

ประสิทธิภาพของพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยระบบบึงประดิษฐ์ แบบการไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง Efficiency of *Canna warscewiczii* Dietr for Domestic Wastewater Treatment Using Subsurface System Constructed Wetlands

พัฒนพงษ์ ฟองเพชร¹ จิดาวลัย วิบูลย์อุทัย² และเชาวยุทธ พรพิมลเทพ³
Punpaphatporn Bunprom, Jindawan Wibulouti, and Chavayut Phornpimolthape

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลใต้ผิวดินเป็นการวิจัยแบบทดลอง (Experimental Research) ภายใต้สภาวะการณ์ธรรมชาติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าความหนาแน่นของพุทธรักษาที่ต่างกัน มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดค่า BOD, SS และ TKN และการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่ โดยใช้น้ำเสียชุมชนที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัด นำมาผ่านการดักไขมันและตกตะกอนก่อนเข้าระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลใต้ผิวดิน โดยตัวกลางที่ใช้ได้แก่ตัวกลางทรายปนหิน โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ถัง ถังแรกเป็นถังควบคุม ถังที่ 2 ปลูกพุทธรักษาจำนวน 10 ต้น/ตารางเมตร และถังที่ 3 ปลูกพุทธรักษาจำนวน 20 ต้น/ตารางเมตร ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สถิติที่ใช้วิเคราะห์คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และทดสอบสมมติฐานโดยใช้ Kruskal-Wallis k-Sample Test

ผลการวิจัยพบว่า ถังที่มีความหนาแน่นของพุทธรักษาที่ต่างกันสามารถกำจัดค่า BOD, SS ไม่แตกต่างกัน แต่ถังที่มีความหนาแน่นของพุทธรักษา 20 ต้น สามารถกำจัดค่า TKN ได้ดีกว่าถังที่มีความหนาแน่นพุทธรักษา 10 ต้นและถังควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยความถี่ที่มีความหนาแน่นของพุทธรักษา 20 ต้น/ตารางเมตร สามารถกำจัดค่า BOD, SS และ TKN ได้สูงสุด 90.7%, 98.5%, 99.0% ตามลำดับ และถังที่ปลูกพุทธรักษาสามารถเจริญเติบโตได้ในการทดลอง โดยมีความสูงเฉลี่ยก่อนการทดลอง 50-60 เซนติเมตร และหลังการทดลอง 150-165 เซนติเมตร สำหรับจำนวนใบ เมื่อเริ่มต้นมีจำนวนใบประมาณ 3-4 ใบ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมี

¹ นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Graduate Student, Faculty of Public Health, Mahasarakham University

² อาจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Instructor, Faculty of Public Health, Mahasarakham University

³ รองศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

Associate Professor, Faculty of Public Health, Mahidol University

จำนวนใบประมาณ 6-8 ใบ โดยหน่วยการทดลองที่มีต้นพุทธรักษามีการเจริญโตไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: การบำบัดน้ำเสียชุมชน ระบบบึงประดิษฐ์ พุทธรักษา

Abstract

This study was an experimental research using a natural condition. The objective of the study was to investigate the effects of densities of *Canna warscewiczii* Dietr on the wastewater removal efficiency in terms of BOD, SS, and TKN removal. The untreated domestic wastewater was passed through oil trapping and sedimentation tanks before passed through the subsurface system constructed wetlands. The media used in the treating system were gravel and sand bed. The experiments comprised of the control (without plant), the wetland system with 10 *C.warscewiczii* per square meter, and the wetland system with 20 *C.warscewiczii* per square meter. The experiments were carried out for 8 weeks and statistics used were percentage, mean, and Kruskal-Wallis k-Sample Test.

It was found that all of the systems were inefficient in terms of BOD and SS removal. TKN was removed more effectively at the system with 10 plants per square meter. Removal efficiency of BOD, SS and TKN of the system with 20 plants per square meter were at highest of 90.7%, 98.5% and 99.0%, respectively. *C. warscewiczii* could possibly grow in the experiment, with the height of 50-60 centimeters before experiment and 150-165 centimeters after experiment, and 3-4 leaves before experiment, and 6-8 leaves after experiment. However, there was no different in growth change of the plants in all experiments.

Keywords: domestic wastewater treatment, constructed wetland, *Canna warscewiczii* Dietr

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนทั้งสิ้น 87 แห่ง สามารถรองรับน้ำเสียชุมชนได้รวม 2.8 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน จากการสำรวจตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน 77 แห่งโดยหน่วยตรวจสอบและฟื้นฟูระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนทั่วประเทศ ที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมตั้งขึ้น และประเมินผลการดำเนินงานของระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้เกณฑ์การประเมินด้านการเดินระบบ ด้านความพร้อมในการดำเนินงาน ด้านความพร้อมของบุคลากร และด้านความพร้อมของงบประมาณ ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถดำเนินงานได้อยู่ในเกณฑ์ดีมาก แต่พบว่ามีระบบบำบัดน้ำเสียที่จัดอยู่ในเกณฑ์ดี 13 แห่ง เกณฑ์พอใช้ 39 แห่ง และเกณฑ์ต่ำ 11 แห่ง ส่วนที่เหลืออีก 14 แห่ง อยู่ในช่วงการดำเนินการก่อสร้างยังไม่แล้วเสร็จ แต่ยังไม่ครอบคลุมทุกชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

ระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนเหล่านี้ ส่วนใหญ่ที่มีปัญหาทำให้ไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดจากหลายสาเหตุ ส่วนใหญ่ คือ ขาดบุคลากรที่ชำนาญด้านการเดินระบบ และควบคุมดูแลรักษา และขาดงบประมาณสำหรับเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานระบบบำบัดน้ำเสีย (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2547) ซึ่งปัจจุบันระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กับอาคารเดี่ยวหรือบ้านพักอาศัย คือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ ที่นิยมใช้กันมากได้แก่ระบบบ่อเกรอะ บ่อซึม และระบบบ่อกรองไร้อากาศ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ได้ดี แต่ไม่สามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ ดังนั้นเมื่อถ่ายทิ้งลงสู่แหล่งน้ำก็อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำได้ โดยทำให้เกิดการเติบโตของสาหร่ายและวัชพืชน้ำ ทำให้แหล่งน้ำมีสภาพไม่น่าดู และขัดขวางการคมนาคมทางน้ำ จากการสำรวจน้ำทิ้งจากปลายท่อระบายน้ำของเทศบาลตำบลป่าโมก อำเภอป่าโมก จังหวัดอ่างทอง พบลักษณะน้ำเสียชุมชนมีองค์ประกอบดังนี้ BOD 172 มิลลิกรัมต่อลิตร SS 138 มิลลิกรัมต่อลิตร TP 5.3 มิลลิกรัมต่อลิตร TKN 43.4 มิลลิกรัมต่อลิตร COD 308 มิลลิกรัมต่อลิตร และ pH = 7.5

ทางที่จะแก้ไขปัญหาน้ำเสียชุมชนให้มีประสิทธิภาพคือ การนำระบบบำบัดทางธรรมชาติเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยนั่นคือ ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland System) ซึ่งเป็นระบบที่สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าการปนเปื้อนของของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันระบบบึงประดิษฐ์ได้รับการพัฒนาใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นระบบที่ได้รับการยอมรับว่าเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดีและมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการไม่สูงมากนัก อีกทั้งไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีต่างๆ ที่ยุ่งยากและได้มีการศึกษาค้นคว้ากันตลอดมาเพื่อปรับปรุงให้การกำจัดน้ำเสียโดยพืชทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียโดยพึ่งพาธรรมชาติโดยพืชนั้นนับว่าสอดคล้องกับยุคสมัยนี้ในสภาวะพลังงานมีราคาแพง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศกำลังพัฒนา โรงงานอุตสาหกรรมและชุมชนที่อยู่อาศัยมีการขยายตัวอย่างกว้างขวาง การรักษาและป้องกันมิให้สภาพแวดล้อมเสื่อมเสียหรือเกิดมลภาวะก็เป็นสิ่งจำเป็น ดังนั้นการลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียจึงต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่ประหยัดเหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจ การใช้บึงประดิษฐ์ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือนหรือชุมชนที่อยู่ริมน้ำหรือพื้นที่ที่อยู่นอกเขตที่มีระบบบำบัดน้ำเสียรวม ซึ่งนอกจากจะลดการถ่ายทิ้งน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำแล้วยังเป็นการนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ในการปลูกไม้ประดับได้ด้วย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพ การบำบัดค่า BOD, SS และ TKN โดยระบบบึงประดิษฐ์ที่ความหนาแน่นของต้นพืชรักษาที่ต่างกัน

2. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ภายใต้สภาวะการณ์ธรรมชาติ ดำเนินการวิจัยทำโดยใช้น้ำเสียจากปลายท่อระบายน้ำทั้งเทศบาล โดยนำมาผ่านบ่อดักไขมันและบ่อดักตะกอน และทำการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการในการทดลองนี้ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียเป็นระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวตั้งที่ปลูกต้นพุทธรักษาพันธุ์ *Canna warscewiczii* Dietr (ดอกสีแดง) โดยตัวกลางที่ใช้เป็นหินขนาด 3/4 นิ้ว และทรายขนาด 1-2 มิลลิเมตร ใช้ทดลองบ่อบำบัดน้ำเสียจากปลายท่อน้ำทิ้งเทศบาลโดยผ่านบ่อดักไขมัน ผ่านบ่อดักตะกอนแล้วปั๊มขึ้นถึงพักน้ำเสียแล้วปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวตั้ง มีอัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ 4.54 เซนติเมตร/วัน ปริมาณน้ำไหลเข้าแต่ละถังทดลอง 15 ลิตร/วัน เป็นการไหลต่อเนื่องโดยมีการเติมน้ำเสียชุมชนทุก 7 วัน ในช่วงเช้าเวลา 5.30-6.00 น.

เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

1. บึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลในแนวตั้ง โดยถังพลาสติกกลมจำนวน 3 ถังแต่ละถังมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.65 เมตร สูง 1 เมตร คิดเป็นพื้นที่ 0.33 ตารางเมตร มีลักษณะการไหลในแนวตั้ง รายละเอียดรูปแบบแปลนด้านบนซึ่งแสดงตำแหน่งของการปลูกพืชและภาพตัดขวางของถังดังภาพประกอบ 1

2. ตัวกลาง ที่ใช้ประกอบด้วยชั้นตัวกลางเรียงจากล่างขึ้นบน ประกอบไปด้วยหินขนาด 3/4 นิ้ว หนา 0.07 เมตร เพื่อรวบรวมน้ำออกต่อนั้นเป็นชั้นตัวกลางทรายหยาบ ขนาด 1-2 มม. หนา 0.48 เมตร และปิดทับด้วยชั้นหินขนาด 3/4 นิ้ว หนา 0.07 เมตร เพื่อช่วยกระจายน้ำที่เข้าสู่ระบบ

3. ระบบท่อ ท่อน้ำเข้าเป็นท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว และต่อกับก๊อกน้ำพลาสติกสูงจากชั้นตัวกลางประมาณ 50 เซนติเมตร และมีฝาปิดท่อพลาสติกขนาด 1 นิ้ววางอยู่ด้านบนผิวของตัวกลางปล่อยให้น้ำไหลหยดลงสู่ส่วนบนฝาปิดท่อพลาสติกเพื่อการกระจายน้ำ ส่วนที่รับน้ำออกเป็นท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว เจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตรโดยเว้นระยะห่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางรูที่เจาะเท่ากับ 2 เซนติเมตร วางไว้บนชั้นหินด้านล่าง

4. พืชที่ปลูกในแปลงทดลองในการทดลองนี้ใช้พืช 1 ชนิด คือ

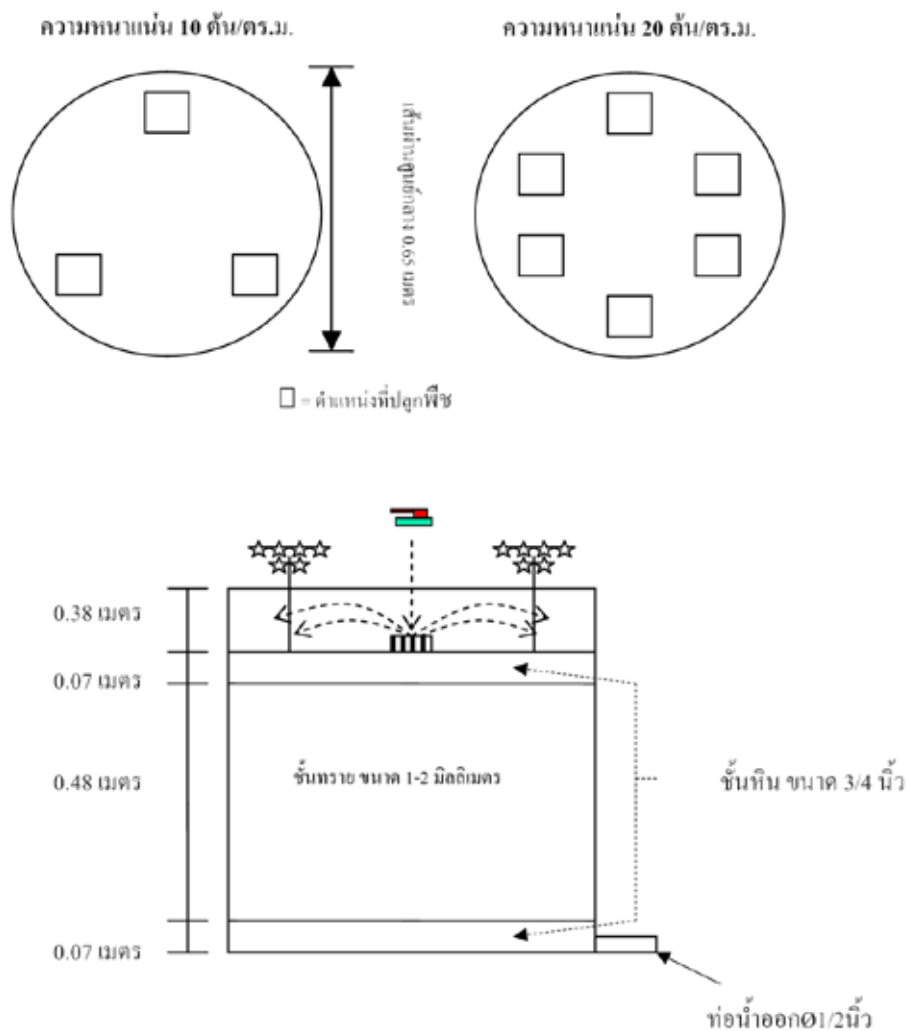
- 1) ในระบบบึงประดิษฐ์ ถังที่ทดลองจะทำการปลูกต้นพุทธรักษาพันธุ์ *Canna warscewiczii* Dietr (ดอกสีแดง) ความหนาแน่น 10 ต้นต่อตารางเมตร และความหนาแน่น 20 ต้นต่อตารางเมตร รวมเป็น 2 ถัง จากการศึกษาของ Rogers และคณะ (1985) กล่าวว่า ความหนาแน่นของพืชอย่างน้อยควรเป็น 5-10 rhizomes/m² และการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำ โดยใช้ต้นพุทธรักษาในพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ (จิตติมา เชื้อกุล, 2545) พบว่าพุทธรักษาที่มีความหนาแน่น 25 ต้นต่อตารางเมตร บำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุด

- 2) ในระบบบึงประดิษฐ์ ถังที่ควบคุมจะไม่ทำการปลูกพืชจำนวน 1 ถัง

วิธีดำเนินการวิจัย

พืชที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ พุทธรักษาพันธุ์ *Canna warscewiczii* Dietr (ดอกสีแดง) โดยคัดเลือกต้นที่มีอายุประมาณ 1 เดือน โดยที่พืชมีขนาดและความสูงใกล้เคียงกัน นำมาปลูกในระบบบำบัดซึ่งเตรียมไว้ ซึ่งในช่วงนี้จะมีการเติมน้ำเสียปนกับน้ำประปาธรรมดาเพื่อให้พืชคุ้นเคยโดยค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียขึ้นจนพืชสามารถเจริญเติบโตด้วยน้ำเสียจริงที่ไม่ได้เจือจางโดยใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นจึงเดินระบบบำบัดโดยให้น้ำเสียชุมชนอย่างเดียว

ส่วนถังที่ควบคุมที่ไม่ปลูกพืชก็ทำเช่นเดียวกับถังที่ปลูกพืชเพื่อไม่ให้เป็นระบบบำบัดเกิดความแตกต่างกันขึ้น โดยเริ่มการทดลองในช่วง 14 มกราคม 2552 ถึง 11 มีนาคม 2552



ภาพประกอบ 1 ขนาดของถังและลักษณะการปลูกพืชที่ใช้ในระบบบึงประดิษฐ์

การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์

จุดเก็บตัวอย่างน้ำการวิจัยจะดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากปลายท่อน้ำทิ้งเทศบาล แล้วนำมาผ่านการตกไขมันและผ่านปอดตกตะกอนหนักแล้วสูบน้ำเสียขึ้นไปเก็บบนหอพักน้ำเสีย เพื่อพร้อมปล่อยและเก็บตัวอย่างน้ำก่อนเข้าระบบบำบัดและเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดทางปลายท่อ โดยที่ภายในระยะเวลา 2 สัปดาห์แรกของการเดินระบบทดลองเพื่อปรับปรุงในส่วนที่

บกพร่อง เช่น การไหล การรั่วซึม การปรับอัตราการไหล เป็นต้น เมื่อระบบคงที่ก็จะทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทุกพารามิเตอร์เก็บตัวอย่างทุก 7 วัน

วิธีที่ใช้วิเคราะห์น้ำตัวอย่าง BOD วิเคราะห์โดยวิธี 5 Days Incubation และ Azide Modification, SS วิเคราะห์โดยวิธี Glass Fiber Filter Disk และ TKN วิเคราะห์โดยวิธี Macro Kjeldahl method สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำเสียระหว่างกลุ่มทดลองที่บำบัดของข้อมูลในแต่ละปัจจัย และเปรียบเทียบการบำบัดแต่ละกลุ่มทดลองโดยใช้สถิติ Kruskal-Wallis k-Sample Test

3. ผลการวิจัย

1. สภาวะแวดล้อมในการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการทดลองภายใต้สภาวะการณธรรมชาติ โดยน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบการทดลองเป็นน้ำเสียจากปลายท่อน้ำทิ้งจากเทศบาลเป็นน้ำเสียบ้านเรือนที่ไม่ได้ผ่านการบำบัด แต่ได้นำมาเข้าสู่กระบวนการดักไขมันและตกตะกอนก่อนนำไปทดลอง จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียก่อนทดลองพบว่า มีค่า BOD อยู่ในช่วง 38.6-469.1 mg/l มีค่า SS อยู่ในช่วง 71.5-1,250.0 mg/l และมีค่า TKN อยู่ในช่วง 0.9-17.0 mg/l ระยะเวลาในการทดลองนี้อยู่ในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ พ.ศ.2552 ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว ทำให้ไม่ได้รับผลกระทบจากปริมาณน้ำฝน

2. ลักษณะทั่วไปของพืช

การเจริญเติบโตของพืชที่ใช้ในการทดลอง พบว่าพืชมีการเจริญเติบโต ทั้งในด้านความสูง การเพิ่มจำนวนใบ มีการแตกหน่อและการแตกแขนงของรากฝอยเพิ่มขึ้น ในด้านความสูงของพุทธรักษา ในถึงบำบัดที่มีความหนาแน่นต่างๆ กัน ในระยะเริ่มแรกที่อายุ 1 เดือน มีความสูงของต้นเฉลี่ย 50-60 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองพุทธรักษามีความสูงเฉลี่ย 150-165 เซนติเมตร สำหรับจำนวนใบ เมื่อเริ่มต้นมีจำนวนใบประมาณ 3-4 ใบ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีจำนวนใบประมาณ 6-8 ใบ ลักษณะโดยทั่วไปของพืชมีสีเขียวสด ขนาดใบกว้างขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปใบล่างจะเริ่มแก่ก่อน โดยปลายใบจะมีสีน้ำตาลและแห้งเล็กน้อย ก้านใบล่างที่ติดลำต้นมีสีน้ำตาลอ่อน

สำหรับการเจริญเติบโตในด้านอื่นๆ พบว่า มีการแตกหน่อใหม่เพิ่มขึ้น 2-3 หน่อ เมื่อพืชมีอายุประมาณ 8-9 สัปดาห์ (เริ่มการทดลองเมื่อพืชมีอายุประมาณ 4 สัปดาห์) มีช่อดอกแทงออกมาจากกาบใบยอดและเจริญขึ้นเป็นดอกตูม แสดงให้เห็นว่าพุทธรักษาในการทดลองครั้งนี้ยังสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะแวดล้อมที่ทำการศึกษาวิจัย

3. การบำบัด BOD

น้ำที่ผ่านการบำบัด ถึงควบคุม ถึงที่ปลูกพุทธรักษา 10 ต้น/ตร.ม และถึงที่ปลูกพุทธรักษา 20 ต้น/ตร.ม. มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพเป็น 59.4%, 61.7%, 69.7% และมีค่าเฉลี่ยเป็น 107.0 mg/l, 101.0 mg/l, 74.1 mg/l ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 และ 3 จากการเปรียบเทียบปริมาณ BOD ของหน่วยทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 3 และพบว่าน้ำที่นำมาทดลองในแต่ละครั้งมีค่า BOD แตกต่างกันไปมาก

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัด BOD (%)

ค่าเฉลี่ย ประสิทธิภาพ การบำบัด BOD (%)	ควบคุม	พุทธรักษา 10 ต้น	พุทธรักษา 20 ต้น
	59.4	61.7	69.7
	(40.8-76.3)	(45.0-81.8)	(41.0-90.7)

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บคือค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณ BOD (mg/l)
ของถังที่มีความหนาแน่นของพุทธรักษาที่แตกต่างกัน

กลุ่ม	Mean Rank	Chi-Square	P
ถังควบคุม	14.63	1.745	0.418
ถังพุทธรักษา 10 ต้น	12.88		
ถังพุทธรักษา 20 ต้น	10.00		

4. การบำบัด SS

จากการทดลองใช้ต้นพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลได้
ผิวดินในแนวดิ่งพบว่าสามารถบำบัดค่า SS ได้และพบว่าในถังควบคุมกับถังทดลองซึ่งปลูกต้น
พุทธรักษาที่มีความหนาแน่น 10 ต้น/ตร.ม. กับความหนาแน่น 20 ต้น/ตร.ม. มีการบำบัด SS ได้ค่า
เฉลี่ยประสิทธิภาพ 88.3%, 90.7%, 92.3% และมีค่าเฉลี่ยเป็น 20.0 mg/l, 13.2 mg/l, 12.2 mg/l
ตามลำดับ ดังตารางที่ 4 และจากการเปรียบเทียบปริมาณค่า SS ของหน่วยทดลองโดยพบว่า ไม่มี
ความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 5 และพบว่าน้ำที่นำมาทดลองในแต่ละครั้งมีค่า SS แตกต่างกัน
ค่อนข้างมาก

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัด SS (%)

ค่าเฉลี่ย ประสิทธิภาพ การบำบัด SS (%)	ควบคุม	พุทธรักษา 10 ต้น	พุทธรักษา 20 ต้น
	88.3	90.7	92.3
	(74.1-97.8)	(76.2-98.4)	(81.9-98.5)

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บคือค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบปริมาณ SS (mg/l)
ของถังที่มีความหนาแน่นของฟุทรักษาที่แตกต่างกัน

กลุ่ม	Mean Rank	Chi-Square	P
ถังควบคุม	16.25	3.787	0.151
ถังฟุทรักษา 10 ต้น	11.75		
ถังฟุทรักษา 20 ต้น	9.50		

5. ค่า TKN

น้ำเสียชุมชนที่นำไปทำการทดลองนั้นพบว่าค่า TKN ไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง แต่จากการทดลองใช้ต้นฟุทรักษาในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวดิ่งพบว่าสามารถบำบัด ค่า TKN ได้และพบว่าในถังควบคุมกับถังทดลองซึ่งปลูกต้นฟุทรักษาที่มีความหนาแน่น 10 ต้น/ตร.ม. กับ ความหนาแน่น 20 ต้น/ตร.ม มีการบำบัด TKN ได้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพ 85.2% 86.7% และ 90.2% ตามลำดับ ดังตารางที่ 6 และจากการเปรียบเทียบปริมาณ TKN ของหน่วยทดลองโดยพบว่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัด TKN (%)

ค่าเฉลี่ย ประสิทธิภาพ การบำบัด TKN (%)	ควบคุม	ฟุทรักษา 10 ต้น	ฟุทรักษา 20 ต้น
	85.2	86.2	91.2
	(58.4-97.3)	(47.2-97.6)	(58.4-99.0)

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บคือค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบปริมาณ TKN(mg/l)
ของถังที่มีความหนาแน่นของฟุทรักษาที่แตกต่างกัน

กลุ่ม	Mean Rank	Chi-Square	P
ถังควบคุม	19.19	17.364	0.000*
ถังฟุทรักษา 10 ต้น	13.69		
ถังฟุทรักษา 20 ต้น	4.68		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p = 0.05$

จากการเปรียบเทียบโดยการจับคู่พบว่า ถึงควบคุมกับถึงพุทธรักษา 20 ต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และถึงพุทธรักษา 10 ต้นกับถึงพุทธรักษา 20 ต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ถึงควบคุมกับถึงพุทธรักษา 10 ต้น ไม่มีความแตกต่างกัน

4. อภิปรายผลการวิจัย

1. การบำบัด BOD

จากการทดลองใช้ต้นพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลได้ ผิวดินในแนวดิ่งพบว่าสามารถบำบัดค่า BOD ได้ และพบว่าในถึงควบคุมกับถึงทดลองซึ่งปลูกต้นพุทธรักษาที่ความหนาแน่น 10 ต้น/ตร.ม. กับความหนาแน่น 20 ต้น/ตร.ม. มีการบำบัด BOD ได้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพ 59.4%, 61.7% และ 69.9% ตามลำดับ ซึ่งพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ คักดีชัย อังคสิงห์ (2547) ที่ศึกษาถึงการทำงานของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินร่วมกับระบบการระเหยโดยพืชในการบำบัดน้ำเสียบ้านเรือน พบว่าประสิทธิภาพสูงสุดของถึงที่มีการไหลในแนวดิ่งได้แก่การให้น้ำแบบเป็นระยะที่อัตราการระบทุกทางชลศาสตร์ 8.23 เซนติเมตรต่อวัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีเท่ากับ 63.5 % และสอดคล้องกับเกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2542) กล่าวว่า การไหลซึมลงชั้นตัวกลางและการให้น้ำเข้าระบบ อากาศจะเติมเข้ามาอย่างช่องว่างในดิน จึงเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้แก่ดิน ยิ่งไปกว่านั้นการแพร่ของออกซิเจนผ่านดินเพิ่มให้ดีขึ้นได้ในช่วงหยุดการให้น้ำ และงานวิจัยของ Cooper และ Boon (1987) พบว่าในระบบบึงประดิษฐ์พืชที่ใฝ่ลงพื้นน้ำมีหน้าที่สำคัญในการบำบัดน้ำเสียโดยออกซิเจนจะถูกถ่ายเทผ่านช่องว่างของใบและลำต้น ไปยังระบบรากพืชซึ่งออกซิเจนบางส่วนถูกปลดปล่อยจากระบบรากมีอัตราการถ่ายเทออกซิเจนของพืชอยู่ในช่วง 5 ถึง 45 กรัมของ O_2 /(ตร.ม.-วัน)

2. การบำบัด SS

จากการทดลองใช้ต้นพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลได้ ผิวดินในแนวดิ่งพบว่าสามารถบำบัดค่า SS ได้และพบว่าในถึงควบคุมกับถึงทดลองซึ่งปลูกต้นพุทธรักษาที่ความหนาแน่น 10 ต้น/ตร.ม. กับความหนาแน่น 20 ต้น/ตร.ม. มีการบำบัด SS ได้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพ 88.3% 90.7% และ 92.3% ตามลำดับ ซึ่งพบว่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีค่า SS ที่ผ่านการบำบัดเฉลี่ยที่ 15.16 mg/l ซึ่งค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก อยู่ที่ไม่เกิน 30 mg/l ในการทดลองนี้มีลักษณะการทดลองที่คล้ายกับระบบการกรองซึ่งมีตัวกลางเป็นหิน กรวด หทราย ขนาดต่างๆ กันไป สอดคล้องกับการศึกษาของคักดีชัย อังคสิงห์ (2546:78) พบว่าในการบำบัด SS ในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลได้ ผิวดินในแนวดิ่งมีค่า SS ที่ผ่านการบำบัดเฉลี่ยที่ 12.3 mg/l และประสิทธิภาพเฉลี่ย 68.0 %

3. การบำบัด TKN

น้ำเสียชุมชนที่นำไปทำการทดลองนั้นพบว่าค่า TKN ไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง แต่จากการทดลองใช้ต้นพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลได้ ผิวดินในแนวดิ่งพบว่าสามารถบำบัดค่า TKN ได้และพบว่าในถึงควบคุมกับถึงทดลองซึ่งปลูกต้นพุทธรักษาที่ความ

หนาแน่น 10 ตัน/ตร.ม. กับความหนาแน่น 20 ตัน/ตร.ม. มีการบำบัด TKN ได้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพ 85.2%, 86.7% และ 90.2% ตามลำดับ ในระบบบึงประดิษฐ์แบบที่เรียกว่าเป็นตัวการสำคัญในการกำจัดไนโตรเจน โดยกระบวนการไนตริฟิเคชันนั้นต้องการสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจน ซึ่งพบในส่วนของรากพืชที่ปริมาณของออกซิเจนถูกปลดปล่อยออกมา (Roger และคณะ, 1985) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเกรย์ดิกคีย์ ปิงกุล (2546) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินแบบไหลขึ้นตามด้วยแบบไหลลง ผลการศึกษาพบว่าเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันในบ่อที่มีน้ำไหลขึ้นและเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในบ่อที่มีน้ำไหลลงอย่างชัดเจน และจากงานวิจัยของ ศักดิ์ชัย อังคสิงห์ (2547:110) พบว่าถังที่มีการไหลในแนวตั้งมีประสิทธิภาพในการบำบัด TKN เท่ากับ 88.0 %

5. ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นของพืชเพิ่มขึ้น แต่ต้องมีการกำจัดใบที่เหี่ยวซึ่งอาจจะทำให้เกิดการกระจายน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดมีปัญหาการซึมของน้ำในพื้นที่รับน้ำ และอาจต้องมีการเปลี่ยนตัวกลางและปลูกพืชใหม่เนื่องจากระบบจะเกิดการอุดตันของตัวกลาง เนื่องจากพืชมีความหนาแน่นมากเกินไป
2. การบำบัด BOD ยังไม่ได้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ควรจะหาวิธีการบำบัด BOD เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะต้องการบำบัดซ้ำ หากระบวนการบำบัดอื่นมาเพิ่มศักยภาพในการบำบัดนี้ให้ดีขึ้น หรือลดอัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ลงให้น้อยกว่า 0.05 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร-วัน
3. จากการทดลองพบว่าค่า BOD ของน้ำเสียชุมชนมีค่าสูงและมีค่าไม่ค่อยสม่ำเสมอทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดมีค่า BOD ส่วนใหญ่เกินกว่าค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง
4. ศึกษาการใช้ตัวกลางชนิดอื่นๆ โดยจะนำไปผสมกันหรือจัดแยกชั้นกัน เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการบำบัดโดยระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลใต้ผิวดิน

บรรณานุกรม

- เกรย์ดิกคีย์ ปิงกุล. การกำจัดไนโตรเจนของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินแบบไหลขึ้นตามด้วยแบบไหลลง. 2546. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2542. การบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : สยามสเคชั่นเนิร์ชพลาซัส.
- กรมควบคุมมลพิษและหน่วยตรวจสอบและฟื้นฟูระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนทั่วประเทศ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ม.ป.ป. แผนฟื้นฟูและปรับปรุงระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนทั่วประเทศ พ.ศ.2548. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
- จิตติมา เชื้อกุล. การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ต้นพุทธรักษาในพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์. 2545. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยมหิดล.

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ม.ป.ป.
รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2547. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
ศักดิ์ชัย อังคสิงห์. การบำบัดน้ำเสียบ้านเรือนโดยใช้บึงประดิษฐ์ที่มีการไหลได้ผิวดินร่วมกับ
ระบบการระเหยโดยพืช. 2547. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต :
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Cooper, P.E. and Boon, A.G.. 1987. Aquatic Plants for wastewater Treatment and Resource
Recovery. Orlando: Magnolia Public.

Roger, F.E.J., Roger, K.H. and Buzer, J.S. 1985. Wetlands for Wastewater Treatment.
Johannesburg, South Africa : Witwatersard University Press.