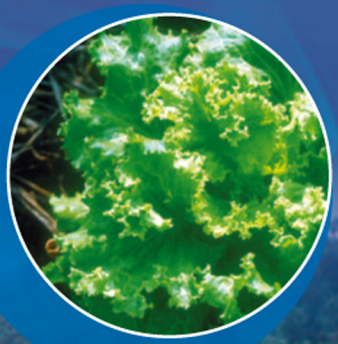
วารสารวิจัย
ราชภัฏเชียงใหม่

RAJABHAT CHIANG MAI RESEARCH JOURNAL

ประจำปีที่ 10 ฉบับที่ 1 (ตุลาคม 2551 - มีนาคม 2552)



ISSN 1513-8410

วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่

ประจำปีที่ 10 ฉบับที่ 1 (ตุลาคม 2551 - มีนาคม 2552)

CMRU Research Journal

Vol. 10 No. 1 October 2008 - March 2009

Chiang Mai Rajabhat University

คำนำ

การเผยแพร่ผลงานวิจัยถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของการจัดการงานวิจัย ปลายน้ำเพื่อผลักดันผลงานวิจัยสู่การใช้ประโยชน์ สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ในฐานะหน่วยจัดการงานวิจัยมหาวิทยาลัย ได้ทำหน้าที่ตามกรอบวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าหมายการวิจัยของมหาวิทยาลัย โดยการวางแผนและการดำเนินงานการสนับสนุนและส่งเสริมการวิจัย จึงได้ดำเนินการทั้งต้นน้ำคือการพัฒนาโจทย์วิจัยและข้อเสนอโครงการวิจัย การจัดการกลางน้ำโดยการหนุนเสริมการทำวิจัย การติดตาม ประเมินผลการวิจัยและการจัดการปลายน้ำในรูปของการเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่การใช้ประโยชน์ วารสารวิจัยเป็นอีกสื่อหนึ่งที่ทำหน้าที่เผยแพร่ผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัยและหน่วยงานหรือนักวิจัยภายนอก

วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่เป็นสื่อสิ่งพิมพ์ที่สนองรับการเผยแพร่ผลการวิจัยของคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ นักศึกษา ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และสถาบันการศึกษาอื่นๆ ตลอดจนนักวิจัยทั่วไป โดยมีคณะทำงานที่รับผิดชอบในรูปของกองบรรณาธิการ มีผู้ทรงคุณวุฒิประเมินและกลั่นกรองบทความวิจัย

วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่ฉบับนี้เป็นฉบับแรกของปี 2552 ที่ได้คัดเลือกบทความจากผลการวิจัยของคณาจารย์ นักศึกษา ทั้งมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และสถาบันการศึกษาอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากมหาจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัยวิทยาเขตสวนดอก จังหวัดเชียงใหม่ ที่หลากหลายสาขา และคาดว่า วารสารวิจัยนี้จะเกิดประโยชน์ต่อประชาคมวิจัยและวงวิชาการตามสมควร

บรรณาธิการ

RAJABHAT CHIANG MAI

RESEARCH JOURNAL

สารบัญ

การใช้ระบบบึงประดิษฐ์บำบัดน้ำเสียจากการผลิตกระดาษสา
สุรศักดิ์ นุ่มมีศรี 01

แนวทางการจัดการใช้น้ำมันทอดอาหารตามโครงการอาหารปลอดภัย
เพื่อผู้บริโภคของกลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายอาหารในโรงอาหาร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
นักสิทธิ์ ปัญโญใหญ่ ปิลันธสุทธิ์ สุวรรณเลิศ และคณะนักศึกษา 11

รายงานผลการวิจัย เรื่อง แตรวงชาวบ้าน : กรณีศึกษา แตรวงคณะน้อย
ตำบลต้นธงชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
พรสวรรค์ จันทะวงศ์ 23

การพัฒนาองค์ความรู้เพื่อเพิ่มศักยภาพด้านการผลิต
ผักปลอดสารพิษแบบมีส่วนร่วมของจังหวัดเชียงใหม่
ดร.กาญจนา สุระ 33

การพัฒนากระบวนการถ่ายทอดภูมิปัญญาการนวดพื้นบ้านไทย
พีระพงศ์ บุญศิริ 43

รายงานผลการวิจัย เรื่อง การพัฒนาสินค้าชุมชนไทลื้อ
อำเภอดอยสะเก็ด สู่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนและท้องถิ่น (OTOP)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิไลลักษณ์ กิติบุตร 55

สารบัญ

การพัฒนาระบบการตลาดผักปลอดสารพิษ จังหวัดเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีศักดิ์ ปิ่นทอง 69

การวิจัยและพัฒนาเครือข่ายผู้บริโภคผักปลอดสารพิษ
ที่มีต่อการสนับสนุนการผลิตผักปลอดสารพิษของเกษตรกร
จังหวัดเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิไลลักษณ์ กิติบุตร 79

การศึกษาต้นทุนและผลสัมฤทธิ์ของการเกษตรปลอดสารพิษ
ในจังหวัดเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กมลทิพย์ คำใจ 87

โครงการวิจัยเชิงบูรณาการเพื่อพัฒนาการจัดการ
การผลิตผักปลอดสารพิษ และสินค้าแปรรูปผักปลอดสารพิษ
จังหวัดเชียงใหม่ ยกระดับสู่มาตรฐาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีระศักดิ์ สมยานะ 99

รายงานผลการวิจัย เรื่อง รำโทน คณะแม่ตะเคียน เทียนศรี
ตำบลบางพึ่ง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี
ณัฐนรี รัตนสวัสดิ์ 109

RAJABHAT CHIANG MAI RESEARCH JOURNAL
VOL.10 NO.1 OCTOBER 2008 - MARCH 2009

การใช้ระบบบึงประดิษฐ์บำบัดน้ำเสียจากการผลิตกระดาษสา

Application of Constructed Wetlands for Treatment of Wastewater From Saa Paper Production

สุรศักดิ์ นุ่มมีศรี
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์แบบผสมผสาน (VSF+HSF) ซึ่งประกอบด้วยระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลตามแนวดิ่ง (VSF) ต่อด้วยระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลตามแนวราบ (HSF) ปลูกต้นกกรังกาในระบบบึงประดิษฐ์ บำบัดน้ำเสียจากการผลิตกระดาษสา ทำการศึกษาที่อัตราการไหล 40, 120, 1,800 ลิตร/วัน พบว่า ระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลในแนวดิ่ง มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี บีโอดี สี และของแข็งแขวนลอยได้ 19.2-44.2%, 23.1-44.1%, 15.5-38.0% และ 26.9-40.7% ตามลำดับ ในส่วนของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลในแบบผสมผสาน มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี บีโอดี สี และของแข็งแขวนลอยได้ 42.3-71.7%, 59.8-94.5%, 48.6-84.0% และ 71.6-80.0% ตามลำดับ

คำสำคัญ : กระดาษสา, การบำบัดน้ำเสีย, บึงประดิษฐ์, สี

Abstract

The objective of this study was to investigate the efficiencies of wastewater treatment from saa paper production by combine constructed wetland system (VSF+HSF), the effluent from vertical subsurface flow (VSF) is then treated by the horizontal subsurface flow (HSF). The Bulrush: *Cyperus* spp. was planted in the wetland system. The constructed wetland systems were operated at the flow rates of 40 l/day, 120 l/day, and 1,800 l/day. This research found that in the vertical subsurface flow constructed wetland system (VSF), where the flow rate has increased, the efficiency for eliminating pollutants has then been decreased respectively. The removal efficiency of COD, BOD, color and suspended solid was 19.2-42.2%, 23.1-44.1%,

15.5-38.0% and 26.9-40.7% respectively. For the hybrid system (VSF+HSF), the effluent from VSF is then treated by the HSF. The best hybrid system performances were found at the flow rate of 40 l/day with the overall removal efficiency of COD, BOD, color and suspended solid at 42.3-71.7%, 59.8-94.5%, 48.6-84.0% and 71.6-80.0% respectively.

Keywords: Saa paper, Wastewater Treatment, Constructed Wetland, Color

บทนำ

กระดาษสาเป็นกระดาษพื้นเมืองทางภาคเหนือที่ผลิตด้วยมือ เพื่อใช้บันทึกคำสั่งสอนชาวพื้นเมืองทางภาคเหนือ นอกจากจะใช้กระดาษสาในการเขียนข้อความในอดีตและตกแต่งในพิธีกรรมต่างๆ แล้วยังมีการใช้กระดาษสาทำร่มมาช้านาน อันเป็นสินค้าพื้นเมืองที่มีชื่อและนิยมใช้มาจนกระทั่งปัจจุบัน ในปัจจุบันการผลิตกระดาษสาในครัวเรือนได้มีการขยายตัวอย่างกว้างขวางทำให้จำนวนครัวเรือนมีเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ บ้านต้นเปา อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีการผลิตกระดาษสาในครัวเรือน เป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนที่ให้ผลตอบแทนแก่ผู้ผลิตรวมถึงทำให้เศรษฐกิจของชุมชนดีขึ้น ส่วนวิธีการผลิตกระดาษสาของชาวบ้านในปัจจุบันยังคงอาศัยความรู้สืบทอดกันมาตั้งแต่อดีต โดยจะเริ่มจากขั้นตอนการเตรียมเยื่อสาแบบพื้นบ้าน ทำโดยนำเปลือกสามาต้มด้วยด่าง แล้วล้างน้ำ หลังจากนั้นจึงทุบเยื่อสา โดยใช้มือหรือเครื่องตีเยื่อ แล้วจึงนำมาทำเป็นแผ่นกระดาษสา ซึ่งรายละเอียดของการผลิตกระดาษสาในพื้นที่หมู่บ้านต้นเปา จากการสำรวจพื้นที่ พบว่า มีขั้นตอนการผลิต และน้ำเสียที่เกิดจากการผลิต โดยมีรายละเอียดดังแสดงภาพที่ 1 และภาพที่ 2

ก. ปอสาแห้ง **ข.** แช่น้ำปอสา **ค.** ต้มปอสา **ง.** ล้างน้ำสะอาด

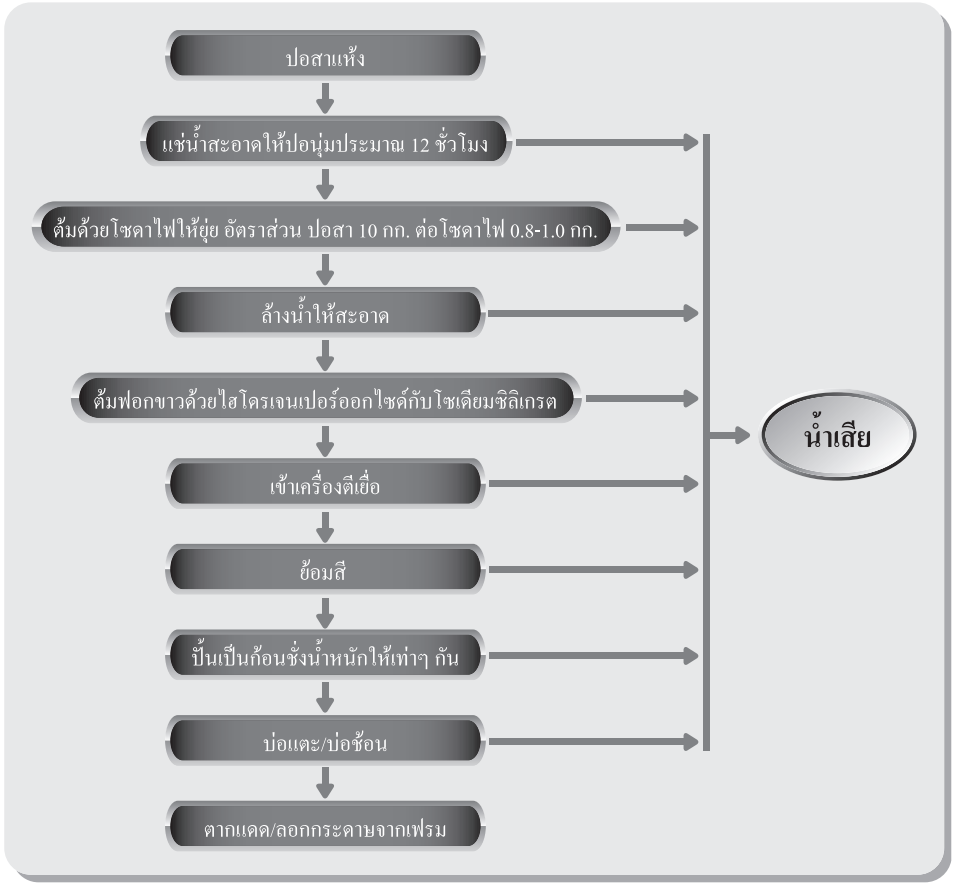
จ. ปั่นให้เป็นเยื่อสา **ฉ.** ใส่สีที่ต้องการ **ช.** นำมาทำเป็นแผ่น **ซ.** แผ่นกระดาษสา

ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการทำแผ่นกระดาษสา

จากการขยายตัวของการผลิตกระดาษสาในครัวเรือนที่เพิ่มมากขึ้นทำให้มีน้ำเสียในปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตกระดาษสานั้นจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางน้ำเป็นอย่างมาก เพราะน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำกระดาษสามีการปนเปื้อนของสารเคมีหลายชนิด อีกทั้งยังมีเยื่อสาปนออกมา ดังนั้น น้ำเสียจึงมีความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์และสารเคมีอื่นๆ โดยเฉพาะผู้ประกอบการผลิตกระดาษสาขนาดเล็ก ซึ่งมักจะมีการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยไม่ได้ผ่านกระบวนการบำบัดใดๆ รวมทั้งสถานที่ที่ใช้ในการผลิตกระดาษสาตั้งอยู่ในแหล่งชุมชนจึงทำให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำและผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องหาแนวทางแก้ไข เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากผู้ประกอบการที่ผลิตกระดาษสาขนาดเล็กในชุมชน ให้มีน้ำทิ้งที่มีคุณภาพที่ดีขึ้นก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยระบบบำบัดน้ำเสียที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา และบรรเทาปัญหาดังกล่าวจะต้องเป็นระบบที่มีความเหมาะสมกับชุมชน คือ เป็นระบบที่ค่าก่อสร้างและค่าบำรุงรักษาต่ำ ใช้พลังงานและเทคโนโลยีน้อย รวมทั้งไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ชำนาญการในการเดินระบบ รวมทั้งระบบต้องมีความยืดหยุ่นสูง

จากสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาดังที่กล่าวมาแล้วผู้วิจัยพิจารณาเห็นว่าระบบบึงประดิษฐ์ ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่เลียนแบบกลไกการกำจัดของเสียตามธรรมชาติ คือ อาศัยดิน น้ำ พืช และจุลินทรีย์ในการบำบัดของเสียในน้ำ น่าจะเป็นระบบที่มีความเหมาะสมในการแก้ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างระบบต้นแบบขึ้นซึ่งเป็นระบบบึงประดิษฐ์แบบผสมผสานที่มีการไหลตามแนวดิ่งตามด้วยการไหลตามแนวราบ เพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตกระดาษสาในครัวเรือนของระบบดังกล่าว



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการผลิตกระดาษสาและน้ำเสียที่เกิดจากการผลิต

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์แบบผสมผสานในการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตกระดาษสา

วิธีการศึกษา

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.1 ระบบบึงประดิษฐ์

ระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นระบบบึงประดิษฐ์แบบผสมผสาน ซึ่งประกอบด้วยระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลตามแนวดิ่ง (Vertical Subsurface Flow: VSF) ตามด้วยระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลตามแนวราบ (horizontal subsurface flow: HSF) แสดงดังภาพที่ 1 (ค, ง) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1.1 ระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลตามแนวดิ่ง (VSF)

ระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลในแนวดิ่ง ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ สร้างจากวงคอนกรีตเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 เมตร สูง 0.8 เมตร ปลูกต้นกกรังกา (*Cyperus* spp.) ทุกระยะ 0.25 เมตร ชั้นตัวกลางเรียงจากล่างขึ้นบน ประกอบไปด้วย หินขนาด 20-25 มิลลิเมตร หนา 0.6 เมตร เพื่อรวบรวมน้ำออก ต่อจากนั้นเป็นชั้นตัวกลางหินเกร็ดขนาด 5-10 มิลลิเมตร หนา 0.1 เมตร แสดงดังภาพที่ 3 (ก)

1.1.2 ระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลตามแนวนอน (HSF)

ระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลในแนวนอนใต้พื้น (HSF) ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นบ่อคอนขนาดภายในกว้าง 1.0 เมตร ยาว 3.0 เมตร สูง 1.0 เมตร ชั้นตัวกลางเรียงจากล่างขึ้นบน ประกอบด้วยตัวกลางหินขนาด 20-25 มิลลิเมตร สูง 0.7 เมตร ต่อจากนั้นด้านบนเป็นชั้นตัวกลางหินเกร็ดขนาด 5-10 มิลลิเมตร สูง 0.1 เมตร ก่อนเดินระบบมีการปลูกต้นกกรังกา (*Cyperus* spp.) ไว้ห่างกันทุกๆ ระยะ 0.25 เมตร ในส่วนของท่อรวบรวมน้ำออกปลายท่อจะมีการยกระดับไว้เพื่อรักษาสภาพอิ่มตัวของชั้นตัวกลาง ดังแสดงดังภาพที่ 3 (ข)

ก. บึงประดิษฐ์ที่มีการไหลตามแนวดิ่ง

ข. บึงประดิษฐ์ที่มีการไหลตามแนวนอน

ค. บึงประดิษฐ์แบบผสมผสาน

ภาพที่ 3 แสดงระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการวิจัย

1.2 พืชที่ใช้ในการศึกษา

นำต้นกกรังกามาปลูกลงในกระถางเพาะก่อน เมื่อต้นกล้าเริ่มแตกหน่อใหม่ จึงเลือกเอาต้นที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ไปปลูกในแปลงทดลองให้มีความหนาแน่นประมาณ 5 ต้น ต่อหนึ่งกอ ห่างกันทุกๆ 0.25 เมตร หลังจากนั้นเลี้ยงพืชเพื่อให้พืชปรับตัว และมีความคุ้นเคยกับน้ำเสียโดยการขังน้ำทิ้งจากการผลิตเยื่อกระดาษสาที่ผสมกับน้ำบ่อตื้นให้ความเข้มข้นน้ำเสียประมาณ 10% เป็นเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นระบายน้ำออกแล้วเติมน้ำเสียที่ผสมกับน้ำบ่อตื้นมีความเข้มข้นน้ำเสียประมาณ 20 % ขังทิ้งไว้เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จึงระบายน้ำออกแล้วเพิ่มความเข้มข้นน้ำเสียเป็น 50% ขังทิ้งไว้อีก 2 สัปดาห์ จึงระบายน้ำเสียออก พร้อมทั้งเริ่มสูบน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตเยื่อกระดาษสาเข้าระบบบึงประดิษฐ์

1.3 การจ่ายน้ำเสียเข้าระบบบำบัด

สูบน้ำเสียจากถังพักไฟเบอร์กลาสขนาด 1,000 ลิตร ซึ่งทำการสูบน้ำเข้าระบบแบบครั้งคราว คือ สูบน้ำเสียเข้าระบบเป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่ 09.00 น. ถึง 16.00 น. โดยใช้เครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำ น้ำเสียจะถูกส่งผ่านบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลตามแนวดิ่งด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ผ่านชั้นตัวกลางและพืช หลังจากนั้นไหลไปยังระบบที่มีการไหลตามแนวราบ แล้วจึงปล่อยออกสู่รางระบายน้ำสาธารณะ โดยมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลเข้าระบบของน้ำเสียที่ 40, 120 และ 1,800 ลิตรต่อวัน

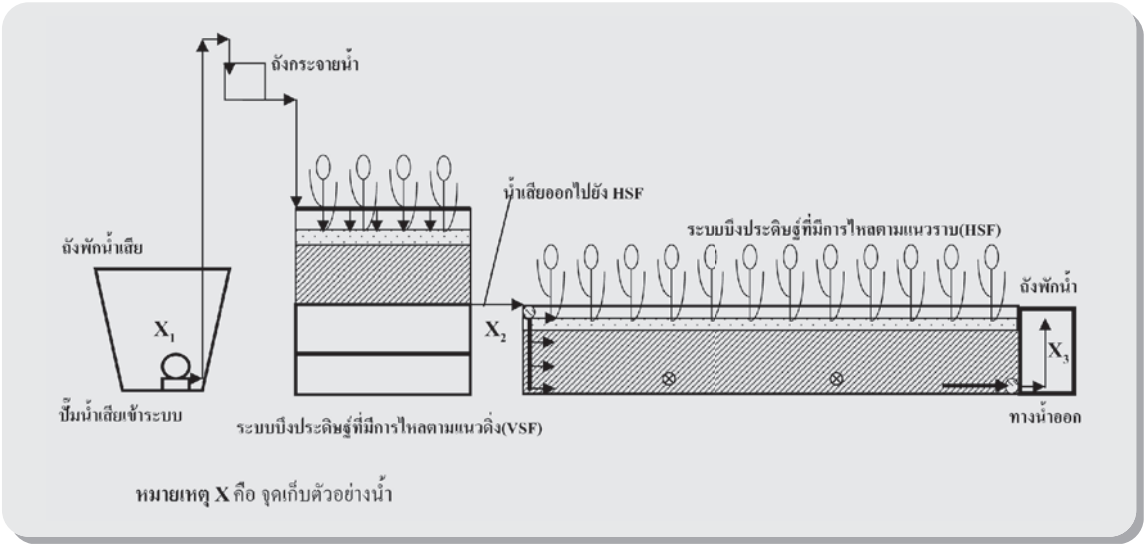
2. การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียแบบจ้วงจากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 จุด ดังแสดงในภาพที่ 4 โดยเก็บสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 8 เดือน โดยจุดที่ทำการเก็บน้ำตัวอย่าง ประกอบด้วย

- จุดเก็บที่ 1 (X_1) ถังพักน้ำเสียก่อนเข้าระบบ
- จุดเก็บที่ 2 (X_2) น้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลตามแนวดิ่ง
- จุดเก็บที่ 3 (X_3) น้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์แบบผสมผสาน

3. การวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

การวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ Standard method for the examination of water and wastewater (APHA, AWWA and WPCF, 1992)



ภาพที่ 4 แสดงหน้าตัดของระบบบึงประดิษฐ์และจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียทดลอง

ผลการศึกษา

ระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลตามแนวดิ่ง (VSF) ที่อัตราการไหล 40, 120, 1,800 ลิตร/วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 44.2%, 43.3% และ 19.2% ตามลำดับ สามารถกำจัดบีโอดีร้อยละ 44.1, 55.0 และ 23.1 ตามลำดับ กำจัดความเข้มสีได้ 38.0%, 33.2%, และ 15.5% ตามลำดับ และระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยได้เท่ากับ 40.7%, 47.3 และ 26.9% ตามลำดับ

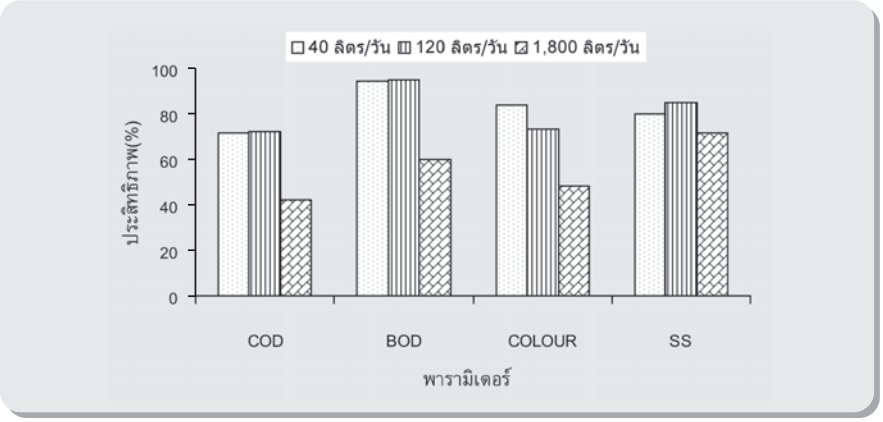
ระบบบึงประดิษฐ์แบบผสมผสานที่มีการไหลตามแนวดิ่งต่อด้วยการไหลตามแนวราบ (VSF+HSF) ที่อัตราการไหล 40, 120, 1,800 ลิตร/วัน พบว่า มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 71.7%, 72.4% และ 42.3% ตามลำดับ สามารถกำจัดบีโอดี 94.5%, 95.2% และ 59.8% ตามลำดับ สามารถกำจัดความเข้มสีได้ 84.0%, 73.1%, และ 48.6% ตามลำดับ ระบบบึงประดิษฐ์มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 80.0%, 85.1%, 71.6 % ตามลำดับ ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าซีโอดีและบีโอดีที่เข้า-ออก และประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์

ระบบบึงประดิษฐ์	อัตราการไหล (ลิตร/วัน)	ซีโอดี			บีโอดี		
		เข้า (มก./ล.)	ออก (มก./ล.)	กำจัด (%)	เข้า (มก./ล.)	ออก (มก./ล.)	กำจัด (%)
VSF	40	2,492	1,390	44.2	870	486	44.1
	120	4,190	2,377	43.3	857	386	55.0
	1,800	2,408	1,946	19.2	866	666	23.1
VSF+HSF	40	2,492	704	71.7	870	48	94.5
	120	4,190	1,155	72.4	857	41	95.2
	1,800	2,408	1,388	42.3	866	348	59.8

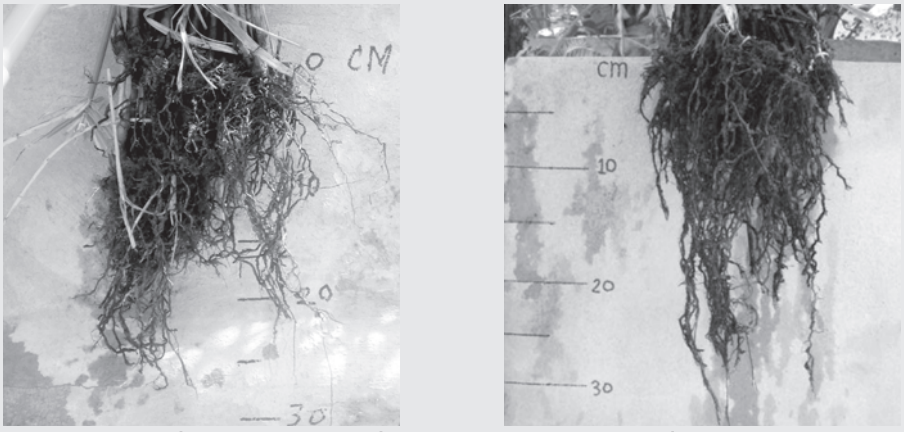
ตารางที่ 2 ค่าของแข็งแขวนลอยและสีที่เข้า-ออก และประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์

ระบบบึงประดิษฐ์	อัตราการไหล (ลิตร/วัน)	ของแข็งแขวนลอย			สี		
		เข้า (มก./ล.)	ออก (มก./ล.)	กำจัด (%)	เข้า (เอสยู)	ออก (เอสยู)	กำจัด (%)
VSF	40	882	523	40.7	414	256	38.0
	120	1,477	779	47.3	410	274	33.2
	1,800	1,018	744	26.9	366	309	15.5
VSF+HSF	40	882	177	80.0	414	66	84.0
	120	1,477	220	85.1	410	110	73.1
	1,800	1,018	289	71.6	366	195	48.6



ภาพที่ 5 ค่าซีโอดี, บีโอดี, สี และของแข็งแขวนลอยที่เข้า-ออก

ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงของพืชและหินตัวกลางในระบบบึงประดิษฐ์ พืชที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ ต้นกกรังกา (*Cyperus* spp.) เมื่อสิ้นสุดการทดลองต้นกกมีลำต้นอยู่เหนือพื้นดินสูงประมาณ 1-1.5 เมตร ในส่วนของรากต้นกกเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีความยาวประมาณ 20-30 เซนติเมตรดังภาพที่ 6 แสดงว่าต้นกกที่ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำเสียจากการผลิตกระดาษสา และมีส่วนช่วยในการบำบัดในส่วนบนของบึงประดิษฐ์ประมาณ 30 เซนติเมตรจากผิวบ่อ และจากสภาพของหินตัวกลางที่ใช้ในการทดลองในส่วนของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลในแนวดิ่งสภาพของหินมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม คือ มีสีของน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตกระดาษสาติดอยู่บริเวณผิวของหินตัวกลาง และมีเมือกติดอยู่ไม่มากนัก แสดงว่า พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ลดลง ไม่ได้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีเนื่องจากกระบวนการทางชีวภาพ เพราะไม่มีคราบของจุลินทรีย์เกาะอยู่บริเวณผิวของหินตัวกลาง ดังนั้นกลไกในการกำจัดมลสารต่างๆ ที่อยู่ในน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลในแนวดิ่งส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางกายภาพ ได้แก่ การกรองติดอยู่ระหว่างชั้นตัวกลาง และการดูดติดโดยรากพืช และตัวกลางเป็นส่วนใหญ่ การกำจัดด้วยจุลินทรีย์มีน้อย ในส่วนของระบบที่มีการไหลตามแนวราบ พบว่า มีลักษณะรื่นๆ มีเมือกสีดำเคลือบอยู่เป็นจำนวนมาก สีของหินตัวกลางเปลี่ยนไปเป็นสีดำ แสดงว่าเกิดจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการย่อยสลายมลสารเกาะอยู่กับตัวกลางเพื่อช่วยในการย่อยสลายมลสารต่างๆ ในน้ำเสีย ดังภาพที่ 7



ก. รากพืชระบบที่มีการไหลตามแนวดิ่ง **ข.** รากพืชระบบที่มีการไหลตามแนวราบ

ภาพที่ 6 แสดงความยาวของรากพืชในระบบบึงประดิษฐ์

ก. หินตัวกลางระบบที่มีการไหลตามแนวดิ่ง

ข. หินตัวกลางระบบที่มีการไหลตามแนวราบ

ภาพที่ 7 แสดงหินตัวกลางในระบบบึงประดิษฐ์

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการศึกษา

ประสิทธิภาพระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลแบบผสมผสานมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เพิ่มมากขึ้น โดยที่ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี และซีโอดี ประมาณ 50% มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยประมาณ 70% และกำจัดความเข้มสีประมาณ 50% แต่ไม่สามารถทำให้น้ำทิ้งมีค่าซีโอดีและบีโอดี ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมได้ ในส่วนการควบคุมระบบนั้นไม่มีความยุ่งยากซับซ้อน ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง และเดินระบบไม่สูงมากนัก ทำให้ผู้ประกอบการสามารถสร้าง และดูแลระบบได้ด้วยตนเอง จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นเพื่อลดมลพิษทางน้ำจากการผลิตกระดาษสาก่อนปล่อยน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดเบื้องต้นแล้วลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

2. อภิปรายผลศึกษา

จากผลการศึกษาที่ได้มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของผู้อื่นในประเด็นที่เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี และบีโอดี ของแข็งแขวนลอย และความเข้มสีลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบที่ทำการศึกษากับระบบของผู้อื่นที่ทำการศึกษาในลักษณะเดียวกัน พบว่า ระบบที่ทำการศึกษามีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี และบีโอดี ของแข็งแขวนลอย และความเข้มสีได้ต่ำกว่าระบบของผู้อื่น โดยที่สาเหตุเนื่องมาจากเงื่อนไขของระบบที่แตกต่างกันโดยเฉพาะในประเด็น สภาพของน้ำเสีย ซึ่งน้ำเสียจากการผลิตกระดาษสาจะมีสารที่ย่อยสลายยากโดยกระบวนการทางชีวภาพ เช่น โครงสร้างของสีย้อม และลิกนินที่อยู่ในน้ำเสีย และเมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนระหว่างค่าบีโอดีต่อค่าซีโอดี (BOD/COD) ของน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 0.35 ซึ่งค่อนข้างต่ำ แสดงว่าน้ำเสียที่เข้าระบบสามารถย่อยสลายทางชีวภาพทำได้ยาก โดยน้ำเสียที่สามารถย่อยสลายได้ดีควรมีค่าบีโอดีต่อซีโอดีไม่น้อยกว่า 0.5 (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2547) เมื่อเทียบกับน้ำเสียที่มีผู้ศึกษาไว้ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาน้ำเสียจากชุมชนและฟาร์มสุกรซึ่งสารที่ปนเปื้อนส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์คาร์บอนซึ่งสามารถกำจัดได้ง่ายกว่าสารปนเปื้อนในน้ำเสียที่ทำการศึกษา และอีกประเด็นหนึ่งคือขนาดของตัวกลางที่ใช้ในการศึกษา เนื่องจากขนาดของตัวกลาง

ที่ใช้ในการวิจัยมีขนาดใหญ่กว่าทำให้พื้นที่ผิวของตัวกลางมีน้อยกว่าตัวกลางที่มีขนาดเล็กกว่า อธิบายจากการศึกษาของ Christos S. Akratos (2006) และ Joan Garcia (2005) ที่พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยของระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางขนาดเล็กจะมีค่าสูงกว่าระบบที่ใช้ตัวกลางขนาดใหญ่กว่า รวมทั้งสอดคล้องกับการศึกษาของกลอยกาญจน์ เก่าเนตรสุวรรณ (2544) ที่พบว่า ระบบที่ใช้ตัวกลางดินปนทรายมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยสูงกว่าตัวกลางทรายปนหินชนวน

3. ข้อเสนอแนะ

การนำระบบบึงประดิษฐ์ไปใช้งานจริงควรมีการปรับเปลี่ยนตัวกลางให้มีขนาดเล็กลง และควรเลือกพืชที่มีความยาวของรากมากกว่านี้ ซึ่งจะทำให้ระบบบึงประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารมากขึ้น และหากมีการวิจัยในครั้งต่อไปควรมีการศึกษาถึงการอุดตันของระบบเพื่อประโยชน์ในการดูแลรักษา และอายุการใช้งานของระบบบึงประดิษฐ์เพิ่มเติมด้วย

เอกสารอ้างอิง

กลอยกาญจน์ เก่าเนตรสุวรรณ. (2544). **การบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2547). **เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2542). **ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมจากการผลิตกระดาษสา**. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

APHA, AWWA and WPCF.(1992). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washingon D.C. : American Public Health Association Inc.

Christos S. Akratos, Vassilios A. Tsihrintzis. (2006). **Effect of temperature, HRT, vegetation and porous media on removal efficiency of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetland**. Ecological Engineering. 29, 173-191

Cooper, P.F., Griffin, P., and Pound, A. (1998). **Design of A Hybrid Reed Bed System to Achieve Complete Nitrification and Denitrification of Domestic Sewage**. Proceeding of Internertional Conferrence on Wetland Systems for Water Pollution Control, Brazil.

Joan Garcia, Paula Aguirre, Jesus Barragan et al., (2005). **Effect of key design parameters on the efficiency of horizontal subsurface flow constructed wetland**. Ecological Engineering. 25, 405-418

Metcalf and Eddy, Inc.(2004). **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal Reuse**. McGraw-Hill, Forth Editions, New York.

วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่

RAJABHAT CHIANG MAI RESEARCH JOURNAL

ประจำปีที่ 10 ฉบับที่ 1 (ตุลาคม 2551 - มีนาคม 2552) ISSN 1513-8410

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความทางวิชาการของผู้บริหาร คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา
2. เพื่อเป็นสื่อกลางแลกเปลี่ยนประสบการณ์วิจัยและความรู้ทางวิชาการ
3. เพื่อประชาสัมพันธ์การดำเนินงานของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองเดช วงศ์หล้า	อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์สนิท สัตโยภาส	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ทรงคุณวุฒิ

รศ.วรรณวดี ม้าลำพอง	ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิจัยและวัดผล
ผศ.ชูศักดิ์ จันทนพศิริ	ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเศรษฐศาสตร์
รศ.เสริมศักดิ์ นันทิพรรภ	ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิทยาศาสตร์
ดร.สินธุ์ สโรบล	ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการวิจัยท้องถิ่น
รศ.ดร.สมพงษ์ วิทยศักดิ์พันธ์	ผู้ทรงคุณวุฒิด้านภาษาและวรรณกรรม
ศ.ดร.มนัส สุวรรณ	ผู้ทรงคุณวุฒิด้านสังคมศาสตร์
ผศ.อัญชลี โสมดี	ผู้ทรงคุณวุฒิด้านศิลปะ
อาจารย์ Quintin Kitson	ผู้ทรงคุณวุฒิด้านภาษาอังกฤษ
รศ.นิยม ยอดมนต์	ผู้ทรงคุณวุฒิด้านคณิตศาสตร์
อาจารย์ประนอม ลำงาม	ผู้ทรงคุณวุฒิด้านภาษาจีน

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์สมพงษ์ บุญเลิศ

กองบรรณาธิการ

ดร.ธัญญา	ทะพิงค์แก	อาจารย์พิชัย	ระบอบ	ผศ.กมลทิพย์	คำใจ
ผศ.เยี่ยมลักษณ์	อุดาการ	รศ.อรุณรัตน์	วิเชียรเขียว	อาจารย์ณัฐพร	จักรวิเชียร
ผศ.วิไลลักษณ์	กิติบุตร	อาจารย์ทัศนีพร	ประภัสสร	นางสาวณัฐธยาน์	สมาเกตุ

ภาพปก : นายปรัชญา ไชยวงศ์

พิมพ์ที่ : หจก.วนิดาการพิมพ์ 14/2 หมู่ 5 ต.สันผีเสื้อ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300
โทรศัพท์ 0-5311-0503-4, 08-1783-8569 แฟกซ์ 0-5311-0504 ต่อ 15

ข้อความหรือข้อคิดเห็นในวารสารนี้เป็นของผู้เขียนมิใช่ความรับผิดชอบ
ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY

RAJABHAT CHIANG MAI RESEARCH JOURNAL

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

โทรศัพท์/โทรสาร 0-5388-5950

http://www.research.cmru.ac.th

RAJABHAT CHIANG MAI RESEARCH JOURNAL