 57.230  | 482882.086  | <.001*  |
| Weight roots.*Period   | 83.530      | 4  | 20.882  | 176196.047  | <.001*  |
| Discrepancy            | .003        | 27 | .000    |             |         |
| Included               | 3707.307    | 36 |         |             |         |

\* Statistically significant at the .05 level.

**ตาราง 10** Comparison of the average weight of a pairs in different the wastewater treatment.

| Treatment               | Duckweed | Creeping Water primrose | Water lettuce |
|-------------------------|----------|-------------------------|---------------|
| $\bar{X}$               | 5.7217   | 9.3675                  | 9.6275        |
| Duckweed                | 3.2000   | -                       | -2.5225(*)    |
| Creeping Water primrose | 5.7225   | -                       | -10.0717(*)   |
| Water lettuce           | 15.7942  |                         | -             |

\* Statistically significant at the .05 level.

ตาราง 11 Comparison of the average of the weight different periods.

| Period    |        | 15 Day | 45 Day    | 30 Day    |
|-----------|--------|--------|-----------|-----------|
| $\bar{X}$ |        | 2.8075 | 3.5981    | 4.3819    |
| 15 Day    | 5.7217 | -      | 3.6458(*) | 3.9058(*) |
| 45 Day    | 9.3675 |        | -         | .2600(*)  |
| 30 Day    | 9.6275 |        |           | -         |

\* Statistically significant at the .05 level.

สรุปว่าพืชทั้ง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพในการลดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำทิ้ง จอกผักกาด ระยะเวลาที่ 45 วัน มีประสิทธิภาพในการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ดีที่สุดกว่าพืชชนิดอื่น ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าระหว่างบ่อบำบัดที่ใส่พืชน้ำ ระยะเวลาและน้ำหนักรากพืชที่ต่างกัน มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

#### เอกสารอ้างอิง

1. เทศบาลเมืองยโสธร. ข้อมูลทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลเมืองยโสธร งานทะเบียนท้องถิ่น มกราคม, 2552 ก.
2. เทศบาลเมืองยโสธร. ข้อมูลทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลเมืองยโสธร งานทะเบียนท้องถิ่น กันยายน, 2552 ข.
3. พัฒน์ จันทร์โรทัย. **ข้อพิจารณาในการใช้พื้นที่น้ำปรับปรุงคุณภาพน้ำ**. ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2536.
4. นิรนาถ ละอองพันธ์ และอำพร คล้ายแก้ว. **การใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินเพื่อการบำบัดขั้นที่สามสำหรับน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2548.
5. Aiyuk.S. A.Van Haandel W. Verstrate. **Environmental technology** : Remove of Amonium Nitrogen from Pretreated Domestic Sewage using a Natural Ion Exchanger. 25 : 2004; 1321-1330.
6. Faulkner, S.P. and Recjarspm, C.J. **Physical and Chemical Characteristic of Fresh Water Wetland Soils**. It : Hammer, D.A. (ed), Constructed Wetland for Wastewater Treatment : Municipal, Industrial and Agricultural. Lewis Publisher, Chelsea, Michigan : 1989; 41-72.
7. สุมิตร จำปา. **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผักตบชวาและจอกในการกำจัดซัลเฟตในน้ำทิ้งจากเหมืองแม่เมาะ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2545.
8. วิศรุต แก้วหาวงศ์. **สวนบำบัดน้ำเสียแบบพืชลอยน้ำ**. รายงานโครงการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2548.