การศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

Efficiency of Vetiver Grass Variety Songkla 3 Cultivated in Domestic Wastewater Treatment with Floating Platform Technique

เจษฎาพงศ์ สีพรหม

เฉลิมวุฒิ เพ็ชรนิคม

อมรา ทิมพวงทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2555

การศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

Efficiency of Vetiver Grass Variety Songkla 3 Cultivated in Domestic Wastewater Treatment with Floating Platform Technique

เจษฎาพงศ์ สีพรหม

เฉลิมวุฒิ เพ็ชรนิคม

อมรา ทิมพวงทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญานิพนธ์ การศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

ชื่อ นามสกุล นายเจษฎาพงศ์ สีพรหม
นายเฉลิมวุฒิ เพ็ชรนิคม
นางสาวอมรา ทิมพวงทอง

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

นายมาโนช หลักฐานดี
ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชนี ผิวทอง
กรรมการ

ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญานิพนธ์ การศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

ชื่อ สกุล นายเจษฎาพงศ์ สีพรหม
นายเฉลิมวุฒิ เพ็ชรนิคม
นางสาวอมรา ทิมพวงทอง

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและเปรียบเทียบระยะเวลากักพักชลศาสตร์ของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 รวมถึงศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในน้ำเสียชุมชน ซึ่งน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ น้ำเสียจากชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) การเคหะแห่งชาติ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี โดยจัดทำบ่อทดลองจำนวน 2 บ่อ บ่อที่ 1 ปลูกหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 โดยใช้เทคนิคแท่นลอยน้ำ บ่อที่ 2 บ่อควบคุมที่มีแท่นลอยน้ำแต่ไม่มีการปลูกพืช ซึ่งทั้ง 2 บ่อ จะมีระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

ผลการวิจัยพบว่า บ่อทดลองที่ปลูกพืชหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนสูงกว่าบ่อควบคุมที่ไม่ปลูกพืช พบว่าในระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน จะมีประสิทธิภาพการบำบัดได้ดีที่สุด คือ มีประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส คิดเป็นร้อยละ 82.32, 80.31, 78.88 และ 76.55 ตามลำดับ และตลอดระยะเวลาทำการทดลอง หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียมีอัตราการรอดที่ 100% มีการเจริญเติบโตดี เกิดการแตกหน่อต้นใหม่ รากใหม่ และใบใหม่ขึ้นมาตามลำดับ ส่วนสภาพน้ำเสียที่บำบัดมีสภาพดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด คือ น้ำใสขึ้น ตะกอนน้อยลง กลิ่นไม่เหม็น หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 จึงมีประสิทธิภาพที่ดีเพียงพอในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ โดยพบว่าสามารถบำบัดค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอยได้จนถึง 14 วัน และค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัสได้จนถึง 21 วัน ก่อนประสิทธิภาพจะลดลง จึงควรเปลี่ยนหญ้าแฝกใหม่หรือตัดแต่งรากและใบใหม่ในช่วงระยะเวลาดังกล่าว

Independent Study Title	Efficiency of Vetiver Grass Variety Songkla 3 Cultivated in Domestic Wastewater Treatment with Floating Platform Technique
Author	Jedsadapong Sriprom Chaloemwut Petnikom Ammara Timpongthong
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Environmental Science and Natural Resources Factory of Science and Technology
Academic Year	2012

ABSTRACT

The purposes of this experimental project are learning and comparing the result of the Vetiver confine time and the health of the plants in the community waste water. The waste water of this experimental are collected from the low-cost housing project Bang-Kruay (Pha-ngung Temple) in Prai Bang sub district, Bang Kruay district, Nonthaburi province. The experimentation of this project was built the 2 potholes. The first pothole was set by grow up the Songkha 3 Vetiver with the floating platform and the Songkha 3 Vetiver while the second set had only the floating platform without plants as a control. However, both of the potholes were control the lead time of confine the Vetiver on 7, 14 and 21 days. Parameters of this project are BOD, SS, nitrogen and the phosphorus.

The result showed that the pothole with the Songkha 3 Vetiver was effective more than the pothole that without the Vetiver. The best lead time of confine is 7 days and the performance of BOD, SS, nitrogen and phosphorus are 83.32, 80.31, 78.88 and 76.55 that calculated in percentage. Moreover, during the test process, the Songkha 3 Vetiver are treated and had the survival in 100% , well grew up, had the new spires, roots and the leaves. The waste water was on clear, less sediment, no foul odor. The Songkha 3 Vetiver was effectively for the community waste water treatment with the floating plat form. From the result, it can be treat the BOD and SS till 14 days, the

nitrogen and phosporus till 21 days. By the way, the songkha 3 vetiver can be treated BOD and SS in 14 days, nitrogen and phosphorus in 21 days. For the best way, it should be changed the Vetiver or trimmed the roots and the leaves in that time.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์อย่างดียิ่ง จากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนช่วยตรวจสอบ แก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความรักและเคารพยิ่ง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์มาโนช หลักฐานดี และผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชนี ผิวทอง คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ ที่มีคุณค่า ตลอดจนตรวจสอบ แก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ในทุก ๆ ด้านตลอดมา

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ได้อุดหนุนทุนวิจัยสำหรับการศึกษานี้

ขอขอบพระคุณ หัวหน้าสถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดปทุมธานี ที่ได้อนุเคราะห์พันธุ์หญ้าแฝกสำหรับใช้ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณไพฑูรย์ สีพรหม และคุณดวงกมล สีพรหม ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ทดลอง ณ บ้านเลขที่ 12 ซอยสามัคคี 15 ถนนสามัคคี ตำบลท่าทราย อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี และสนับสนุนเงินทุนในการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คุณทวี เพ็ชรนิคม คุณนันทา เพ็ชรนิคม คุณประวุฒิ ทิมพวงทอง และคุณอุไรวรรณ ขาระขันชัย สำหรับสนับสนุนเงินทุนในการทำปริญญานิพนธ์มาโดยตลอด รวมทั้งกำลังใจดี ๆ ที่มีให้เสมอมา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ให้ผู้วิจัย สุดท้ายขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ตลอดจนญาติ ๆ พี่ ๆ เพื่อน ๆ ทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนการศึกษาด้วยดีตลอดมา

เจษฎาพงศ์ สีพรหม
เฉลิมวุฒิ เพ็ชรนิคม
อมรา ทิมพวงทอง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
Abstract	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ง)
สารบัญ	(จ)
สารบัญตาราง	(ฌ)
สารบัญแผนภูมิ	(ญ)
สารบัญภาพ	(ฏ)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	6
1.3 ขอบเขตการศึกษา	6
1.4 ผังแสดงกรอบแนวคิดเดิมของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย	7
1.5 ผังแสดงกรอบแนวคิดใหม่ของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย	8
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
1.7 นิยามศัพท์	9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
2.1 ชุมชนและน้ำเสียชุมชน	10
2.1.1 ชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน)	10
2.1.2 น้ำเสียชุมชน	12
2.2 การบำบัดน้ำเสียโดยพื้นที่ชุ่มน้ำ	18
2.3 พืชกับการบำบัดน้ำเสีย	19
2.3.1 บทบาทของพืชในการบำบัดน้ำเสียในพื้นที่ชุ่มน้ำ	19
2.3.2 กลไกการบำบัดน้ำเสียในระบบที่มีการปลูกพืช	20
2.3.3 พืชที่ใช้ในระบบบึงประดิษฐ์แบบปลูกพืชเทคนิคแท่นลอยน้ำ	25
2.4 ระบบบึงประดิษฐ์แบบปลูกพืชด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ	31
2.4.1 ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland Systems : CW)	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 เทคนิคแท่นลอยน้ำที่ใช้ปลูกหญ้าแฝก	39
2.5 การตรวจวิเคราะห์น้ำเสีย	39
2.5.1 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	40
2.5.2 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	41
2.5.3 ไนโตรเจน (Total Kjelcahl Nitrogen : TKN)	41
2.5.4 ฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP)	41
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	42
2.6.1 ผลของระยะเวลากักเก็บในการบำบัดน้ำเสีย	42
2.6.2 ศักยภาพและประสิทธิภาพของหญ้าแฝกในการบำบัดน้ำเสีย	43
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	47
3.1 รูปแบบการวิจัย	47
3.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	47
3.2.1 วัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์สำหรับภาคสนาม	47
3.2.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ สำหรับห้องปฏิบัติการ	47
3.3 ขั้นตอนการวิจัย	48
3.3.1 ขั้นเตรียมการ	48
3.3.2 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล	48
3.3.3 ขั้นการทดลอง	50
3.3.4 วิเคราะห์ผล	59
3.3.5 อภิปรายผล	59
3.3.6 สรุปและนำเสนอ	59
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	60
4.1 สมบัติของน้ำเสีย	60
4.2 ลักษณะของน้ำเสียในระยะการทดลอง	61
4.2.1 น้ำเสียก่อนการบำบัด	61
4.2.2 การบำบัดน้ำเสียที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน	62
4.2.3 การบำบัดน้ำเสียที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน	63

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.4 การบำบัดน้ำเสียที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน	64
4.3 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในระยะการทดลอง	66
4.3.1 ลักษณะของหญ้าแฝกก่อนการบำบัด	66
4.3.2 ลักษณะของหญ้าแฝกหลังการบำบัดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน	66
4.3.3 ลักษณะของหญ้าแฝกหลังการบำบัดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน	67
4.3.4 ลักษณะของหญ้าแฝกหลังการบำบัดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน	67
4.4 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัด	68
4.4.1 การบำบัดค่าบีโอดี	68
4.4.2 การบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย	69
4.4.3 การบำบัดค่าไนโตรเจน	69
4.4.4 การบำบัดค่าฟอสฟอรัส	70
4.5 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน)	71
4.5.1 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดี	71
4.5.2 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย	72
4.5.3 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจน	73
4.5.4 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัส	74
4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย	75
4.6.1 การเปรียบเทียบค่าบีโอดี	75
4.6.2 การเปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอย	76
4.6.3 การเปรียบเทียบค่าไนโตรเจน	77
4.6.4 การเปรียบเทียบค่าฟอสฟอรัส	78
4.7 อภิปรายผล	79
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	80
5.1 สรุปผลการวิจัย	80
5.2 ข้อเสนอแนะ	81
5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับในการวิจัยครั้งต่อไป	81
เอกสารอ้างอิง	82

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	93
ภาคผนวก ก วิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	94
ภาคผนวก ข ข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด	109
ประวัติผู้วิจัย	116

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากอาคารและสถานประกอบการ	14
2.2	องค์ประกอบของอนินทรีย์ฟอสเฟตที่พบในน้ำเสียชุมชนและสิ่งแวดล้อมทั่วไป	16
2.3	กลุ่มพันธุ์หญ้าแฝกที่พบในประเทศไทย ตามทะเบียนของกรมพัฒนาที่ดิน	26
2.4	ลักษณะลำต้น ใบ และราก ของหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน	27
2.5	กลไกการบำบัดน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์	38
3.1	แสดงวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	58
4.1	แสดงคุณภาพน้ำเสียก่อนการบำบัดเปรียบเทียบ กับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก	61
4.2	แสดงการบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน	68
4.3	แสดงการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน	69
4.4	แสดงการบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน	70
4.5	แสดงการบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน	71
4.6	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดี (ร้อยละ) ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน	72
4.7	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย (ร้อยละ) ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน	73
4.8	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจน (ร้อยละ) ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน	74
4.9	แสดงประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัส (ร้อยละ) ของบ่อทดลองที่มีพืช และบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน	74

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ	หน้า
1.1 ผังแสดงกรอบแนวคิดเดิมของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย	7
1.2 ผังแสดงกรอบแนวคิดใหม่ของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย	8
3.1 แสดงขั้นตอนการทดลอง	49

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	แสดงแผนผังการระบายน้ำเสียชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน)	11
2.2	แสดงอาคารในชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน)	11
2.3	แสดงการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในพื้นที่ชุ่มน้ำ	21
2.4	แสดงการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในพื้นที่ชุ่มน้ำ	23
2.5	แสดงลักษณะกอและลำต้นของหญ้าแฝก	28
2.6	แสดงลักษณะใบหญ้าแฝก	28
2.7	แสดงลักษณะรากหญ้าแฝก	28
2.8	แสดงบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลบนผิวดิน แบบน้ำตื้น-น้ำลึก-น้ำตื้น สลับกัน	32
2.9	แสดงบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลบนผิวดิน แบบน้ำตื้นเท่ากันตลอด	33
2.10	แสดงบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินแบบไหลตามแนวราบ	34
2.11	แสดงบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน แบบไหลตามแนวดิ่ง	34
3.1	แสดงขนาดบ่อทดลอง	50
3.2	แสดงการวัดขนาดพื้นที่ในการสร้างบ่อทดลอง	50
3.3	แสดงการก่ออิฐบล็อก	51
3.4	แสดงบ่อทดลองก่อด้วยอิฐบล็อก	51
3.5	แสดงตำแหน่งท่อระบายน้ำ	51
3.6	แสดงบ่อทดลองปูด้วยพลาสติกกันน้ำซึม	52
3.7	แสดงชั้นทรายในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ	52
3.8	แสดงขนาดแท่นลอยน้ำ	53
3.9	แสดงแท่นลอยน้ำ	53
3.10	แสดงหญ้าแฝกลุ่มสายพันธุ์สงขลา 3 ที่คัดเลือกไว้	53
3.11	แสดงน้ำเสียชุมชนจากโครงการบ้านเอื้ออาทร บางกรวย (วัดพระเงิน)	54
3.12	แสดงการคัดเลือกหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3	55
3.13	แสดงการปลูกหญ้าแฝกลงในแท่นลอยน้ำ	55
3.14	แสดงระยะห่างระหว่างต้นหญ้าแฝก	55

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
3.15	แสดงถังกระจายน้ำเสีย	56
3.16	แสดงการเจาะรูท่อกระจายน้ำเสีย	56
3.17	แสดงการปล่อยน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ	57
3.18	แสดงระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ	57
3.19	แสดงการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย	58
4.1	แสดงบ่อกักเก็บน้ำเสียชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน)	60
4.2	แสดงน้ำเสียก่อนการบำบัด	61
4.3	แสดงลักษณะน้ำเสียของบ่อทดลองที่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน	62
4.4	แสดงลักษณะน้ำเสียของบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน	62
4.5	แสดงลักษณะน้ำเสียของบ่อทดลองที่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน	63
4.6	แสดงลักษณะน้ำเสียของบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน	64
4.7	แสดงลักษณะน้ำเสียของบ่อทดลองที่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน	65
4.8	แสดงลักษณะน้ำเสียของบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน	65
4.9	แสดงลักษณะของหญ้าแฝกก่อนการบำบัด	66
4.10	แสดงการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน	66
4.11	แสดงการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน	67
4.12	แสดงการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน	67
4.13	แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ของบ่อทดลองมีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืช	75
4.14	แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ของบ่อทดลองมีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืช	76
4.15	แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ของบ่อทดลองมีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืช	77
4.16	แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ของบ่อทดลองมีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืช	78

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตรวมถึงมนุษย์เนื่องจากน้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด และมนุษย์ได้มีการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ในหลายแนวทาง ทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ การใช้น้ำในการอุปโภค บริโภค การใช้ในอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การผลิตพลังงานไฟฟ้า ใช้เป็นเส้นทางคมนาคมขนส่ง เป็นที่อยู่อาศัยของปลาและสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งมนุษย์ใช้เป็นอาหาร และการใช้ประโยชน์จากน้ำเพื่อการนันทนาการ และเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ

ในปัจจุบันพบว่าปัญหาด้านทรัพยากรน้ำเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะปัญหามลพิษทางน้ำ ทำให้น้ำเน่าเสีย ซึ่งแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญหลายแห่งในทุกภาคของประเทศไทย ประสบกับภาวะมลพิษในทางน้ำ เนื่องจากงบประมาณบริหารประเทศที่มีจำกัด การเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวอย่างรวดเร็วของเมือง การพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยี ตลอดจนการขาดการคำนึงถึงข้อจำกัดและศักยภาพในการรองรับน้ำเสียของแหล่งน้ำ (อุไรวรรณ อินทร์□ม่วง, 2545) ปัจจุบันมีความต้องการน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภคในบ้านเรือน การผลิตทางอุตสาหกรรม และเกษตรกรรมเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดน้ำเสียปริมาณมาก อัตราการเกิดน้ำเสียจากสถิติการใช้น้ำประปา เพื่อการอุปโภคและบริโภคมีค่าประมาณร้อยละ 70-80 ของปริมาณน้ำใช้ ซึ่งน้ำเสียที่เกิดจากการทำกิจกรรมต่างๆ จะมีลักษณะแตกต่างกัน นอกจากจะมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์แล้ว ยังมีการปนเปื้อนของสารเคมีมากกว่า 80,000 ชนิด (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 ก.)

โดยทั่วไปน้ำเสียชุมชนที่เกิดจากการใช้น้ำในกิจวัตรประจำวัน เช่น น้ำเสียจากห้องสุขา การอาบน้ำ กิจกรรมในครัวเรือน การซักผ้า และทำความสะอาด ถูกปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ผ่านกระบวนการบำบัด เป็นเหตุสำคัญในการเกิดปัญหาน้ำเสียในเขตชุมชน

อาจก่□อให้□เกิดผลกระทบตามมาหลายประการ เช่น ผลกระทบต่□อสุขภาพอนามัยของประชาชน เนื่องจากเกิดการแพร่□กระจายของเชื้อโรค ผลกระทบในเรื่องปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงและการปนเปื้□□อนของสารพิษ ซึ่งมีผลต่□อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทำให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ นอกจากนี้สิ่งสกปรกยังทำให้น้ำเปลี่ยนสี ส่งกลิ่นเหม็น และทำลายความสวยงามตามธรรมชาติของแหล่□งน้ำนั้นด้□วย จากปั□ญหาดังกล่าวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้□องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้อยู่ในสภาพที่สามารถปล่□อยลงสู่แหล่□งน้ำธรรมชาติ ได้□อย่างปลอดภัย การควบคุมน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดนั้นควบคุมได้ยาก ในปัจจุบันได้มีการสร้างระบบบำบัดน้ำทิ้งชุมชนในเขตชุมชนเมืองขนาดใหญ่ เพื่อลดปัญหามลพิษทางน้ำ ระบบบำบัด ที่นิยมใช้ คือ ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ระบบนี้ต้องใช้สารเคมีตกตะกอน (Chemical Coagulation-Flocculation) และระบบเติมอากาศ (Aeration) ซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูงและต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการควบคุม ดังนั้น จึงได้มีการค้นหาวิธีบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพและใช้เงินลงทุนไม่มากนัก สนธิเดช จิตวิมลนิมิต (2547) ได้กล่าวว่าชุมชนเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่มีสัดส่วนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม น้ำเสียจากบ้านเรือนที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยไม่มีการบำบัดจึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำเป็นอย่างมาก

ในพื้นที่โครงการบ้านเอื้ออาทร บางกรวย (วัดพระเงิน) การเคหะแห่งชาติ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี เป็นพื้นที่โครงการบ้านเอื้ออาทร ซึ่งเป็นโครงการของรัฐบาลที่จัดขึ้นเพื่อช่วยเหลือประชาชนที่มีรายได้น้อย ให้สามารถซื้อที่พักอาศัยได้ในราคาย่อมเยา อยู่ในความดูแลของการเคหะแห่งชาติ ซึ่งมีลักษณะของที่พักอาศัยเป็นแบบถาวร เป็นอาคาร 5 ชั้น 40 ห้อง/อาคาร มีทั้งหมด 52 อาคาร ประมาณ 2,336 ห้อง เป็นชุมชนขนาดใหญ่ ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้จัดการโครงการ พบว่าชุมชนนี้มีปัญหาน้ำเสียชุมชน ไม่ได้มีการบำบัดก่อนระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากมีปัญหาในเรื่องของพื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัด และในเรื่องค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย ส่งผลให้น้ำเสียที่ปล่อยออกมามีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร

จากปัญหาและข้อจำกัดของชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) ดังกล่าวข้างต้น แนวทางการแก้ไขจึงเลือกใช้ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland System) โดยปลูกพืชด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ ซึ่งเป็นวิธีทางธรรมชาติที่สามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในปัจจุบันการใช้พืชบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบึงประดิษฐ์ได้รับการพัฒนาใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นระบบที่ได้รับการยอมรับว่าเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการไม่สูงมากนัก ดูแลรักษาระบบได้ง่าย และไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีที่ยุ่งยาก ดังนั้นการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียโดยพึ่งพาธรรมชาติ นับว่าสอดคล้องกับยุคสมัยนี้ในสภาวะที่พลังงานมีราคาแพง

ในด้านการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมในประเทศไทยนั้น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่□หัว สนพระราชหฤทัยกรรมวิธีการบำบัดน้ำเสีย ทั้งโดยกระบวนการทางกายภาพและทางชีวภาพ โดยทรงนำวิธีการบำบัดแบบธรรมชาติ ซึ่งเป็นระบบที่มีค่าใช้□จ่ายในการก่อสร้าง การบำรุงรักษาและดูแลระบบมีมูลค่าน้อย ไม่□ต้องการผู้เชี่ยวชาญในการดูแลระบบมากนัก เหมาะที่จะนำมาใช้□ ในท้องถิ่นหลายแห่งในประเทศไทย เนื่องจากความขาดแคลนในด้านงบประมาณ จึงทรงศึกษาและทดลองวิธีการบำบัดน้ำเสียขึ้นก่อน แล้วถ่ายทอดให้□คนไทยนำไปใช้ ตัวอย่าง เช่น การบำบัด น้ำเสียโดยระบบบึงประดิษฐ์ของเทศบาลเมืองสกลนคร และการบำบัดน้ำเสียภายในโครงการพระราชดำริแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี เป็นต้น โดยใช้□พืชจำพวกหญ้ากรองน้ำ ที่มีความเหมาะสมในการปลูกเพื่อบำบัดน้ำเสีย ได้□แก่ กกกลม กกสามเหลี่ยม หญ้าคาลาและธูปฤาษี เป็นต้น นับได้ว่าเป็นแนวพระราชดำริที่ทรงส่งเสริมให้นำระบบบำบัดน้ำเสียแบบ บึงประดิษฐ์□ ซึ่งเป็นระบบในเชิงอนุรักษ์□แบบหนึ่ง คือ เป็นระบบที่ใช้□พืชน้ำ ปลูกลงในน้ำเสียเพื่อกำจัดสารอินทรีย์□และสารอนินทรีย์ออกจากน้ำเสีย รวมทั้งจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายได้ อย่□างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับวิถีชีวิตของคนไทย นอกจากนี้ยังช่□วยตกแต่□งให้□สภาพภูมิทัศน์□ บริเวณบึงประดิษฐ์□ สวยงาม ร่มรื่น เจริญตา อีกด้วย (สารานุกรมไทย ฉบับเฉลิมพระเกียรติฯ, 2550) การบำบัดน้ำที่เสื่อมโทรมด้วยพืช จัดเป็นวิธีการบำบัดที่ผสมผสานทั้งทางกายภาพและชีวภาพ ตัวอย่างเช่น การบำบัดโดยใช้ระบบพืชกรองและการปลูกพืชในน้ำโดยตรง เพื่อใช้พืชดูดซับธาตุอาหาร สารพิษและโลหะหนัก ซึ่งพืชจะนำธาตุต่าง ๆ เหล่านี้ไปใช้ในการเจริญเติบโตและ มีกระบวนการบำบัดหรือทำให้มีปริมาณ

น้อยลงโดยตัวของพืชเอง ในบรรดาพืชที่ใช้ในการบำบัดของเสียนี้ หญ้าแฝกจัดเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย และยังเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในปริมาณมากอีกด้วย เนื่องจาก มีระบบรากที่สามารถดูดซึมสารต่าง ๆ ได้มาก ปัจจุบันจึงเป็นพืชที่นิยมนำมาใช้ในการบำบัดหลายรูปแบบ เช่น การใช้หญ้าแฝกปลูกด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ เพื่อใช้บำบัดน้ำที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ การปลูกหญ้าแฝกในดินที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก เป็นต้น โดยหญ้าแฝกที่สามารถนำมาปลูกด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำได้นั้น ส่วนใหญ่จะเป็นหญ้าแฝกลุ่ม (ธนูชัย กองแก้ว, 2549) อีกวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและค่าใช้จ่ายไม่สูง คือ การบำบัดน้ำเสีย ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetlands System) ร่วมกับพืชตามแนวการบำบัดน้ำเสียด้วยพืชของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ นอกจากนั้นมีการรายงานว่า การใช้พืชในระบบบำบัดสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ ของแข็งแขวนลอยและสารอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ภาว์สุระ ลิมปิสวัสดิ์, 2545; ธิดา วิเชียรเพชร, 2545; วิรัตนา สุขเกษม, 2547; สุมิตรา จำปา, 2545)

หลักการและแนวทางเหล่านี้ได้จากแนวทางพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ด้านการจัดการน้ำเสียโดยวิธีพึ่งพาธรรมชาติ กล่าวคือ นำน้ำเสียมาบำบัดด้วยพืช ทรงแนะนำว่า “ให้ใช้ธรรมชาติช่วยธรรมชาติ เป็นเทคโนโลยีอย่างง่าย ใคร ๆ ก็สามารถทำได้และมีวัสดุหาได้ในท้องที่” การนำหลักการและรูปแบบระบบบำบัดมาประยุกต์ใช้จริงในชุมชน จะเป็นการช่วยรักษาสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำธรรมชาติได้

ในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกพืชด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำนั้นมีองค์ประกอบของพืชและระยะเวลากักพักชลศาสตร์ ซึ่งทั้งสององค์ประกอบส่งผลต□อประสิทธิภาพในการบำบัด ทั้งนี้การคัดเลือกชนิดของพืชนั้นควรเป็นพืชที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้□เป็□นอย่างดี การนำพืชมาบำบัดน้ำเสีย ถ้าเป็นพืชที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นมีประโยชน์หลายด้าน และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจมาเป็นพืชบำบัด นอกจากจะใช้ประโยชน์ในด้านการบำบัดน้ำเสีย แล้วยังให้ประโยชน์ในด้านอื่นได้อีกด้วย ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกหญ้าแฝกลุ่ม สายพันธุ์สงขลา 3 มาใช้ใน การทดลองเนื่องจากหญ้าแฝกลุ่มเป็นพืชที่ขึ้นในที่ลุ่มซึ่งมีน้ำขังได้ สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี มีความทนทานต่อโรคพืชทั่วไป

จากการศึกษาการปลูกหญ้าแฝกต้นอ้อ ธูปฤาษี และกกกระจูดซึ่งพบว่าหญ้าแฝกมีความสามารถในการปรับตัวเองให้อยู่รอดในน้ำเสียได้ดีที่สุด พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชดำริในการนำหญ้าแฝกมาปลูกลงบนแพลอยน้ำที่ทำจากกระบอกไม้ไผ่บริเวณทางระบายน้ำ น้ำที่เคยดำและเน่าเหม็นกลับใสและกลิ่นเหม็นลดลง เนื่องจากระบบรากของหญ้าแฝกจะทำหน้าที่ดูดซับสารอินทรีย์และสารปะปนในน้ำทิ้ง (ดวงแก้ว ผุงเพิ่มตระกูล, 2550; มนต์ชัย จันทร์ศิริ, 2548 และ ฐิติณัฏฐ์ ศักรานุกิจ, 2549) และน่าจะมีคุณสมบัติในการบำบัดน้ำเสียได้ดีเช่นเดียวกับพืชชนิดอื่น เพราะลักษณะทั่วไปของพืชชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษ คือ ระบบรากที่ยาวเส้นโต และแตกแขนงเป็นรากฝอยจำนวนมาก สานกันแน่นเหมือนตาข่ายเป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ภายในระบบและมีประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุโลหะหนักและสารเคมีบางอย่างได้ดีกว่าพืชชนิดอื่น มีลักษณะกอเป็นพุ่มใบยาวชูรับแสงได้ดี ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง ส่งผลให้พืชมีการดูดซับสารอาหารต่าง ๆ เช่น ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ไปใช้ในการเจริญเติบโต ในส่□วนของระยะเวลากักพักชลศาสตร์□ จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัด เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2540) กล่□าวว่□า ระยะเวลากักพักชลศาสตร์□ของบึงประดิษฐ์□ ควรอยู่ในช่วง 3-15 วัน และกลไกของการทำงานระบบของบึงประดิษฐ์ต้องอาศัยแสงแดดเป็□นตัวช่วยในกระบวนการการสังเคราะห์□แสงของพืชระบบบึงประดิษฐ์จึงจะมีความเหมาะสมอย่างยิ่งในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งเพื่อลดปริมาณความสกปรกของน้ำ เช่น บีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โลหะหนัก และแบคทีเรีย ก่□อนระบายสู่□แหล่□งน้ำธรรมชาติ มนต์ชัย จันทร์ศิริ (2548) กล่าวว่าประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของหญ้าแฝกที่ปลูกด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ เมื่อใช้ระยะเวลากักพักชลศาสตร์และความเข้มข้นของน้ำเสียต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเมื่อใช้ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยการปลูกพืชด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ คือ หญ้าแฝกลุ่ม สายพันธุ์สงขลา 3 นำมาปลูกด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำในการลดค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD), ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS), ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN) และฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP) ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 3 ระยะ คือ 7, 14 และ 21 วัน เพื่อที่จะเปรียบเทียบและนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนให้มีคุณภาพสูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์แตกต่างกัน

1.2.3 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในน้ำเสียชุมชน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง คือ น้ำเสียจากบ่อรวบรวมน้ำเสียชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) การเคหะแห่งชาติ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

1.3.2 สร้างระบบบึงประดิษฐ์ ปลูกพืชด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 3 ระยะ คือ 7, 14 และ 21 วัน

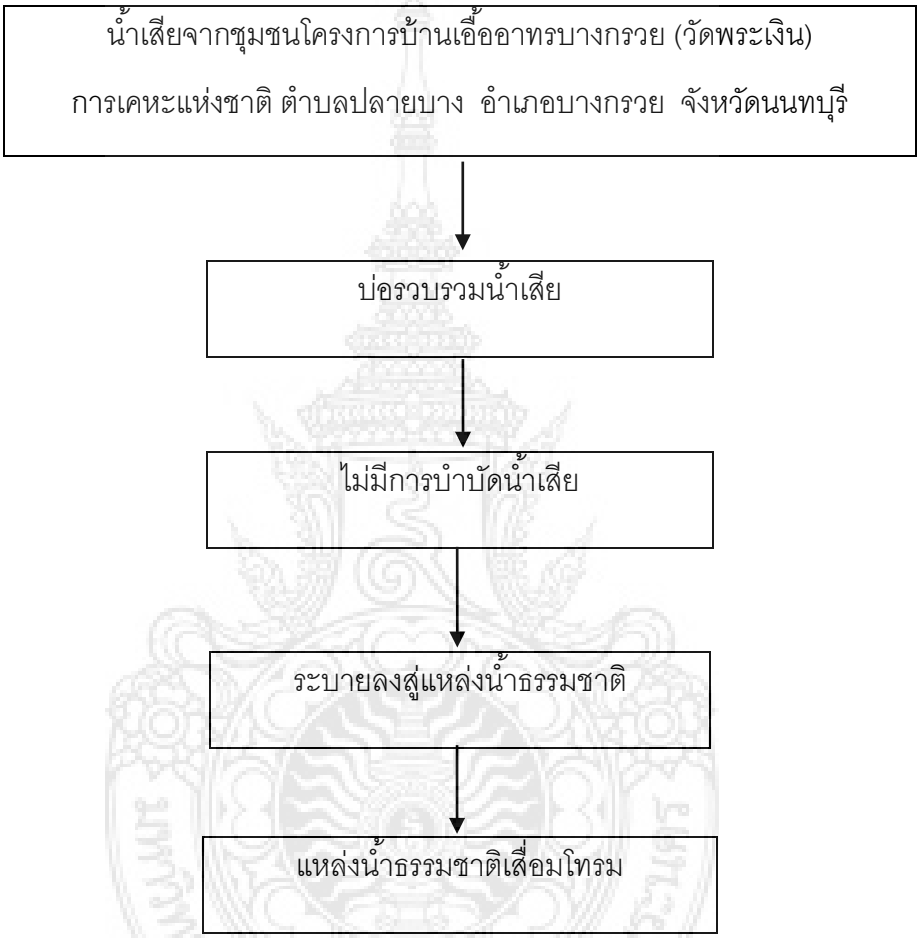
1.3.3 บ่อทดลองสร้างด้วยอิฐบล็อก ปูด้วยพลาสติกกันน้ำซึม ขนาดบ่อทดลอง มีความกว้าง 80 เซนติเมตร ความยาว 150 เซนติเมตร และความลึก 40 เซนติเมตร จำนวน 2 บ่อ

1.3.4 พืชที่ใช้ในการทดลองคือ หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3

1.3.5 การศึกษาประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD), ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS), ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN) และฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP)

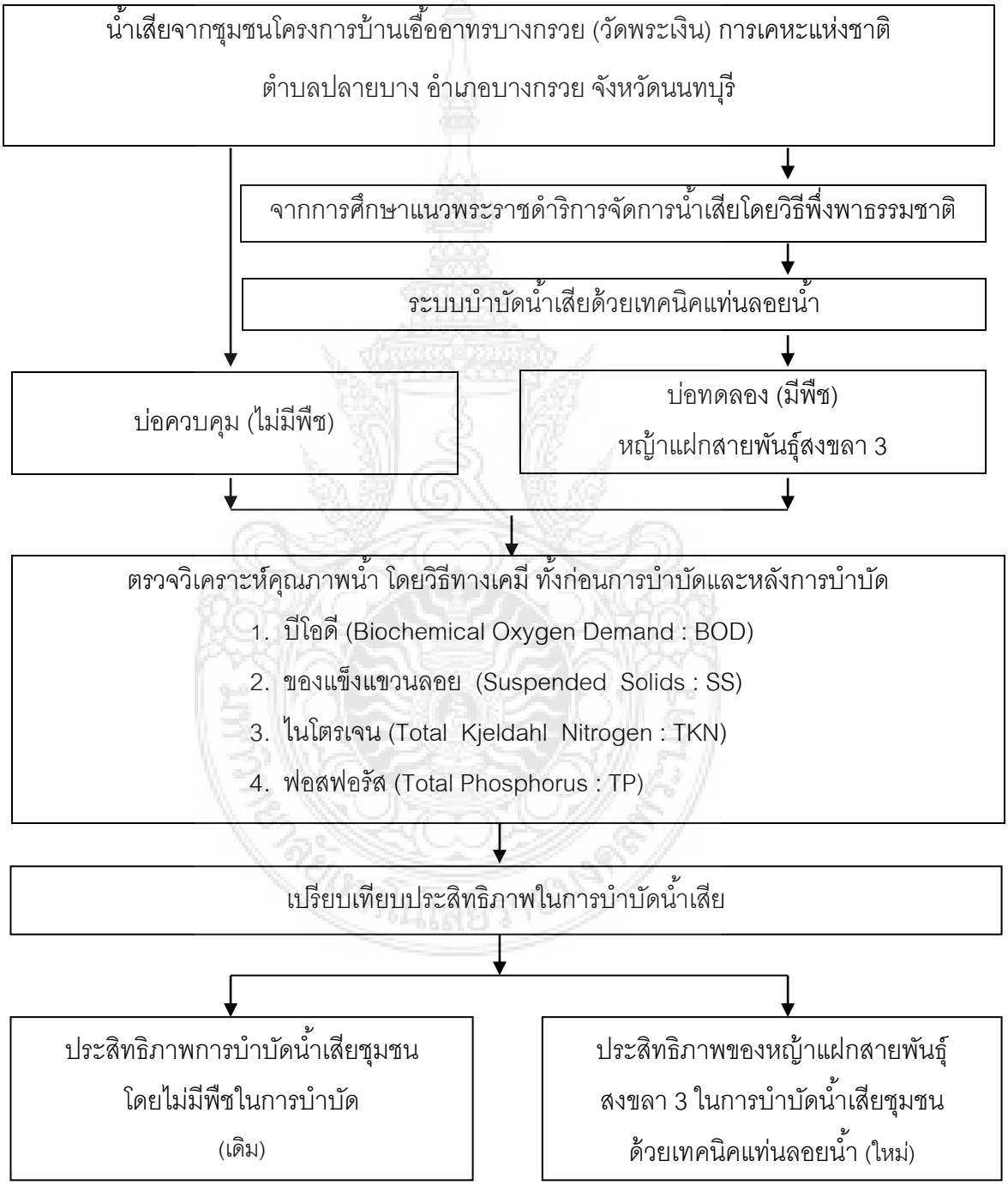
1.3.6 การวิเคราะห์น้ำเสียในห้องปฏิบัติการทางเคมีทำการวิจัย ณ ห้องปฏิบัติการ บริษัท เอ็นไวรอนเมนท์รีเสริชแอนด์เทคโนโลยี จำกัด และระบบบำบัดแบบภาคสนาม ณ บ้านเลขที่ 12 ตำบลท่าทราย อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

1.4 ผังแสดงกรอบแนวคิดเดิมของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย



แผนภูมิ 1.1 ผังแสดงกรอบแนวคิดเดิมของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

1.5 ผังแสดงกรอบแนวคิดใหม่ของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย



แผนภูมิ 1.2 ผังแสดงกรอบแนวคิดใหม่ของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพดีเพียงพอในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

1.6.2 ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์แตกต่างกัน จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดที่แตกต่างกัน

1.6.3 หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ที่ปลูกด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำสามารถอาศัยอยู่ได้ในน้ำเสียชุมชน และมีการเจริญเติบโตงอกงามได้ดี

1.7 นิยามศัพท์

1.7.1 การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การกำจัดหรือทำลายสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียให้หมดไป หรือเหลือน้อยที่สุด โดยการปลูกพืชด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

1.7.2 น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำเสียที่มาจากบ่อรวบรวมน้ำเสีย ซึ่งผ่านการใช้ประโยชน์หรือกิจกรรมต่าง ๆ จากบ้านเรือนหรืออาคารของชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) การเคหะแห่งชาติ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

1.7.3 ประสิทธิภาพการบำบัด หมายถึง ความสามารถในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยการปลูกพืชด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

1.7.4 ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ หมายถึง ระยะเวลาที่น้ำถูกกักพักในบ่อทดลองตามที่กำหนด คือ 7, 14 และ 21 วัน

1.7.5 ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ หมายถึง พื้นที่ที่ใช้สำหรับกักเก็บน้ำ เพื่อปลูกต้นหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ ในการบำบัดน้ำเสีย โดยปล่อยน้ำตามระยะเวลากักพักชลศาสตร์

1.7.6 การปลูกหญ้าแฝกด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ หมายถึง การปลูกหญ้าแฝกในลักษณะลอยอยู่เหนือผิวน้ำ โดยใช้วัสดุลอยน้ำเป็นโครงในการพยุงหญ้าแฝก ส่วนของรากจะจมอยู่ใต้ผิวน้ำ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความรู้เรื่องต่าง ๆ หลายเรื่อง ซึ่งต้องนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ประกอบการพิจารณาอ้างอิงและวิเคราะห์ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน จึงกำหนดหัวข้อความรู้ใหญ่ ๆ ไว้ 6 หัวข้อ คือ

2.1 ชุมชนและน้ำเสียชุมชน

2.2 การบำบัดน้ำเสียโดยพื้นที่ชุ่มน้ำ

2.3 พืชกับการบำบัดน้ำเสีย

2.4 ระบบบึงประดิษฐ์แบบปลูกพืชด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

2.5 การตรวจวิเคราะห์น้ำเสีย

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

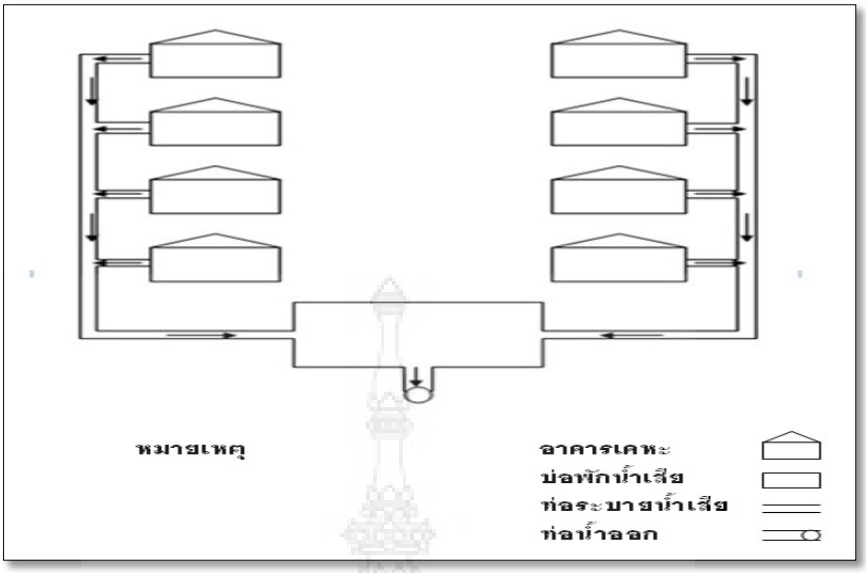
2.1 ชุมชนและน้ำเสียชุมชน

2.1.1 ชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน)

ชุมชนในการวิจัยครั้งนี้ คือชุมชนจากโครงการบ้านเอื้ออาทร บางกรวย (วัดพระเงิน) การเคหะแห่งชาติ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี เป็นชุมชนขนาดใหญ่ มีลักษณะที่พักอาศัยเป็นแบบถาวร เป็นอาคารขนาด 5 ชั้น 40 ห้อง/อาคาร มีทั้งหมด 52 อาคาร ประมาณ 2,336 ห้อง มีจำนวนประชากรอาศัยอยู่โดยเฉลี่ย 7,000 คน และมีเนื้อที่ทั้งหมด 135 ไร่

2.1.1.1 สภาพทั่วไป

ชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทร บางกรวย (วัดพระเงิน) การเคหะแห่งชาติ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี มีเนื้อที่ทั้งหมด 135ไร่ สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นอาคารการเคหะ จำนวนประชากรในพื้นที่ชุมชนโดยเฉลี่ยประมาณ 7,000 คน และจำนวน 2,336 ห้อง และทางด้านการระบายน้ำเสียของชุมชน แต่ละอาคารจะมีท่อระบายน้ำเสียมายังระบบท่อระบายน้ำเสียของชุมชน โดยจะรวบรวมน้ำเสียของทุกอาคาร แล้วระบายไปยังบ่อพักน้ำเสีย และสุดท้ายระบายออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (ภาพ 2.1 และภาพ 2.2)



ภาพ 2.1 แสดงแผนผังการระบายน้ำเสียชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน)

ภาพ 2.2 แสดงอาคารในชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน)

2.1.1.2 สภาพเศรษฐกิจ

ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทั่วไป เนื่องจากชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) เป็นชุมชนของผู้มีรายได้น้อย ประชาขนส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพ เช่น ค้าขาย พนักงานทั่วไปเป็นส่วนใหญ่ และอาชีพข้าราชการ พนักงานรัฐวิสาหกิจ พนักงานบริษัทเอกชน เป็นอาชีพที่รองลงมา โดยรายได้เฉลี่ยของประชาชนประมาณ 80,000 บาทต่อคนต่อปี

2.1.1.4 การมีส่วนร่วมของประชาชนในชุมชนบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน)

ประชาชนในชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) ได้รับข้อมูลข่าวสารได้หลากหลายทางหากเป็นเรื่องสำคัญ เช่น แจ้งการนัดประชุมวาระสำคัญ ๆ หรือเรื่องที่เกี่ยวกับสิทธิประโยชน์ของคนในชุมชน การจัดการชุมชนจะใช้วิธีการออกหนังสือแจ้งประชาชนทุกครัวเรือนหากเป็นเรื่องทั่ว ๆ ไปจะใช้วิธีการแจ้งข้อมูลข่าวสารผ่านประชาสัมพันธ์ของชุมชุนเพื่อแจ้งลูกบ้าน ในส่วนการรวมกลุ่มของประชาชน เพื่อทำกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม ประชาชนในชุมชนนี้มีการรวมกลุ่มกันเพื่อทำกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม เช่น เก็บขยะ แยกขยะ การปลูกต้นไม้ ตัดหญ้าริมถนน เป็นต้น กิจกรรมด้านนันทนาการ เช่น ลานออกกำลังกาย เล่นกีฬา สวนสาธารณะเพื่อพักผ่อนหย่อนใจ เป็นต้น ภายใต้การสนับสนุนด้านต่าง ๆ ของผู้จัดการโครงการ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้จากการสัมภาษณ์ผู้จัดการโครงการ

2.1.2 น้ำเสียชุมชน

2.1.2.1 นิยามและความหมายของน้ำเสีย

น้ำเสียเป็นปัญหาที่มีความรุนแรงมากในปัจจุบัน ซึ่งมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยน้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการใช้น้ำต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมในครัวเรือน โดยเฉพาะชุมชนเมืองที่มีการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก เป็นต้น ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของน้ำเสียไว้หลายความหมายดังนี้

พัฒนา มูลพฤกษ์ (2539) กล่าวว่า น้ำเสีย หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลวรวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2545) กล่าวว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในปริมาณสูงจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไป ก่อให้เกิดปัญหาแก่ลำน้ำซึ่งเป็นที่รองรับ เช่น ทำให้เกิดการเน่าเหม็นหรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2542) ได้อธิบายว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่เสื่อมคุณภาพหรือมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิมตามธรรมชาติมักจะผ่านการใช้งานมาแล้วโดยมีสิ่งปฏิกูลที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำเจือปนอยู่ เช่น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารเคมีที่เป็นพิษ สารที่ทำให้เกิดฟอง กรด ด่าง น้ำร้อน สารแขวนลอย สี และจุลินทรีย์ เป็นต้น

เกษม จันทร์แก้ว (2541) กล่าวว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีการปนเปื้อนสารเคมีที่เป็นพิษหรือมีสัดส่วนขององค์ประกอบผิดไปจากธรรมชาติจนมีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์และพืช

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านกระบวนการใช้จากกิจกรรมของมนุษย์ มีการปนเปื้อนมลสาร เช่น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จนมีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์และพืช และไม่สามารถนำกลับไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ได้อีก เว้นเสียแต่ว่าจะได้ผ่านกรรมวิธีที่เหมาะสมเสียก่อน

2.1.2.2 น้ำเสียชุมชนและแหล่งกำเนิด

ก) น้ำเสียชุมชน (Municipal Wastewater) หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการทำกิจกรรมประจำวันของประชากรที่อาศัยอยู่ในชุมชนและกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ซึ่งระบายทิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำ แหล่งรองรับน้ำเสีย หรือแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยไม่ผ่านการบำบัดให้มีลักษณะดีขึ้นหรือสะอาดขึ้นก่อน ทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพเสื่อมโทรมและเน่าเสียที่สุด ซึ่งกิจกรรมที่เป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชน ได้แก่

1) บ้านพักอาศัย ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากสิ่งปฏิกูล และน้ำเสียที่มาจากกิจกรรมดำรงชีวิต เช่น การประกอบอาหาร การล้างภาชนะและอุปกรณ์ และการชำระล้างร่างกาย ซึ่งสิ่งสกปรกต่าง ๆ ในน้ำเสียส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร ผงซักฟอก อุจจาระ และปัสสาวะ โดยบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่จะมีอัตราการระบายน้ำเสียประมาณ 150 - 216 ลิตร/คน/วัน

2) โรงแรมและภัตตาคาร ซึ่งน้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากห้องครัว ห้องน้ำและห้องส้วมโดยเฉพาะน้ำเสียจากห้องครัวมีค่าน้ำมันและไขมันสูงซึ่งเป็นสาเหตุเกิดการอุดตันในท่อน้ำเสีย

3) กิจกรรมอื่น ๆ เช่น สถานบริการ อาคารพาณิชย์ โรงเรียน สถานพยาบาล ห้างสรรพสินค้า และตลาด ซึ่งสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ในน้ำเสียประเภทนี้มีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, 2541; สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2545)

2.1.2.3 ลักษณะและปริมาณของน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียชุมชนโดยทั่วไปมีความเป็นกรด – ด่าง (pH) ค่อนข้างที่จะมีค่าเป็นกลาง สิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ทั้งที่เป็นของแข็งแขวนลอยและของแข็งละลายน้ำ นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส รวมทั้งมีจุลินทรีย์และเชื้อโรคปนอยู่ด้วย (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2548) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วน้ำเสียชุมชนในประเทศไทยมีค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD) ในช่วงประมาณ 65-110 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2546 ก.) โดยน้ำเสียชุมชนที่พึ่งเกิดใหม่มักมีสีเทาและมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย แต่หลังจากจุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนในปฏิกิริยาการย่อยสลายในน้ำจนหมด จะเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน

ทำให้สีของน้ำเปลี่ยนเป็นสีดำและมีกลิ่นเหม็น ซึ่งเกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) (ประวรดา โภชนจันทร์, 2543)

ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากแหล่งชุมชนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนประชากร และมีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้น้ำจากครัวเรือน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542) โดยน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากอาคารและสถานประกอบการต่าง ๆ มีประมาณร้อยละ 70-80 ของปริมาณน้ำที่ใช้ โดยประเมินจากจำนวนประชากรหรือพื้นที่อาคาร (ตาราง 2.1) ซึ่งจะเห็นว่า โรงแรม โรงพยาบาล และอาคารชุด ก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียสูงกว่าแหล่งกำเนิดประเภทอื่น ๆ

ตาราง 2.1 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากอาคารและสถานประกอบการ

ประเภทอาคารและสถานประกอบการ	หน่วย	ปริมาตรน้ำเสีย (ลิตร/วัน-หน่วย)
อาคารชุด/บ้านพัก	ยูนิต	500
โรงแรม	ห้อง	1,000
หอพัก	ห้อง	80
สถานบริการ	ห้อง	400
หมู่บ้านจัดสรร	คน	180
โรงพยาบาล	เตียง	800
ภัตตาคาร	ตารางเมตร	25
ตลาด	ตารางเมตร	70
ห้างสรรพสินค้า	ตารางเมตร	5
สำนักงาน	ตารางเมตร	3

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2545)

2.1.2.4 สารอินทรีย์และธาตุอาหารในน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่มีสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ซึ่งมักอยู่ในรูปของเศษอาหารและเศษเนื้อ โดยปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์นำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงานในการดำรงชีวิต ดังนั้นค่าบีโอดีจึงเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ กล่าวคือ หากค่าบีโอดีในน้ำสูงแสดงว่ามีสารอินทรีย์ปะปนสูง จุลินทรีย์จึงใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์มาก ทำให้น้ำมีปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissoled Oxygen) ต่ำลง เกิดสภาพเป็นน้ำเน่าเสียได้ง่าย โดยหากสารอินทรีย์ในน้ำเป็นจำพวกแป้งหรือคาร์โบไฮเดรต จะถูกย่อยสลายให้

เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ แต่หากสารอินทรีย์ในน้ำเป็นจำพวกโปรตีนจะถูกย่อยสลายให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนียไนโตรเจน (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542; กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

นอกจากนี้ในน้ำเสียชุมชนยังมีธาตุอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบที่สำคัญโดยจะอยู่ในรูปของสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen Compounds) สารประกอบฟอสฟอรัส (Phosphorus Compounds) (ปิยวรรณ สายมโนพันธุ์, 2543)

สารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสียชุมชนมีอยู่ 4 ชนิด คือ อินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจน โดยสารอินทรีย์ไนโตรเจน อาจอยู่ในรูปของกรดอะมิโน (Amino Acid) เปปไทด์ (Peptides) หรือยูเรีย (Urea) ซึ่งส่วนใหญ่มาจากขับถ่ายของเสียและเป็นรูปที่รีดิวส์ (Reduce) ได้สูงสุด โดยจะถูกย่อยสลายให้กลายเป็นแอมโมเนียได้ง่ายโดยอาศัยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งปฏิกิริยานี้เรียกว่า แอมโมนิฟิเคชัน (Ammonificaction) ดังสมการ 2.1 (มั่นสิน ตัณฑุเวศน์, 2538; Hauser, 1996; AWWA, WEF and APHA, 1998; Mitsch, and Gosselink, 2000)

$$NH_2CONH_2 + H_2O \longrightarrow 2NH_3 + CO_2 \quad (2.1)$$

(ยูเรีย) (แอมโมเนีย)

ดังนั้นในน้ำเสียชุมชนทั่วไปจะมีปริมาณแอมโมเนียสูงสุด โดยเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 60 ของไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนไนไตรท์ไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจนนั้นปกติจะมีปริมาณต่ำสุดในน้ำเสียที่เพิ่งถูกปล่อยทิ้งในระยะแรก แต่หากมีออกซิเจนเพียงพอ จะมีปริมาณสูงขึ้น เนื่องจากมีการเปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียไนโตรเจนโดยอาศัยจุลินทรีย์กลุ่ม *Nitrosomonas* sp. และ *Nitrobator* sp. ซึ่งปฏิกิริยานี้เรียกว่า ไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ดังสมการ 2.2 และ 2.3 (ชัยพร ภู่ประเสริฐ, 2538; เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542)

Nitrosomonas sp.

$$2NH_4^+ + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+ + Energy \quad (2.2)$$

Nitrobator sp.

$$2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^- + Energy \quad (2.3)$$

สำหรับสารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชน จะอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน ของฟอสเฟต คือ อนินทรีย์ฟอสเฟต ได้แก่ ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) และโพลีฟอสเฟต (Polyphosphate) โดยฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ และบางส่วนจะรวมอยู่กับอนุภาคอื่น ๆ แขวนลอยอยู่ในน้ำ (Hauser, 1996)

ฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่ประกอบด้วยออร์โธฟอสเฟตและโพลีฟอสเฟตประมาณร้อยละ 70–90 โดยมีสูตรโครงสร้างโมเลกุลแตกต่างกันหลายรูปแบบ ดังแสดงในตาราง 2.2 ส่วนฟอสฟอรัสที่เหลือจะเป็นส่วนที่จับอยู่กับสารอินทรีย์โดยปริมาณอนินทรีย์ฟอสเฟตที่มีสัดส่วนค่อนข้างสูงนี้ ส่วนใหญ่มาจากการขับถ่ายของเสียที่เกิดจากกระบวนการเผาผลาญและย่อยสลายโปรตีนและกรดนิวคลีอิก (Nucleic Acid) และถูกปลดปล่อยออกมาพร้อมกับการขับถ่ายปัสสาวะ (Sawyer *et al*., 2003)

ตาราง 2.2 องค์ประกอบของอนินทรีย์ฟอสเฟตที่พบในน้ำเสียชุมชนและสิ่งแวดล้อมทั่วไป

ประเภทของอนินทรีย์ฟอสเฟต	สูตรโครงสร้างโมเลกุล
ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphates)	
- ไตรโซเดียมฟอสเฟต (Trisodium phosphates)	Na_3PO_4
- ไดโซเดียมฟอสเฟต (Disodium phosphates)	Na_2HPO_4
- โมโนโซเดียมฟอสเฟต (Monosodium phosphates)	NaH_2PO_4
- ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (Diammonium phosphates)	$(NH_4)_2HPO_4$
โพลีฟอสเฟต (Poly phosphates)	
- โซเดียมเฮกสะเมตาฟอสเฟส (Sodium hexametaphosphates)	$Na_3(PO_3)_6$
- โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium tripolyphosphates)	$Na_4P_3O_{10}$
- เตรทตะโซเดียมไพโรฟอสเฟต (Tetrasodium pyrophosphates)	$Na_4P_2O_7$

ที่มา : ดัดแปลงจาก Sawyer *et al*. (2003)

สารประกอบไนโตรเจนและสารประกอบฟอสฟอรัสจัดเป็นธาตุอาหารหลัก (Macronutrient) ที่พืชต้องการในปริมาณสูง ดังนั้นหากน้ำเสียชุมชนมีการปนเปื้อนของสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสัดส่วนที่สูงเกินไปจะก่อให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) หรือมีการเจริญเติบโตของสาหร่ายสูง (Algae Bloom) และเมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายไปจะเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ ทำให้สกปรกและเน่าเสียยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นการเพิ่ม

ธาตุอาหารให้กับแหล่งน้ำ แต่หากมีปริมาณสูงเกินไปจะเกิดผลกระทบต่อชนิดของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ (Picard *et al*., 2005)

นอกจากนี้ในแหล่งน้ำที่มีไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียอิสระในปริมาณสูงจะมีความเป็นพิษต่อปลาและสัตว์น้ำ และทำให้ออกซิเจนละลายในแหล่งน้ำลดลง เนื่องจากในการออกซิเดชันแอมโมเนียไนโตรเจน 1 มิลลิกรัม/ลิตร ต้องใช้ออกซิเจน 4.6 มิลลิกรัม/ลิตร (มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, 2538; เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542)

2.1.2.5 ผลกระทบของน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต (2539) กล่าวว่า การเกิดมลภาวะน้ำเสียหรือมลพิษทางน้ำเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่ง ที่ทำให้เกิดผลกระทบหรือความเสียหายต่อคุณค่าทรัพยากรและคุณภาพสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ รวมทั้งทรัพยากรน้ำและย่อมส่งผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งผลกระทบดังกล่าว ได้แก่

ก) ผลกระทบต่อการผลิตน้ำเพื่อการบริโภคและการอุตสาหกรรม

เนื่องจากน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่ คือแม่น้ำ ลำคลอง เมื่อเกิดปัญหาขึ้นในแหล่งน้ำ จะทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาเพื่อการบริโภค และค่าใช้จ่ายเพื่อบำรุงเครื่องจักร

ข) ผลกระทบทางด้านสาธารณสุข

น้ำเสียอาจทำให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคและแมลง เนื่องจากมีเชื้อโรคปนเปื้อนติดตามมา แล้วเจริญเพิ่มจำนวนมากขึ้นโดยอาศัยอาหารจากอินทรียสารในน้ำเสีย และเมื่อมีการระบายน้ำ โอกาสที่จะแพร่กระจายก็เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การรวบรวมและการกำจัดน้ำเสียที่ไม่ถูกต้องกับหลักสุขาภิบาล จะก่อให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์ยุงและแมลงได้อีกด้วย ในทางสาธารณะสุขได้ใช้แบคทีเรียโคลิฟอร์มเป็นดัชนีวัดคุณภาพน้ำ โดยปกติแบคทีเรียชนิดนี้อาศัยอยู่ในลำไส้คนและสัตว์ โดยไม่ก่อให้เกิดโรค แต่ถ้าพบแบคทีเรียชนิดนี้ในแหล่งน้ำจำนวนมากแล้ว แสดงว่าแหล่งน้ำนั้น มีโอกาสจะมีเชื้อโรคบางชนิดที่เป็นอันตรายปะปนอยู่

ค) ผลกระทบทางกลิ่น

น้ำเสียทำให้เกิดกลิ่นเหม็น และก่อให้เกิดความรำคาญต่อผู้อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียง ซึ่งกลิ่นเหม็นนี้มาจากจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน ได้ทำการเปลี่ยนสภาพของซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์เกิดเป็นก๊าซไข่เน่า

ง) ผลกระทบทางด้านความสวยงามและการพักผ่อนหย่อนใจ

เป็นผลกระทบทางอ้อมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพแหล่งน้ำในแหล่งรองรับน้ำเสีย แม้ว่าการพักผ่อนหย่อนใจบางประเภทไม่ต้องการน้ำที่สะอาด แต่ก็ต้องเป็น

น้ำที่มีคุณภาพที่เหมาะสม การระบายน้ำเสียสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ นั้นเป็นสาเหตุสำคัญ ที่ทำลายความสะอาดหรือความสวยงามตามธรรมชาติของแหล่งน้ำ ทำให้ไม่เหมาะสมที่จะเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจหรือทำให้ได้รับความรังเกียจ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของสี ที่แสดงถึงความสกปรกหรือมีกลิ่นเหม็น

จ) ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ

น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมในชุมชนจำเป็นต้องได้รับการควบคุมดูแลหรือการบำบัดให้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ก่อนที่จะมีการระบายลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ ซึ่งเป็นการควบคุมดูแลหรือการบำบัดน้ำ จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน จึงถือว่าเป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจอีกประการหนึ่ง และยังส่งผลกระทบต่อการผลิตน้ำ เพื่ออุปโภคและภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาส่วนใหญ่ คือ แม่น้ำลำคลอง เมื่อเกิดปัญหาน้ำเสียขึ้นในแหล่งน้ำนั้น จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำประปา

2.2 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้พื้นที่ชุ่มน้ำ

พื้นที่ชุ่มน้ำ หมายถึง พื้นที่ราบลุ่ม พื้นที่ลุ่มชื้นแฉะ มีน้ำท่วมขัง พื้นที่พรุ และแหล่งน้ำทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น ทั้งที่มีน้ำท่วมขัง หรือท่วมอย่างถาวรและชั่วคราว ทั้งที่เป็นแหล่งน้ำนิ่งและน้ำไหล ทั้งที่เป็นน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม รวมไปถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเลและพื้นที่ของทะเลในบริเวณที่น้ำลดลงต่ำสุด โดยมีความลึกของระดับน้ำไม่เกิน 6 เมตร ซึ่งพื้นที่ชุ่มน้ำเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายของพันธุ์ไม้ สามารถนำธาตุอาหารในแหล่งน้ำไปใช้ได้ จึงเป็นการลดปัญหาการเกิดยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำที่รองรับน้ำเสียจากแหล่งชุมชนได้ (ปวีณา วัฒนสุทธิพงศ์, 2547)

พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น หมายถึง พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นที่ใดที่หนึ่ง โดยมีจุดประสงค์เพื่อการบำบัดน้ำเสีย มีหลักการเบื้องต้นเหมือนกับพื้นที่ชุ่มน้ำธรรมชาติ คือ อาศัยพืช จุลินทรีย์และกระบวนการทางกายภาพ และเคมีในการช่วยบำบัดน้ำเสีย โดยจะมีความแตกต่างจากบ่อตกตะกอนและบ่อผึ่งทั่ว ๆ ไป เพราะมีพืชเป็นปัจจัยเสริมประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ข้อได้เปรียบของการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น คือ สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้มากขึ้น และสถานที่ตั้งมีความยืดหยุ่นสูง เพราะสามารถออกแบบให้เหมาะกับสภาพพื้นที่ต่าง ๆ ได้ (ลักษณี คณานิธินันท์, 2539)

2.3 พืชกับการบำบัดน้ำเสีย

2.3.1 บทบาทของพืชในการบำบัดน้ำเสียในพื้นที่ชุ่มน้ำ

โดยทั่วไปพืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ตามแหล่งที่อยู่ที่พืชมีการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต หรือปรับตัวเพื่ออยู่รอด คือ

2.3.1.1 พืชลอยน้ำ (Floating Plants) เป็นพืชที่มีใบและลำต้นลอยอยู่เหนือผิวน้ำและมีรากลอยอยู่ใต้น้ำ เช่น ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*)

2.3.1.2 พืชใต้น้ำ (Submerged Plants) เป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตของใบ ลำต้นและรากอยู่ใต้น้ำ เช่น สาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla verticllata*)

2.3.1.3 พืชโผล่น้ำ (Emergent Plant) เป็นพืชที่มีรากยึดเกาะกับพื้นดินใต้น้ำแต่มีลำต้นและใบที่สามารถจะเจริญขึ้นมาเหนือผิวน้ำ เช่น กกกลม (*Cyperus corymbosus*) ธูปฤาษี (*Typha angustifolia*) และพืชที่อยู่ในวงศ์หญ้า (Gramineae) เช่น หญ้าแฝก (*Vetivera* spp.) (จิตติมา วสุสิน, 2539; Brix, 1994; วงศ์พงา เส็งสาย, 2544; Cronk and Fennassy, 2001)

โดยพืชแต่ละประเภทจะมีบทบาทในการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยปัจจัยหลัก คือ การเจริญเติบโตของพืชและจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บริเวณรากพืช โดยพืชจะทำหน้าที่ส่งผ่านออกซิเจนจากใบไปสู่ปลายราก ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดการออกซิไดซ์ (Oxidize) สารอินทรีย์และลดความเป็นพิษของสารพิษต่าง ๆ ได้ (จิตติมา วสุสิน, 2539; ศุวศา กานตวนิชกูร, 2544; Cooper and Boon,1987; Tchobanoglous,1987; Wolverton, 1987; Allen *et al*., 2002) นอกจากนี้พืชยังมีบทบาทอีกหลายประการ ดังนี้

ก) ส่วนที่อยู่เหนือน้ำ ได้แก่ ลำต้นและใบ มีบทบาทที่สำคัญ คือ

1) ลดความเข้มของแสงแดดที่ส่องตรงสู่ผิวหน้าน้ำ ดังนั้นจึงช่วยป้องกันการเจริญเติบของสาหร่ายในน้ำได้

2) ลดผลกระทบจากลมที่มีต่อน้ำ เช่น การทำให้ตะกอนที่จมอยู่ฟุ้งกระจายกลับขึ้นมาได้

3) ลดการส่งผ่านความร้อนระหว่างบรรยากาศและน้ำ

4) ป้องกันอิทธิพลจากสภาพอากาศฤดูหนาว

ข) ส่วนที่อยู่ใต้น้ำ ได้แก่ ระบบราก มีบทบาทที่สำคัญ คือ

1) ดูดดึงธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลัก (Macronutrients) ที่พืชต้องการในปริมาณสูง

2) ลดความเร็วของกระแสน้ำ ทำให้เพิ่มอัตราการตกตะกอนและลดการฟุ้งกระจายของตะกอนใต้น้ำได้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มเวลาสัมผัสระหว่างน้ำและผิวของพืช

3) เป็นตัวกลางในการกรอง (Filtration) และดูดซับ (Absorption) ตะกอนและของแข็งแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ

4) เป็นพื้นที่ผิวสำหรับให้จุลินทรีย์ใช้อาศัยในการเจริญเติบโต ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้ต้องการใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารเพื่อใช้สร้างเซลล์ และช่วยย่อยสลายไนโตรเจนและฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์

2.3.2 กลไกการบำบัดน้ำเสียในระบบที่มีการปลูกพืช

2.3.2.1 การบำบัดสารอินทรีย์

ความยาวของรากพืชมีส่วนกำหนดลักษณะของการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่จะเกิดขึ้นในน้ำเสีย เนื่องจากกลไกหลักของการบำบัดสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำจะเกิดจากการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน โดยออกซิเจนจะแพร่ผ่านรากพืช (ศุวศา กานตวนิชกูร, 2544) กลไกในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะประกอบด้วย 3 กระบวนการ คือ

ก) การตกตะกอน (Sedimentation) ของสารอินทรีย์ที่เป็นของแข็ง

ข) กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่มีออกซิเจน โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งอาหารคาร์บอน (Heterotrophy) จะออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำเสียได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ และถ้าสารอินทรีย์มีส่วนประกอบของโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายได้แอมโมเนียไนโตรเจน ดังสมการ 2.4 (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2545; Bitton, 1994)

$$\text{สารอินทรีย์} \xrightarrow[\text{Heterotroph}]{O_2} CO_2 + H_2O + NH_4^+ + \text{เซลล์ใหม่} \quad (2.4)$$

ค) กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ กระบวนการหมัก (Fermantion) และกระบวนการสร้างก๊าซมีเทน (Methanogenesis)

ระยะที่ 1 กระบวนการหมัก เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ใช้สารอินทรีย์เป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายในกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งผลผลิตที่ได้ คือ กรดแลคติก (Latic Acid) แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการ 2.5 และ 2.6 โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้ เช่น *Clostridium* เป็นต้น

$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3CH_2OCOOH$

(2.5)

(กลูโคส) (กรดแลคติก)

$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$

(2.6)

(กลูโคส) (เอทธานอล)

ระยะที่ 2 กระบวนการสร้างก๊าซมีเทน โดยจุลินทรีย์กลุ่มเมทาโนเจน (Methanogens) ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ผลผลิตที่ได้ คือ ก๊าซมีเทน (CH_4) ดังสมการ 2.7 ซึ่งโดยทั่วไปจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะมีการเจริญเติบโตอย่างช้าๆ ในน้ำเสีย โดยมีการขยายพันธุ์ในช่วง 3 วัน หากอุณหภูมิในระบบประมาณ 35 องศาเซลเซียสและใช้ระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 50 วัน หากอุณหภูมิต่ำลงเป็น 10 องศาเซลเซียส (Bitton, 1994; Mitsch and Gosselink, 2000)

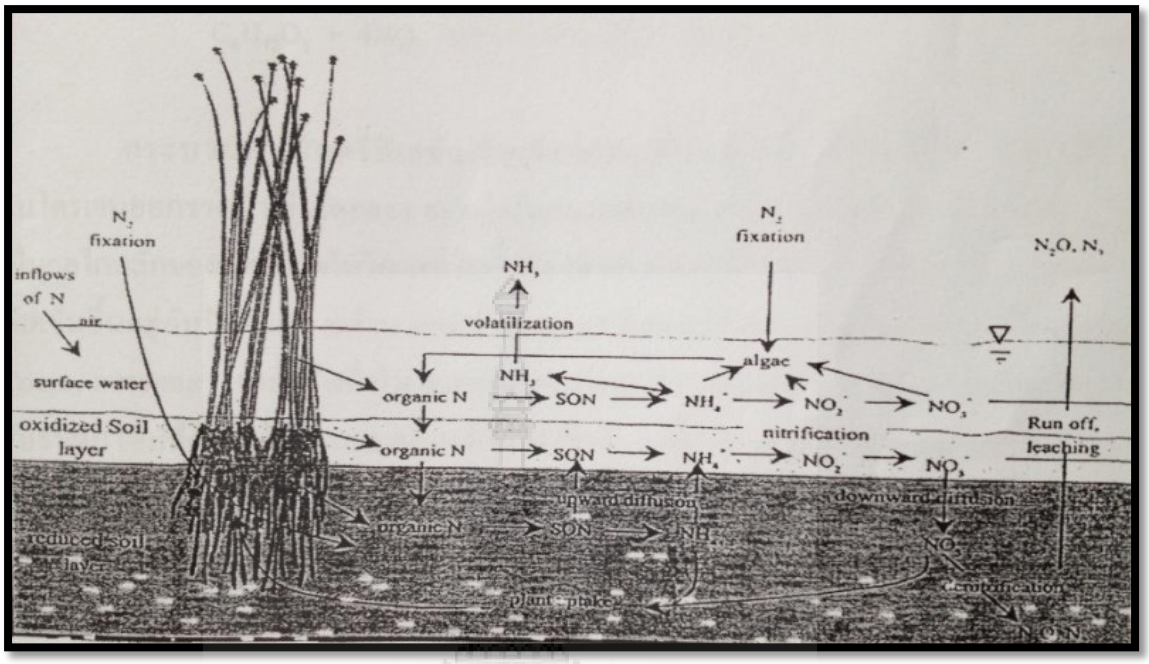
$CH_3COOH + 4H_2 \longrightarrow 2CH_4 + 2H_2O$

(2.7)

(ก๊าซมีเทน)

2.3.2.2 การบำบัดไนโตรเจน

ไนโตรเจนในน้ำเสียโดยทั่วไปอยู่ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนโดยการเปลี่ยนรูปไนโตรเจนในพื้นที่ชุ่มน้ำเกิดขึ้นได้ในน้ำทั้งที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (ภาพ 2.3) โดยกลไกการบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสีย ประกอบด้วย 3 กระบวนการ คือ



ภาพ 2.3 แสดงการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในพื้นที่ชุ่มน้ำ

ที่มา : Mitsch and Gosselink (2000)

ก) การนำไปใช้โดยพืชและจุลินทรีย์

1) การดูดดึงโดยพืช (Plant Uptake)

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อนและใบพืช โดยเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน (Amino Acid) โปรตีน และเอมไซม์พืช (ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ไนโตรเจนที่พืชดึงดูดไปใช้ได้มี 3 ประเภท คือ ไนเตรทไอออน (NO_3^-) แอมโมเนียไอออน (NH_4^+) และยูเรีย ($CO(NH_2)_2$) โดยเมื่อดูดดึงไนโตรเจนและยูเรียเข้าไปแล้วจะเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนียไนโตรเจน แล้วจึงเข้าไปรวมกับอินทรียสาร สังเคราะห์เป็นกรดอะมิโน (Amino Acid) นำไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของพืช แต่หากพืชดูดดึงแอมโมเนียไนโตรเจนเข้าไปในเซลล์ก็จะนำไปสังเคราะห์กรดอะมิโนและเอไมด์ได้ทันที (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543)

2) การนำไปใช้ (Assimilation) โดยจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ต้องการไนโตรเจนสำหรับการสังเคราะห์โปรตีน โดยไนโตรเจนรูป (From) ที่เหมาะสม คือ แอมโมเนียไนโตรเจน แต่หากมีปริมาณไม่เพียงพอ จุลินทรีย์บางชนิด เช่น ดีไนตริไฟเออร์ (Denitrifiers) จะรีดิวซ์ไนโตรเจนเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน เอมไซม์ ไนเตรทรีดักเทส (Nitrate Reductase) เพื่อนำไปสร้างเป็นเซลล์ใหม่ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2545; Epstein and Bloom, 2005)

ข) กระบวนการไนตริฟิเคชัน ดีไนตริฟิเคชัน (Nitrification Denitrification)

กระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) เป็นการออกซิเดชันทางชีวภาพของแอมโมเนียไนโตรเจนให้เป็นไนโตรท์ไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจน โดยกระบวนการนี้เกิดขึ้นในสภาวะที่มีออกซิเจนบริเวณรอบรากพืช ซึ่งมีการเกิด 2 ขั้นตอน ดังที่ได้กล่าวแล้วในสมการ 2.2 และ 2.3 และในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ไนเตรท ไนโตรเจนสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของก๊าซไนโตรเจน โดยอาศัยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) โดยอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ดีไนตริไฟเออร์ เช่น *Pseudomonas, Bacillus* และ *Spoirillum* โดยใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอนและใช้ไนเตรทไนโตรเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนและเกิดก๊าซไนโตรเจน ดังสมการ 2.8 (ศุวศา กานตวนิชกูร, 2544; Gumbricht, 1993; Mitsch and Gosselink, 2000; Tanner *et al*., 2002)

$$C_6H_{12}O_6 + 4NO_3^- \longrightarrow 6CO_2 + 2N_2 \quad (2.8)$$

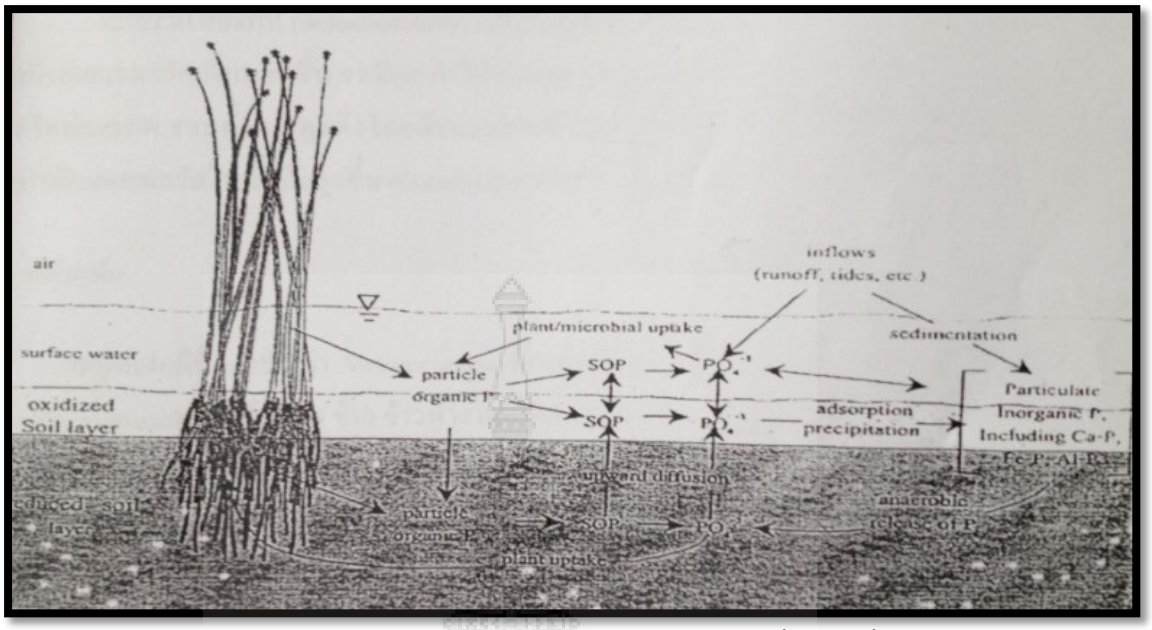
กระบวนการไนตริฟิเคชันเป็นเพียงการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจน โดยไม่กำจัดไนโตรเจนออกจากน้ำเสียโดยตรง อย่างไรก็ตาม กระบวนการไนตริฟิเคชันร่วมกับดีไนตริฟิเคชันเป็นกลไกหลักของการกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสีย (ศุวศา กานตวนิชกูร, 2544) โดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน เช่น ปริมาณออกซิเจนละลาย ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ ศุวศา กานตวนิชกูร (2544) รายงานว่าการมีออกซิเจนละลายจะยับยั้งเอมไซม์ที่ต้องใช้กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน และค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 6-8 เป็นค่าที่เหมาะสม แต่หากต่ำกว่า 5 จะลดอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันและหากต่ำกว่า 4 จะยับยั้งอย่างสิ้นเชิง ส่วนอุณหภูมิที่ต่ำจะทำให้อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันลดลง

ค) การระเหยของเอมโมเนีย (Ammonia Volatilization)

แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) สามารถระเหย (Volatilization) ผ่านชั้นน้ำและบรรยากาศได้ โดยการระเหยจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อน้ำมีความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 9.34 อย่างไรก็ตามการระเหยสามารถเกิดขึ้นได้ในสภาวะความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7 แต่มีระยะเวลากักเก็บที่นานเพียงพอ (Gumbricht, 1993; Mayo and Mutamba, 2004)

2.3.2.3 การบำบัดฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยทั่วไปอยู่ในรูปต่าง ๆ กันของฟอสเฟตทั้งที่ละลายน้ำ (Soluble) และไม่ละลายน้ำ (Insoluble) โดยการไม่เปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในพื้นที่ชุ่มน้ำดังแสดงในภาพ 2.4 โดยกลไกลการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียประกอบด้วยกระบวนการหลัก 3 กระบวนการ คือ



ภาพ 2.4 แสดงการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในพื้นที่ชุ่มน้ำ

ที่มา : Mitsch and Gosselink (2000)

ก) การนำไปใช้โดยพืชและจุลินทรีย์

1) การดูดดึงโดยพืช

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สำคัญสำหรับพืช เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของสารถ่ายทอดพลังงานในการสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจ รวมทั้งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากและการออกดอกของพืช (ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; Parker, 2000; Dierberg *et al*., 2002) โดยพืชสามารถดูดดึงฟอสฟอรัสในรูปออร์โธฟอสเฟต ซึ่งมีได้ 3 แบบขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 6.8 รูปที่เป็นประโยชน์และมีอยู่มาก คือ H_2PO_4 ซึ่งพืชดูดดึงไปใช้ได้ง่ายที่สุด หากมีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่า 6.8-7.2 จะอยู่ในรูป PO_4^{2-} ซึ่งพืชดูดดึงไปใช้ได้ยาก โดยเมื่อดูดดึงฟอสเฟตไอออนเข้าไปในเนื้อเยื่อพืชแล้วจะไม่ผ่านกระบวนการเพื่อเปลี่ยนรูป แต่ยังคงอยู่ในรูปของฟอสเฟตตามเดิม คือ อนินทรีย์ฟอสเฟต และองค์ประกอบในสารอนินทรีย์ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543)

2) การนำไปใช้โดยจุลินทรีย์

ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบสำคัญภายในเซลล์จุลินทรีย์ เช่น *Acinetobacter, Pseudomonas, Aerobacte* และ *Mycrobacterium* ซึ่งจะสามารถสะสม

ฟอสฟอรัสภายในเซลล์ได้ประมาณร้อยละ1-3 ของน้ำหนักแห้ง โดยส่วนใหญ่สะสมอยู่ในฟอสฟอรัสในรูปของโพลีฟอสเฟต (Polyphosphate) (Bitton, 1994)

ข) การดูดซับ (Adsorption) และการตกตะกอนทางเคมี (Precipitation)

การดูดซับเป็นกระบวนการทางกายภาพ โดยอนุภาคมวลสารจะเกาะยึดกันโดยอาศัยแรงวันเดอร์วาลล์ (Van Der Waals Force) ส่วนการตกตะกอนทางเคมีนั้นเป็นปฏิกิริยาที่ทำให้ไอออนประจุบวกและประจุลบรวมกันเป็นตะกอนของแข็งซึ่งไม่ละลายน้ำ (ปวีณา วัฒนาสุทธิพงศ์, 2547) ซึ่งการบำบัดฟอสฟอรัสด้วยกระบวนการดังกล่าว จะเกิดระหว่างสารอนินทรีย์ฟอสเฟตกับอลูมิเนียม เหล็ก และแคลเซียม โดยฟอสฟอรัสถูกดูดซับและเกิดตะกอนผลึกขึ้น ซึ่งเกิดได้ดีเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ (ศุวศา กานตวินชกูร, 2544; Kadlec,1987; Gumbricht, 1993)

ค) การตกตะกอน (Sedimentation)

การตกตะกอนเป็นการจมตัวของแข็งแขวนลอยในน้ำโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (Mitsch and Gosselink, 2000) ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสีย โดยเฉพาะการบำบัดอินทรีย์ฟอสเฟต ซึ่งอยู่ในรูปของเศษอาหารและกากของเสีย (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2543; Gumbricht, 1993)

ระยะเวลากักเก็บ (Detention Time) ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะต้องใช้ในกระบวนการบำบัดฟอสฟอรัส โดยหากมีระยะเวลากักเก็บนานขึ้น จะมีผลทำให้การดูดซับและตกตะกอนทางเคมี การตกตะกอนของอินทรีย์ฟอสเฟต รวมทั้งการดูดดึงโดยพืชและการนำไปใช้โดยจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสูงขึ้น (Gumbricht, 1993; Mitsch, 1994; Dunne *et al*., 2005)

2.3.3 พืชที่ใช้ในระบบบึงประดิษฐ์แบบปลูกพืชเทคนิคแท่นลอยน้ำ

หน้าที่หลักของพืชในระบบบึงประดิษฐ์แบบปลูกพืชด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ คือ การควบคุมการไหลของน้ำเสีย เป็นที่ยึดเกาะและเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในระบบ พืชถือว่าเป็นองค์ประกอบหลักของระบบบึงประดิษฐ์ ดังนั้น การเลือกพืชที่จะใช้ในระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญ ปกติแล้วพันธุ์ของพืชที่จะปลูกในระบบบึงประดิษฐ์ ควรเป็นพืชที่สามารถพบได้ในท้องถิ่น เพราะพืชจะคุ้นเคยกับสภาพภูมิอากาศ และพื้นที่ในบริเวณนั้น จึงสามารถเจริญเติบโตได้ดี อย่างไรก็ตามลักษณะของน้ำเสียที่จะใช้บำบัดก็เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง เช่น พืชที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่ความเข้มข้นของสารอินทรีย์และสารอาหารสูง ๆ เช่น สิ่งปฏิกูล หรือ น้ำเสียจากการเกษตร

คุณสมบัติของพืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย สรุปได้ดังนี้

1) สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในท้องถิ่นนั้น ๆ นอกจากนี้ยังต้องสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

2) มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูง

3) มีความสามารถส่งผ่านออกซิเจนได้สูง โดยนำออกซิเจนจากบรรยากาศส่งผ่านมาตามใบ รากและลำต้น

4) สามารถทนต่อความเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของสารพิษได้ค่อนข้างกว้างขวาง

5) มีความสามารถในการดูดซึม และเก็บสะสมสารต่าง ๆ ได้ดี

6) มีความคงทนต่อโรคและแมลงได้ดี

7) สามารถนำออกจากระบบได้ง่าย เนื่องจากพืชจะลดปริมาณสารที่อยู่ในน้ำเสียได้ผลดีที่สุดนั้น พืชจะต้องมีการนำออกจากระบบบ้างเพื่อไม่ให้พืชอยู่นานจนเกินไปจนระบบขาดประสิทธิภาพ

2.3.3.1 หญ้าแฝก

หญ้าแฝกมีชื่อสามัญ Vetiver Grass เป็นพืชล้มลุกข้ามปี (Perennial Grass) ที่จัดอยู่ในวงศ์หญ้า (Gramineae) เช่นเดียวกับ ข้าว ข้าวฟ่าง และตะไคร้

หญ้าแฝก (*Vetiveria* spp.) มีอยู่ในโลกประมาณ 12 ชนิด ในประเทศไทย มี 2 ชนิด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) ดังนี้

- หญ้าแฝกลุ่ม หรือหญ้าแฝกหอม (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) จำแนกได้เป็น 11 กลุ่มพันธุ์ (Ecotype) ดังตารางที่ 2.3 ในธรรมชาติพบขึ้นอยู่บริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมขัง แต่สามารถขึ้นได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย โดยสามารถปรับตัวให้เหมาะสมได้ โดยกลุ่มพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตได้ดีในสภาพธรรมชาติที่เป็นทราย ดินร่วนเหนียว และดินลูกรังมี 4 กลุ่มพันธุ์ คือ กำแพงเพชร 2 ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541; บุญฤทธิ์ สินค้างาม, 2542)

- หญ้าแฝกดอน (*Vetiveria nemoralis* A. Camus) จำแนกได้เป็น 17 กลุ่มพันธุ์ ดังตาราง 2.3 พบขึ้นอยู่ทั่วไปในบริเวณที่ค่อนข้างแห้งแล้ง หรือดินระบายน้ำได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย โดยกลุ่มพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นดินทราย ดินร่วนเหนียว และดินลูกรัง มี 6 กลุ่มพันธุ์ คือ กำแพงเพชร 1 นครสวรรค์ ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี ร้อยเอ็ด และเลย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

ตาราง 2.3 กลุ่มพันธุ์หญ้าแฝกที่พบในประเทศไทย ตามทะเบียนของกรมพัฒนาที่ดิน

หญ้าแฝกลุ่ม (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash)		หญ้าแฝกดอน (*Vetiveria nemoralis* A. Camus)	
1. กำแพงเพชร 2	10 . สงขลา 3	1. กาญจนบุรี	10. ร้อยเอ็ด
2. เชียงราย	11. สุราษฎร์ธานี	2. กำแพงเพชร 1	11. ราชบุรี
3. ตรัง 1		3. จันทบุรี	12. เลย
4. ตรัง 2		4. ชัยภูมิ	13. สระบุรี 1
5. เชียงใหม่		5. นครพนม 1	14. สระบุรี 2
6. แม่ฮ่องสอน		6. นครพนม 2	15. ห้วยขาแข้ง
7. ศรีลังกา		7. นครสวรรค์	16. อุดรธานี 1
8. สงขลา 1		8. ประจวบคีรีขันธ์	17. อุดรธานี 2
9. สงขลา 2		9. พิษณุโลก	

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2541)

ก) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลักษณะโดยทั่วไปของหญ้าแฝกจะขึ้นเป็นกอ ทรงพุ่ม มีลำต้นขนาดเล็กและมีข้อปล้องไม่ชัดเจน โคนของลำต้นแบบเกิดจากโคนใบที่จัดเรียงพับซ้อนกัน (ภาพ 2.5) ใบมีการแตกออกจากโคนกอ มีลักษณะแคบและยาว โดยขอบใบขนานมีปลายสอบแหลมและมีหนามละเอียด (ภาพ 2.6) ส่วนรากเป็นส่วนที่สำคัญและมีลักษณะพิเศษที่ถูกนำมาใช้เป็นหลัก เนื่องจากหญ้าแฝกมีรากฝอยปริมาณมากและสานกันแน่น และมีรากแกนที่เจริญเติบโตในแนวดิ่งหยั่งลึก ไม่แผ่ขนาน (ภาพ 2.7) นอกจากนี้รากของหญ้าแฝกยังมีช่องว่างขนาดใหญ่จำนวนมาก ช่วยเก็บกักน้ำเมื่อมีความชื้นสูงและเก็บอากาศชื้นเมื่อมีความแห้งแล้ง อย่างไรก็ตามหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอนมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังตาราง 2.4

ตาราง 2.4 ลักษณะลำต้น ใบ และราก ของหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน

หญ้าแฝกลุ่ม	หญ้าแฝกดอน
ลำต้น - ลำต้นแบน ลำต้นแท้มีขนาดเล็กและมีข้อปล้องไม่ชัดเจน มีใบยาวตั้งตรงขึ้นสูง	**ลำต้น** - ลำต้นแบน ลำต้นแท้มีขนาดเล็กและมีข้อปล้องไม่ชัดเจน มีใบยาวแผ่โค้งลงล่าง

ใบ - ใบยาว 4-100 เซนติเมตร กว้าง 0.6-1.2 เซนติเมตร - ใบสีเขียวเข้ม หลังใบโค้ง ท้องใบสีขาว มีไขเคลือบมาก ดูนุ่มมัน	**ใบ** - ใบยาว 35- 80 เซนติเมตร กว้าง 0.4-0.8 เซนติเมตร - ใบสีเขียวซีด หลังใบพับเป็นสันแข็ง สามเหลี่ยม ท้องใบสีเดียวกับหลังใบ เนื้อใบหยาบ มีไขเคลือบน้อย ไม่เหลือบมัน
ราก - รากยาวประมาณ 100-300 เซนติเมตร	**ราก** - รากยาวประมาณ 80-100 เซนติเมตร

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน, (2541)

ภาพ 2.5 แสดงลักษณะกอและลำต้นของหญ้าแฝก

ภาพ 2.6 แสดงลักษณะใบหญ้าแฝก

ภาพ 2.7 แสดงลักษณะรากหญ้าแฝก

ข) การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

ในสภาพธรรมชาติหญ้ามีการกระจายได้ดีทั้งในลุ่มและที่ดอน จากความสูงใกล้ระดับน้ำทะเล จนถึงระดับประมาณ 1,200 เมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541; เพชร พลอยเจริญ, 2544) และสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแห้งแล้ง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541; Bowes, 1987; Liao *et al*., 2003; Yang *et al*., 2003) เนื่องจากรากของหญ้าแฝกมีโพรงอากาศ (Air Space) ในบริเวณคอร์เทกซ์ (Cortex) ซึ่งมีลักษณะคล้ายรากของพืชน้ำ โดยหญ้าแฝกลุ่มมีโพรงอากาศในรากใหญ่กว่าหญ้าแฝกดอน ดังนั้นขึ้นในน้ำท่วมขังได้ดี (กมลพรรณ นามวงศ์พรหม, 2545)

รากของหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่เมื่อมีอายุ 18 เดือน และโดยทั่วไปเมื่อหญ้าแฝกมีอายุ 1 ปี จะมีรากยาวประมาณ 80-100 เซนติเมตร (กรมพัฒนาที่ดิน , 2541) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของราก คือ 25 องศาเซลเซียส แต่รากของหญ้าแฝกยังสามารถเจริญเติบโตได้ต่อเนื่องแม้ว่าอุณหภูมิลดลงเหลือ 13 องศาเซลเซียส (Truong, 2000) อย่างไรก็ตาม ปิยวรรณ โภชนพันธ์ (2546) รายงานว่า หญ้าแฝกสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศหนาวเย็น (-9 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิร้อนจัด (45 องศาเซลเซียส)

หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตโดยการแตกกอใหม่ทางด้านข้างรอบกอเดิมทดแทนอยู่เสมอ กอจึงมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งเพชร พลอยเจริญ (2544) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตทางการแตกกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์อุดรธานีและศรีลังกา บริเวณลุ่มน้ำวัง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย พบว่า หญ้าแฝกทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์มีการแตกกอใหม่มากที่สุดในปี 3 โดยมีการแตกกอเฉลี่ย 90.59-79.87 ต้น/กอ จากนั้นการเจริญเติบโตจะลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจาก

หญ้าแฝกบางส่วนตาย และในปีที่ 5 หญ้าแฝกทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์มีการแตกกอเฉลี่ย 4.72-5.62 ต้นต่อกอ

Vieritz *et al*. (2003) ทำการทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางด้านการเพิ่มพื้นที่ใบของหญ้าแฝกที่ปลูกในที่ร่มและกลางแจ้ง พบว่า หญ้าแฝกที่ปลูกกลางแจ้งมีพื้นที่ใบ 140 ตารางเซนติเมตร/กรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ปลูกในร่ม โดยมีค่าแตกต่างกันร้อยละ 10 ทั้งนี้เนื่องจากหญ้าแฝกเป็นพืชที่ไม่ไวต่อช่วงแสง จึงเจริญเติบโตได้ไม่ดีหากรับความเข้มของแสงต่ำ (บุญฤทธิ์ สินค้างาม, 2542)

ค) การขยายพันธุ์ของหญ้าแฝก

หญ้าแฝกมีการขยายพันธุ์โดยการแตกหน่อใหม่จากข้อของลำต้น (มนนพ รุ่งสุข, 2538; คณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร), 2547) และสามารถขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการติดเมล็ดในดอกสมบูรณ์เพศ แต่เมล็ดมีความสามารถในการงอก (Vitality) จำกัดเพียงระยะสั้น หากพบกับสภาพแห้งแล้งแดดจัด และลมแรงจะเสียความสามารถในการงอก ดังนั้นโอกาสของการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดจึงมีน้อย ทำให้หญ้าแฝกไม่มีลักษณะเป็นวัชพืช และไม่มีปัญหาในการแพร่กระจาย

ง) หญ้าแฝกกับการบำบัดน้ำเสีย

ในปี 1950 ได้มีการนำหญ้าแฝกมาใช้ในด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำเป็นครั้งแรกในประเทศฟิจิ ต่อมาในปี 1980 ธนาคารโลกได้เผยแผ่ประโยชน์ของหญ้าแฝกในด้านดังกล่าวไปยังประเทศอินเดีย (Truong and Hart, 2001; Chen *et al*., 2004) ภายหลังหญ้าแฝกได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการรักษาสิ่งแวดล้อมด้านอื่น โดยเฉพาะการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจากงานวิจัยในหลายประเทศ เช่น ออสเตรเลีย และสาธารณรัฐประชาชนจีน ได้แสดงให้เห็นว่าหญ้าแฝกมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ทั้งน้ำเสียจากชุมชน น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และน้ำชะ (Leachate) จากหลุมฝังกลบขยะ (Truong and Hart, 2001)

ในปี 1995 หญ้าแฝกได้รับการยอมรับว่าเป็น “ตัวดูดซับ (Absorbent)” ที่ดีหลังจากได้มีการศึกษาเพื่อนำมาใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียในรัฐควีนแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ในปี 1997 นักวิทยาศาสตร์จากสาธารณรัฐประชาชนจีนยืนยันว่าหญ้าแฝกสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีการใช้หญ้าแฝกในการบำบัดน้ำเสียอย่างแพร่หลาย เช่น ออสเตรเลีย สาธารณรัฐประชาชนจีน และประเทศไทย (Truong and Hart, 2001)

จ) สมบัติบางประการของหญ้าแฝกที่เหมาะสมกับการใช้บำบัดน้ำเสีย

หญ้าแฝกมีสมบัติทางด้านสัณฐาน (Morphology) และทางด้านสรีระ (Physiology) ที่เหมาะสมกับการใช้บำบัดน้ำเสีย ดังนี้

1) สมบัติด้านสัณฐาน

- มีลำต้นที่แข็งแรงและตั้งตรง ทนทานต่อสภาวะที่น้ำไหลแรง
- มีการเจริญเติบโตและแตกกอหนาแน่น ทำให้สามารถช่วยกรองและดักตะกอนในแหล่งน้ำได้
- มีระบบรากลึกและหนาแน่น ทำให้สามารถลดมลสาร ดูดดึงธาตุอาหารและผ่านออกซิเจนในน้ำเสียระดับลึกได้
- โครงสร้างของระบบรากที่ใหญ่เป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์และกระตุ้นให้จุลินทรีย์เกิดกระบวนการย่อยสลายบริเวณ Rhizosphere ซึ่งมีออกซิเจนเป็นฟิล์มบาง ๆ โดยรอบราก (Summerfelt *et al*., 1999; Chomchalow, 2003)

2) สมบัติด้านสรีระ

- ทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขัง และมีความเป็นกรดและด่างสูงได้
- ทนทานต่อสภาพความเป็นพิษของโลหะหนักได้ เช่น อาร์เซนิก แคดเมี่ยม ตะกั่ว โครเมียม ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น (ดุษลักษณ์ ฐิติวร, 2543)

2.4 ระบบบึงประดิษฐ์แบบปลูกพืชด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

2.4.1 ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland Systems : CW)

บึงประดิษฐ์ในที่นี้หมายถึง บึงที่มีน้ำลึกน้อยกว่า 60 เซนติเมตร ซึ่งเป็นสภาพที่พืชบางชนิดเจริญแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็ว ส่วนต้นเจริญขึ้นจากพื้นดินใต้น้ำ รากของพืชประเภทนี้ ยังคงอยู่ในดินเป็นส่วนมาก พวกรากลำต้น และใบไม้ของพืชชนิดนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้พวกจุลินทรีย์ยึดเกาะได้ และยังทำหน้าที่เป็นตัวกรองและเป็นตัวดูดซับสารปนเปื้อนต่าง ๆ ในน้ำเสียได้ สามารถทำหน้าที่ถ่ายทอดออกซิเจนลงไปในน้ำได้ และป้องกันการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยทำหน้าที่กั้นบังแสงแดดส่องถึงลงไปในบึงน้ำ เมื่อพิจารณาประเภทของบึงจะมีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ บึงธรรมชาติและบึงประดิษฐ์ โดยที่บึงธรรมชาติจะเป็นแหล่งรองรับน้ำทั่วไปอยู่แล้ว และเป็นแหล่งธรรมชาติที่สำคัญสิ่งหนึ่ง จึงไม่ควรที่จะนำบึงธรรมชาติมาเพื่อการบำบัดน้ำเสียเป็นหน้าที่โดยตรง (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 ข.)

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกระบบบึงประดิษฐ์ มาใช้ในการทดลองครั้งนี้ เพราะเป็นระบบที่สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าการปนเปื้อนของของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นระบบที่

ได้รับการยอมรับว่าเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการไม่สูงมากนัก ดูแลรักษาระบบได้ง่าย และไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ยุ่งยาก

2.4.1.1 ประเภทของระบบบึงประดิษฐ์

ระบบบึงประดิษฐ์สร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะ ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท คือ

ก) แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (Free Water Surface Systems : FWS)

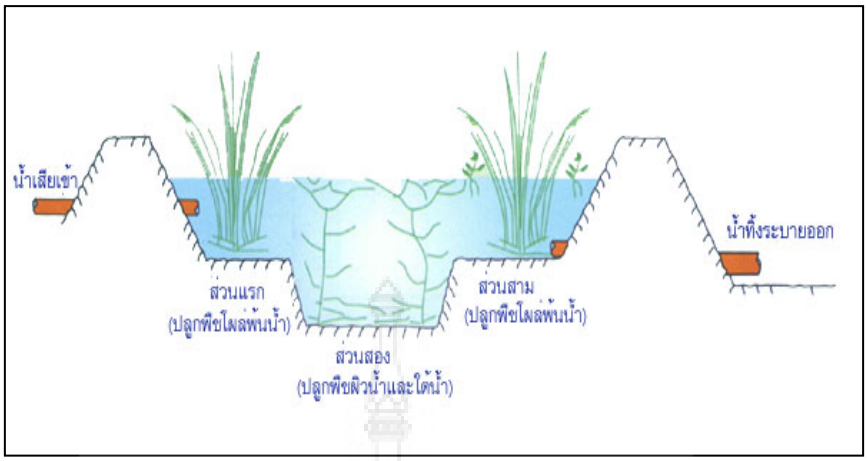
ลักษณะบ่อคล้ายพื้นที่ธรรมชาติ ซึ่งระบบแบ่งย่อยออกเป็น 2 แบบคือ

1) แบบน้ำตื้น-น้ำลึก-น้ำตื้น สลับกัน มีลักษณะดังนี้

บ่อส่วนตื้น (Marsh) ส่วนแรก ควบคุมระดับความลึกของน้ำให้อยู่ในช่วง 10-20 เซนติเมตร แต่ไม่ควรเกิน 30 เซนติเมตร ความลาดเอียงร้อยละ 0.2 โดยมีพืชจำพวกที่หยั่งรากน้ำตื้นและทนน้ำได้ดี เช่น กกกลม (*C. corymbosus*) ธูปฤาษี (*T. angustifolia*) อ้อ (*Phragmites australis* Trin. ex Steud) (Hammer, 1989) เป็นองค์ประกอบของระบบนิเวศทำให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ ในการบำบัดน้ำเสีย สามารถลดค่า ของแข็งแขวนลอย โลหะ เชื้อโรค ซึ่งสามารถลดค่าความสกปรกในรูปของบีโอดีและซีโอดีได้ถึงร้อยละ 87-99 และร้อยล่ะ 94-99 ตามลำดับ และสามารถลดไนโตรเจนได้ร้อยละ 95 (Huddleston, Gillespie and Rodgers, 2000) โดยกระบวนการทางชีวภาพและกายภาพเคมี

บ่อส่วนลึก (Pond) ควบคุมระดับความลึกของระดับน้ำให้อยู่ในช่วง 80-100 เซนติเมตร แต่ไม่ควรเกิน 120 เซนติเมตร บ่อนี้จะเปิดโล่งเพื่อรองรับการถ่ายเทออกซิเจนจากอากาศและรับแสงอาทิตย์ ลักษณะจะคล้ายกับระบบเติมอากาศ มีสาหร่ายชนิดต่าง ๆ อยู่ในน้ำหรืออาจปลูกพืชลอยน้ำประเภทบัวประเภทชูใบเหนือน้ำชนิดต่าง ๆ เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่น้ำและช่วยบังแสงแดดเพื่อช่วยป้องกันการเกิดสาหร่าย ที่เป็นปัญหาทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง

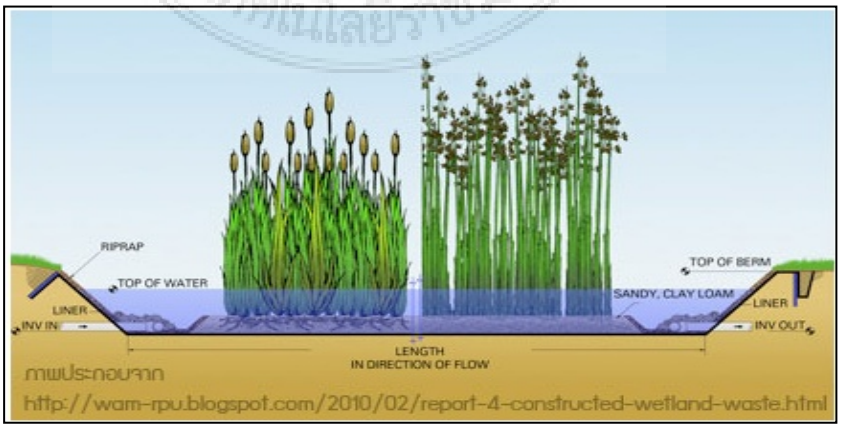
บ่อส่วนตื้น (Marsh) ส่วนปลาย จัดระบบนิเวศแบบพื้นที่ชุ่มน้ำอีกครั้งเพื่อรับน้ำจากบ่อส่วนลึกเข้ารับการบำบัดด้วยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) และเปลี่ยนไนเตรทเป็นก๊าซไนโตรเจนลอยสู่บรรยากาศ (ภาพ 2.8)



ภาพ 2.8 แสดงบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลบนผิวดิน แบบน้ำตื้น-น้ำลึก-น้ำตื้น สลับกัน

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2555)

2) แบบน้ำตื้นเท่ากันตลอด มีลักษณะเป็นบ่อตื้นที่ควบคุมระดับความลึกของน้ำให้อยู่ในช่วงไม่เกิน 60 เซนติเมตร โดยมีพืชน้ำจำพวกหยั่งราก เช่น อ้อ (*P. angustralis*) ธูปฤาษี (*T. angustifolia*) และกกกลม (*C. corymbosus*) เป็นองค์ประกอบของระบบนิเวศทำให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ ในการบำบัดน้ำเสีย การออกแบบมักสร้างเป็นบึงที่มีลักษณะแคบและยาว เพื่อให้การบำบัดน้ำเสียเป็นไปในลักษณะตามยาว (Plug Flow) ใช้พืชในกลุ่มที่มีรากในดินและมีส่วนโผล่พ้นน้ำ (Emergent Plant) การกำจัดสารเกิดจากส่วนของพืชบริเวณใต้น้ำและซากพืชบริเวณหน้าดิน ซึ่งจะเป็นที่ยึดเกาะสำหรับจุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายมลสาร เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และเพื่อป้องกันมิให้น้ำเสียมีการรั่วซึมออกไปปนเปื้อนกับน้ำในแหล่งน้ำอื่น ๆ ควรปูพื้นของบ่อด้วยวัสดุกันซึมแผ่นโพลีเอธิลลีน (Polyethylene : PE) (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 ก.) ดังภาพ 2.9

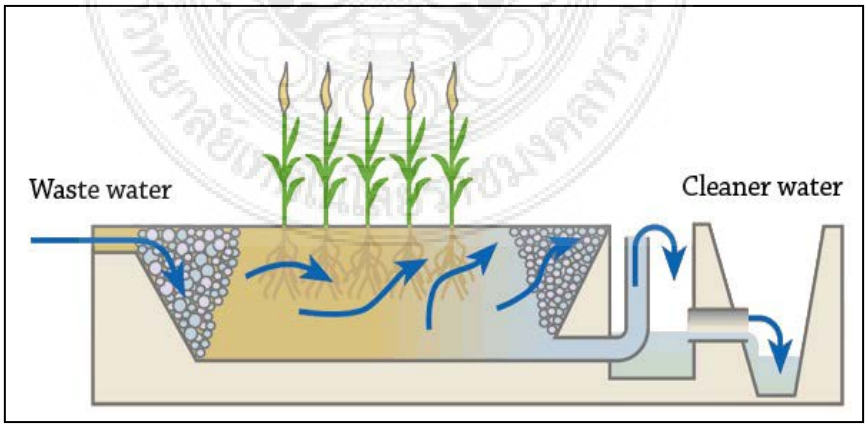


ภาพ 2.9 แสดงบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลบนผิวดิน แบบน้ำตื้นเท่ากันตลอด
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2555)

ข) แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (Subsurface Flow Systems : SFS)

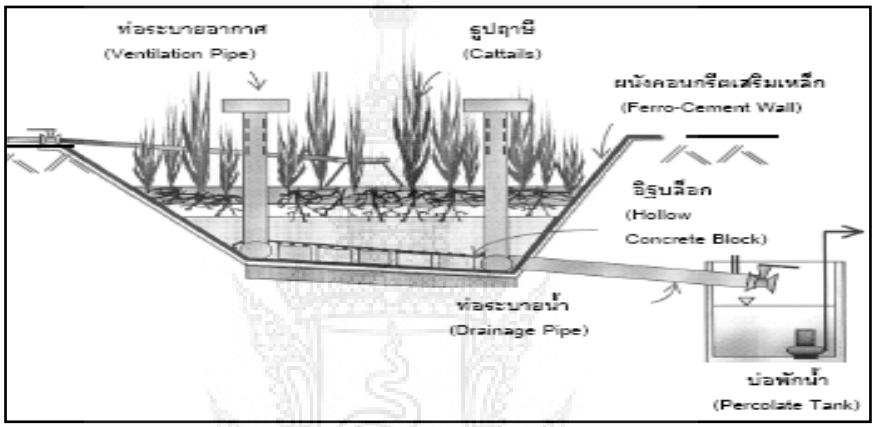
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2549) อธิบายว่า ระบบนี้ประกอบด้วยร่องน้ำยาว ที่มีดิน หินบด หรือกรวด เป็นตัวกลางให้รากพืชยึดเกาะและเจริญเติบโต ความหนาของชั้นตัวกลางประมาณ 60-70 เซนติเมตร ด้านล่างลาดด้วยดินเหนียวหรือวัสดุกันซึม เช่น แผ่นโพลีเอธิลลีน เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำรั่วซึมออกจากบ่อ พืชน้ำที่ใช้ เช่น ธูปฤาษี, กก หรือต้นอ้อ โดยที่บ่อมีความลาดเอียงร้อยละ 1-3 ดังนั้น ระดับน้ำที่ไหลเข้าบึงจะผ่านบริเวณรากพืชทำให้เกิดเป็นกระบวนการบำบัดด้วยการกรอง การดูดซึม การตกตะกอน และการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ และในบริเวณท้ายน้ำจะมีท่อเพื่อทำหน้าที่รวบรวมและรับน้ำออกจากระบบบริเวณใต้ชั้นตัวกรองจะอิ่มตัวด้วยน้ำตลอดเวลาซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic) ขึ้น บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้

1)การไหลตามแนวราบ (Horizontal Subsurface Flow : HSF)ประกอบด้วยบึงที่ปลูกด้วยพืชโผล่พ้นน้ำ ด้านล่างปูด้วยวัสดุกันซึม เช่น แผ่นโพลีเอธิลีน (Polyethylene : PE) ตัวกลางที่ใช้ในระบบอาจเป็นดิน กรวด หรือทราย น้ำเสียจะถูกปล่อยออกจากท่ออย่างช้า ๆ ตามแนวนอนไหลผ่านชั้นหินจนกระทั่งถึงทางน้ำออก ในระหว่างการไหลผ่านชั้นรากพืชจะเกิดขบวนการบำบัดมลสารให้ลดน้อยลงได้โดยขบวนการทางกายภาพ เช่น การปล่อยให้ตกตะกอน และการกรองสารอินทรีย์ทางขบวนการทางชีวภาพ (ภาพ 2.10)



ภาพ 2.10 แสดงบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินแบบไหลตามแนวราบ
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2555)

2) การไหลตามแนวดิ่ง (Vertical Subsurface Flow : VSF) ซึ่งจะประกอบด้วย ชั้นกรวดและปูทับด้วยทราย ปลูกด้วยต้นพืชโผล่พ้นน้ำ โดยน้ำเสียจะค่อย ๆ ไหลในแนวดิ่งลงสู่พื้นของระบบบึงประดิษฐ์ และที่ก้นบึงจะเป็นที่กักเก็บน้ำ เป็นการเติมออกซิเจนไปสู่พื้นของระบบ ดังแสดงในภาพ 2.11 ในช่วงน้ำแห้งอากาศจะแทรกเข้าสู่รูพรุนของดิน และเมื่อทำการสูบน้ำเข้า อากาศจะถูกผลักดันออกจากรูพรุนของตัวกลาง ทำให้น้ำเสียที่ถูกปล่อยเข้าสู่ระบบซึ่งจะได้รับปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2549)



ภาพ 2.11 แสดงบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน แบบไหลตามแนวดิ่ง

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (2546 ข.)

2.4.1.2 องค์ประกอบของระบบบึงประดิษฐ์

ก) ชนิดพันธุ์พืช

สุชาดา ศรีเพ็ญ (2530) กล่าวว่า ชนิดพันธุ์พืชที่ใช้ในระบบบึงประดิษฐ์ แบ่งเป็นประเภท ได้ดังนี้

1) พืชใต้น้ำ (Submerged Plant) เป็นจำพวกที่มีการเจริญเติบโตใต้น้ำทั้งหมด โดยอาจมีรากยึดเกาะกับพื้นใต้น้ำหรือไม่ยึดเกาะก็ได้ บางชนิดรากยึดเกาะกับพื้นดินใต้น้ำ ส่วนลำต้นและใบเจริญอยู่ใต้ระดับน้ำ บางครั้งพืชพวกนี้จะส่งดอกขึ้นมาเจริญที่ผิวน้ำหรือเหนือน้ำ และเมื่อเป็นผลแล้วบางอย่างเจริญที่ผิวน้ำหรือใต้ดิน เช่น สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายพุงชะโด เป็นต้น

2) พืชโผล่พ้นน้ำ (Emerged Plants) เป็นพวกที่มีการเจริญเติบโตอยู่ใต้น้ำบางส่วนและเหนือน้ำบางส่วน โดยที่มีรากหรือทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดินใต้น้ำแล้วส่งส่วนใบและดอกขึ้นมาเจริญเหนือน้ำ เช่น บัวต่าง ๆ กกบางชนิด ต้นเทียนนา ธูปฤาษี เป็นต้น

3) พืชลอยน้ำ (Floating Plants) เป็นพวกที่เจริญลอยอยู่ในระดับน้ำโดยมีรากห้อยลอยอยู่ในน้ำ ส่วนต้น ใบ และดอก เจริญที่เหนือน้ำ พรรณไม้น้ำประเภทนี้บางอย่างถ้าน้ำตื้น รากจะหยั่งพื้นดินใต้น้ำก็ได้ พืชลอยน้ำส่วนใหญ่มักจะมีส่วนหนึ่งส่วนใดเปลี่ยนไปเป็นทุ่นเพื่อพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้ เช่น ผักตบชวา ผักบุ้ง เป็นต้น

4) พืชชายน้ำ (Marginal Plants) มักขึ้นอยู่ตามชายน้ำ ริมตลิ่งชายคลอง หนองน้ำ หรือทะเลสาบ มีรากหรือรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดิน ส่งบางส่วนของต้น ใบ และดอกเหนือน้ำ พืชน้ำประเภทนี้ใกล้เคียงกับพืชพวกโผล่เหนือน้ำ เช่น ต้นผักตบไทย ต้นโสน และกก

ข) ระดับน้ำ (Water Level)

ในการดูแลรักษาระบบพืชน้ำในน้ำเสียระบบบึงประดิษฐ์ ต้องมีการรักษาระดับน้ำที่ปล่อยเข้าสู่ระบบ เพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตและมีประสิทธิภาพในการบำบัด ตัวอย่างคือ ธูปฤาษี ที่เจริญเติบโตได้ดีในชั้นดินที่อยู่ใต้น้ำและมีระดับน้ำลึกประมาณ 15 เซนติเมตร หรือกกที่มีการเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่ลึกประมาณ 1.5-5.5 เซนติเมตร เป็นต้น (Reed, Middlebrooks and Crites, 1995) ระดับความลึกของน้ำที่มากที่สุดควรเป็น 10 เซนติเมตร ในช่วงอากาศอบอุ่น (ฤดูร้อน) และระดับความลึกของน้ำน้อยกว่า 45 เซนติเมตร ในช่วงหนาว ระดับความลึกของน้ำควรจะมีการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสม

ค) ชั้นดิน (Substrata)

ในน้ำเสียระบบบึงประดิษฐ์ ชั้นดินที่ประกอบด้วยดิน ทราย และกรวด เป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโผล่เหนือน้ำ (Emergent Plant) และยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดยึดติดที่อยู่ใต้น้ำด้วย (ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์, 2540)

ง) การถ่ายทอดออกซิเจน (Oxygen Transfer)

พืชโผล่เหนือน้ำในน้ำเสียระบบบึงประดิษฐ์มีความสามารถในการดูดซึมออกซิเจนจากอากาศ โดยผ่านทางใบ ลำต้นส่วนที่อยู่เหนือผิวน้ำ และราก (Cooper and Boon, 1987)

จ) จุลินทรีย์ (Microbial Organism)

จุลินทรีย์ในน้ำเสียระบบบึงประดิษฐ์มีหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย โปรโตซัว สาหร่าย เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่ที่พบปนเปื้อนในน้ำเสียมักจะเป็นแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียสามารถแบ่งได้ 2 ชนิดหลัก ดังนี้

1) ชนิดแขวนลอย (Suspened Bacteria) คือ แบคทีเรียที่เจริญเติบโตและอาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำของระบบบึงประดิษฐ์เป็นแบคทีเรียที่ต้องใช้ออกซิเจนในการดำรงชีพ

2) ชนิดยึดติด (Attached-growth Bacteria) คือแบคทีเรียที่เจริญเติบโตโดยยึดติดกับพื้นผิวของส่วนที่อยู่ใต้น้ำของพืช เช่น ราก ลำต้น และซากพืช หิน ดิน หรือชั้นตะกอนที่อยู่ล่างสุด (Rogers *et al.,*1985)

ฉ) ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ (Hydraulic Retention Time : HRT)

สามารถคำนวณหาค่าระยะเวลากักพักชลศาสตร์และอัตราการไหลได้จาก (Reed. *et al*., 1996)

$$Q = LWdn/t$$

โดยที่ Q = อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำ (ลูกบาศก์เมตร/วัน)

L = ความยาวของบ่อ (เมตร)

W = ความกว้างของบ่อ (เมตร)

d = ความลึกของน้ำ (เมตร)

n = ค่าคงที่แสดงช่องว่างภายในบ่อ (= 0.75 สำหรับระบบน้ำไหลพื้นที่ผิว)

t = ระยะเวลากักพักน้ำ (วัน)

ระยะเวลากักพักชลศาสตร์นั้นจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัด ซึ่งระยะเวลากักพักชลศาสตร์ จะแตกต่างกันไปตามสภาพของบ่อบำบัด ชนิดของพืช หรือสารที่ต้องการบำบัด จากการศึกษาของรุจิรัชต์ มันตาพันธ์ (2537) ที่ใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาแล้วจากที่ลุ่มน้ำขังธรรมชาติจำนวน 2 บ่อ และมากักพักในบ่อทดลองที่ปลูกกกจันทบูรณ์ เป็นเวลา 1 วัน พบว่า สามารถลดค่าบีโอดี ได้เฉลี่ยร้อยละ 67.11 และลดไนเตรทได้เฉลี่ยร้อยละ 68 นอกจากนี้ ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ ในช่วง 3-9 วัน ยังเหมาะสำหรับการกำจัดไนโตรเจนและแอมโมเนีย มนต์ชัย จันทร์ศิริ (2548) กล่าวว่าประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของหญ้าแฝกที่ปลูกด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ เมื่อใช้ระยะเวลากักพักชลศาสตร์และความเข้มข้นของน้ำเสียต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อใช้ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด

ช) ความหนาแน่นของพืช

การปลูกพืชแบบหนาแน่นทำให้น้ำมีโอกาสขุ่นน้อย เนื่องจากพืชเป็นตัวช่วยลดผลกระทบจากกระแสลมที่มีต่อน้ำ ทำให้ไม่เกิดการกวนของน้ำ น้ำจึงใสขึ้น Rogers *et al*., (1985) กล่าวว่า ความหนาแน่นของพืชอย่างน้อยควรเป็น 5-10 rhizomes/m^2 จากการศึกษาของจิตติมา เชื้อกูล (2547) ที่ใช้ต้นพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสีย โดยปลูกต้นพุทธรักษา

จำนวน 15 x 20 เซนติเมตร พบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอย ประมาณร้อยละ 74.19

2.4.1.3 กลไกการบำบัดน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์

กลไกการบำบัดน้ำเสียมีทั้งแบบกายภาพ เคมี และชีวภาพ หลักการทำงาน คือ แบคทีเรียจะย่อยสลายสารอาหารในน้ำ และสารแขวนลอยในน้ำจะเกิดตะกอนทางกายภาพ (Physical Sedimentaion) เช่นเดียวกับตะกอนเร่ง (Activated Sludge) และระบบโปรยกรอง (Trickling Filer) พืชน้ำจะมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้โดยตัวมันเองใช้สารอาหารต่าง ๆ ในน้ำเพื่อการเจริญเติบโต แต่ระบบการใช้พืชน้ำก็มีข้อแตกต่างจากระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) คือ น้ำเสียจะถูกบำบัดอย่างรวดเร็วด้วยเครื่องมือและการจัดการขั้นสูง ในขณะที่ระบบพืชน้ำจะบำบัดน้ำเสียอย่างช้า ๆ ภายใต้การจัดการอย่างมีประสิทธิภาพของระบบธรรมชาติ จากการพัฒนาการบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชของ The Max Planck Institute of West Germany โดยการใช้ Reeds และ Bulrushes บำบัดน้ำเสีย พบว่าวิธีการบำบัดน้ำเสียของพืชเริ่มจากการแผ่รากเข้าไปในชั้นกรวด เมื่อน้ำเสียไหลผ่านระบบ อนุภาคของแข็งจะตกตะกอนลงบนพื้น สารอินทรีย์ และอนินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำจะถูกดูดซับโดยพืชทั้งทางใบ ลำต้นและราก หรือถูกย่อยสลาย โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในชั้นกรวด ออกซิเจนจะถูกลำเลียงจากต้นพืชจากรากสู่ดินเพื่อช่วยในการทำงานของจุลินทรีย์ ส่วนการสะสมของเศษตะกอนซากพืชนั้นจะพบอยู่ในชั้นดิน เมื่อพืชงอกรากใหม่ และพบว่าอัตราการเกิดใหม่ของเศษตะกอนนั้นเป็นไปอย่างช้า ๆ (The Max Planck Institute of West Germany, 1976) ซึ่งตรงกับรายงานของ Donald and Hammer, 1993 ว่าอัตราการสะสมของซากพืชที่เปื่อยสะสมจนเป็นชั้นตะกอน 2-3 เซนติเมตรต่อปี โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียลดลง หลักการทำงานของพืชน้ำใน การบำบัดน้ำเสีย กลไกการบำบัดน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์แสดงดังตาราง 2.5

ตาราง 2.5 กลไกการบำบัดน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์

องค์ประกอบในน้ำเสีย	**กลไกการบำบัด**
ของแข็งแขวนลอย	- การตกตะกอน - การกรอง
บีโอดี	- การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ - การตกตะกอน
ไนโตรเจน	- ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันโดยจุลชีพ - พืชนำไปใช้ - การระเหยของแอมโมเนีย

ฟอสฟอรัส	- ดูดซับโดยดิน (ปฏิกิริยาการดูดซับ-ตกตะกอนโดยอะลูมิเนียม เหล็กและแร่ธาตุต่าง ๆ ในดิน) - พืชนำไปใช้
เชื้อโรค	- การตกตะกอน - การกรอง - การตายตามธรรมชาติ - รังสี UV - โดยสารปฏิชีวนะจากการพืช

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (2546 ข.)

2.4.1.4 ข้อดีและข้อเสียของระบบบึงประดิษฐ์

การใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียมีข้อดี คือ สามารถปรับเปลี่ยนพื้นที่ที่จะใช้สร้างระบบบึงประดิษฐ์ได้ง่าย การทดสอบการทำงานเบื้องต้นของระบบไม่ยุ่งยาก การควบคุมและบำรุงรักษาระบบทำได้ง่าย ระบบมีเสถียรภาพแม้ว่าสภาวะแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลงไป ค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแลระบบค่อนข้างต่ำ โดยระบบบึงประดิษฐ์จะทำให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศและสภาพแวดล้อม เป็นที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารของสัตว์และนกชนิดต่าง ๆ เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจและแหล่งศึกษาทางธรรมชาติ เป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพได้ และระบบบึงประดิษฐ์ยังสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ด้วยการตกตะกอนโดยพืช และการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจน

พืชน้ำชนิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในระบบบึงประดิษฐ์ นอกจากมีวัตถุประสงค์เพื่อการบำบัดน้ำเสีย และเพื่อให้เกิดความสวยงามแก่สถานที่แล้ว เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นจนต้องเก็บเกี่ยวออก สามารถนำพืชเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้อีก เช่น การใช้ทำปุ๋ยหมัก เนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมี เช่น ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และใช้เป็นวัตถุคลุมดินได้ (สุภาพร จันทร์รุ่งเรือง และ เมธี มณีวรรณ, 2537)

ระบบบึงประดิษฐ์มีข้อเสียในการใช้ คือ ระบบรับน้ำเสียหรือสารมลพิษที่ไหลเข้าสู่ระบบเพิ่มขึ้นในปริมาณมากกว่าปกติอย่างกะทันหันไม่ได้มาก และระบบบำบัดจะขึ้นกับสภาวะอากาศ จึงทำให้มีประสิทธิภาพไม่คงที่ ถ้าอากาศหนาวจะมีโอกาสที่ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง แล้วยังต้องการพื้นที่มากกว่าในการก่อสร้างระบบ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียชนิดอื่น ๆ ทั่วไป นอกจากนี้ปัญหาที่เกิดจากระบบคืออาจเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุง (กรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2546 ก.)

2.4.2 เทคนิคแท่นลอยน้ำที่ใช้ปลูกหญ้าแฝก

การปลูกหญ้าแฝกด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ หมายถึง การปลูกหญ้าแฝกในลักษณะลอยอยู่เหนือผิวน้ำ โดยใช้วัสดุลอยน้ำเป็นโครงและใช้ตะแกรงหรือตาข่ายที่มีรู ในการพยุงหญ้าแฝก ส่วนของรากจะจมอยู่ใต้ผิวน้ำ (ธนูชัย กองแก้ว, 2549)

2.5 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย

อุไรวรรณ อินทร์ม่วง (2545) อธิบายว่า น้ำหรือของเหลวที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในปริมาณสูง จนกระทั่งเป็นน้ำที่ไม่ต้องการและน่ารังเกียจสำหรับคนทั่วไป ทั้งยังเป็นมลพิษทางทัศนียภาพและก่อให้เกิดผลเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีวิธีตรวจวัดน้ำเสีย 3 วิธี คือ สังเกตลักษณะทางกายภาพ ตรวจวัดทางชีวภาพ และตรวจวัดทางเคมี

ลักษณะทางกายภาพ คือ ดูด้วยตาเปล่า หรือตรวจวัดอย่างง่าย เช่น ความขุ่น อุณหภูมิ สี เป็นต้น

ลักษณะทางชีวภาพ คือ การตรวจวัดจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ เป็นต้น

ลักษณะทางเคมี คือ ความเป็นกรด-ด่าง (pH), โลหะหนัก, ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD), ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS), ค่าไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN), ค่าฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP) เป็นต้น

ดังนั้น วิธีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ การตรวจวัดทางเคมี มีดังนี้

1) วิเคราะห์ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)
2) วิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS)
3) วิเคราะห์ค่าไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN)
4) วิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP)

2.5.1 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

2.5.1.1 หลักการตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดี

บีโอดีเป็นค่าที่บอกถึงความสกปรกของน้ำในรูปของสารอินทรีย์ โดยวัดในรูปของความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในภาวะที่มีออกซิเจนอิสระ ถ้าน้ำมีสารอินทรีย์มาก ความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ก็จะมากตามไปด้วย

การหาค่าบีโอดี จะใช้อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ค่าบีโอดีที่ใช้หาค่าความต้องการออกซิเจน

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ที่ใช้เป็นมาตรฐานจะใช้ค่าบีโอดีที่ 5 วัน (5 days BOD : BOD_5) ค่าบีโอดี ที่ 5 วัน นำมาใช้ประโยชน์ดังนี้

- นำมาใช้ในการคำนวณ ภาระสารอินทรีย์ (Organic Loading) สำหรับการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Treatment)

- เป็นค่าที่ใช้บอกถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ เป็นประโยชน์ในการควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย

- เป็นค่าที่ใช้ในการควบคุมการระบายน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อควบคุมอัตราการรับภาระสารอินทรีย์ของแหล่งน้ำธรรมชาติ ให้มีออกซิเจนละลายน้ำเหลืออยู่ในระดับที่สิ่งมีชีวิตในน้ำสามารถอาศัยอยู่ได้

2.5.1.2 วิธีการตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดี

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดี ที่ 5 วัน (BOD_5) โดยวิธี Azide Modification วิธีการวิเคราะห์ โดยทำให้เจือจาง (Dilution Method) ใช้ในกรณี ที่น้ำตัวอย่าง มีความสกปรกสูง มีค่าบีโอดีมากกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร จำเป็นจะต้องทำให้ตัวอย่างน้ำมีความสกปรกเจือจางลง โดยใช้น้ำผสมเจือจาง (Dilution Water) ทำการเจือจางตัวอย่างน้ำอย่างน้อย 2 ความเข้มข้น จากนั้นหาค่าออกซิเจนละลายน้ำในวันเริ่มต้น (DO_0) กับค่าออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างเดียวกัน ภายหลังจากบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน (DO_5)

การหาค่า BOD_5 คือ การหาผลต่างของค่าออกซิเจนละลายน้ำในวันเริ่มต้น (DO_0) กับค่าออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างเดียวกัน ภายหลังจากบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน (DO_5) ดังนั้น $BOD_5 = DO_0 - DO_5$ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

2.5.2 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)

2.5.2.1 หลักการตรวจวิเคราะห์ค่าของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) คือ ของแข็งที่มีขนาดเล็ก สามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ หรือปริมาณสารทั้งหมดในน้ำ ที่เหลืออยู่เป็นตะกอน ภายหลังจาก ที่ผ่านการระเหยด้วยไอน้ำ และทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส

2.5.2.2 วิธีการตรวจวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอย วิเคราะห์ โดยวิธีอบให้แห้ง เริ่มต้นจากการนำกระดาษกรองที่กรองน้ำแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 103-150 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เก็บไว้ให้เย็นใน เดสิคเคเตอร์ชั่งน้ำหนักของแข็งแขวนลอย โดยใช้เครื่องชั่งละเอียด มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

2.5.3 ไนโตรเจน (Total Kjelcahl Nitrogen : TKN)

2.5.3.1 หลักการตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจน

ไนโตรเจนในแหล่งน้ำธรรมชาติ มีสาเหตุจากการปนเปื้อนของน้ำเสีย จากครัวเรือน น้ำเสียจากอุตสาหกรรม และน้ำเสียจากการเกษตร โดยไนโตรเจนในรูปสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีนจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรต์และไนเตรท ตามลำดับ

2.5.3.2 วิธีการตรวจวิเคราะห์ค่าไนโตรเจน (Total Kjedahl Nitrogen : TKN)

วิธีการตรวจวิเคราะห์ใช้วิธี เจลดาห์ล (Macro Kjeldahl) เป็นการทำให้สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนถูกเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอ คือ แอมโมเนีย ด้วยการย่อยและการกลั่น หลังจากนั้นจึงใช้เทคนิคของการไตเตรท วิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย ซึ่งอยู่ในรูปของสารประกอบแอมโมเนีย ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นค่ารวมของไนโตรเจนในรูปสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนีย มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

2.5.4 ฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP)

2.5.4.1 หลักการตรวจวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสที่อยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือในระบบบำบัดน้ำเสียที่อยู่ในรูปโพลิฟอสเฟตและสารอินทรีย์ฟอสฟอรัส จะถูกเปลี่ยนรูปให้เป็นออโธฟอสเฟต ดังนั้น จึงพบฟอสฟอรัสในรูปออโธฟอสเฟตในปริมาณที่สูงกว่าฟอสฟอรัสในรูปอื่น ๆ การวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลาย จะต้องนำฟอสฟอรัสในสารละลายมาทำปฏิกิริยาให้เกิดเป็นสารดูดกลืนแสงก่อน แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-VIS Spectrophotometer)

2.5.4.2 วิธีการตรวจวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัส

วิเคราะห์โดยการนำน้ำตัวอย่างไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบแอมโมเนีย Ammonium Molybdate เพื่อจะทำให้ฟอสฟอรัสเปลี่ยนสภาพกลายเป็นสารประกอบ Ammonium Phosphomolybdate จากนั้นรีดิวซ์สารประกอบเชิงซ้อนนี้ด้วย Ascobic Acid เพื่อให้ได้สารประกอบ Molybdenum Blue จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 880 มิลลิเมตร โดยปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างน้ำ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปงานวิจัยออกเป็น 2 ด้านใหญ่ ๆ ดังนี้

2.6.1 ผลของระยะเวลากักเก็บในการบำบัดน้ำเสีย

จิติมา เชื้อกูล (2547) ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยพุทธรักษา (*Cana Siamensis*) ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น ซึ่งจะมีค่า บีโอดี ทีเคเอ็น และฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 6.6-8.2, 1.04-2.18 และ 0.28-0.60 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยปล่อยน้ำเสียเข้าชุดทดลองแบบต่อเนื่อง ใช้ระยะเวลากักเก็บ 3, 5 และ 7 วัน ใช้ความหนาแน่นของพุทธรักษา 25 ต้น/ลูกบาศก์เมตร พบว่า ชุดทดลองมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี ทีเคเอ็น และฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด เท่ากับร้อยละ 46.79, 82.26 และ 75.53 ตามลำดับ

Konghorod, *et al*. (2002) ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียขั้นตติยภูมิด้วยธรรมรักษา (*Heliconia psittacorum* x *H. spathocorcinata*) ในพื้นที่ชุ่มน้ำสร้างขึ้นแบบไหลใต้ผิวดิน ซึ่งมีค่าทีเคเอ็นและฟอสฟอรัสทั้งหมด 2, 5 และ 13 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยปล่อยน้ำเสียเข้าชุดทดลองแบบต่อเนื่อง ใช้ระยะเวลากักเก็บ 2, 5 และ 10 วัน ใช้ความหนาแน่นของธรรมรักษา 50 ต้น/ตารางเมตร พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นและฟอสฟอรัสทั้งหมด อยู่ในช่วงร้อยละ 21.74-72.29 และ 26.53-47.79 ตามลำดับ โดยเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 10 วัน มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดในทุกพารามิเตอร์

Nakamaura, *et al*. (2002) สำรวจพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นในประเทศญี่ปุ่นจำนวน 9 แห่ง และรวบรวมผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละแห่ง พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดธาตุอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) มีค่าสูงขึ้น เมื่อระยะเวลากักเก็บนานขึ้น

Masbough, *et al*. (2005) ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะ (Leachate) ของฏูปฤาษี ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น ซึ่งมีค่าบีโอดี เท่ากับ 1,702 และ 3,221 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยปล่อยน้ำเสียเข้าชุดทดลองแบบต่อเนื่อง ใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ใช้ระดับน้ำสูง 40 เซนติเมตรจากผิวดินพบว่า ชุดทดลองสามารถบำบัดบีโอดีและซีโอดีได้ร้อยละ 60 และ 50 ตามลำดับ

Chen, *et al*., (2006) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้เลา (*Phragmites communis*) ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบน้ำใต้ผิวดิน ซึ่งมีค่าซีโอดี บีโอดี แอมโมเนียไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 170, 80, 32 และ 69 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยปล่อยน้ำเสียเข้าชุดทดลองแบบต่อเนื่อง ใช้ระยะเวลากักเก็บ 3, 5 และ 7 วัน พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดพารามิเตอร์ดังกล่าวสูงสุดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 69, 94, 75 และ 49 ตามลำดับ

2.6.2 ศักยภาพและประสิทธิภาพของหญ้าแฝกในการบำบัดน้ำเสีย

มนพ รุ่งสุข (2538) ศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่ม 4 กลุ่มพันธุ์ คือ กลุ่มพันธุ์บราซิล ราชบุรี ศรีลังกา อินโดนีเซีย และอินเดีย ที่ปลูกในแปลงทดลองรดด้วยน้ำเสียจากชุมชน ซึ่งมีค่าทีเคเอ็นฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 35.64, 9.01, 94.14, 118.97 และ 535.53 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองหญ้าแฝกมีการสะสมธาตุอาหารและมีมวลชีวภาพสูงขึ้น โดยหญ้าแฝกหอมกลุ่มพันธุ์อินเดีย มีมวลชีวภาพของต้นสูงที่สุดและกลุ่มพันธุ์ศรีลังกา มีมวลชีวภาพของรากสูงที่สุด ดังนั้นจากการทดลองครั้งนี้บ่งชี้ได้ว่าหญ้าแฝกสามมารถนำมาใช้เพื่อการบำบัดน้ำเสียได้

ธนียา เจติยานุกรกุล (2539) ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้หญ้าแฝกในการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้หญ้าแฝก 5 กลุ่มพันธุ์ คือ หญ้าแฝกลุ่ม กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี อินโดนีเซีย ศรีลังกาและบราซิล และหญ้าแฝกดอน กลุ่มพันธุ์ราชบุรี ซึ่งปลูกในกระถางและรดด้วยน้ำเสียจากชุมชนซึ่งมีค่าทีเคเอ็น ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 23.1, 3.9, 12.9, 45.6 และ 118.8 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ พบว่า หญ้าแฝกสามารถสะสมธาตุอาหารในต้นสูงกว่ารากโดยต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์บราซิลมีปริมาณไนโตรเจน โพแทสเซียม และแมกนีเซียมสูงสุด ขณะที่กลุ่มพันธุ์อินโดนีเซียมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด ซึ่งผลการทดลองบ่งชี้ว่าหญ้าแฝกมีศักยภาพในการบำบัดน้ำเสีย

วงศ์พงา เส็งสาย (2544) ศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกลุ่มกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียขั้นสุดท้ายจากโรงงานฟอกหนังในพื้นที่ชุมน้ำที่สร้างขึ้นแบบน้ำไหลบนผิวดิน โดยศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมที่ระดับความลึกของน้ำเสีย 0.10, 0.15 และ 0.20 เมตร พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมสูงกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมสูงสุดที่ดับความลึกของน้ำเสีย 0.10 เมตร โดยหญ้าแฝกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในน้ำเสียระดับความลึก 0.10 เมตร มีประสิทธิภาพบำบัดโครเมียมสูงสุดร้อยละ 89.29 รองลงมาคือ หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในน้ำเสียระดับความลึก 0.10 เมตร ร้อยละ 86.30

มงคล ต๊ะอุ่น และคณะ (2545) ศึกษาศักยภาพของหญ้าแฝกลุ่มสายพันธุ์สงขลา 3 ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน ซึ่งมีค่าบีโอดี อยู่ในช่วง 113-126 มิลลิกรัม/ลิตร โดยปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ชุดทดลองให้มีระดับความลึก 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 15 เซนติเมตรจากผิวดิน เมื่อใช้ระยะทางการไหลของน้ำเสีย 3 ระยะ คือ 3, 6 และ 9 เมตร พบว่า หญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำเสียระดับความลึก 5 เซนติเมตร เมื่อใช้ระยะทางการไหลของน้ำเสีย 9 เมตร สามารถบำบัดบีโอดีให้มีค่าต่ำที่สุด คือ 2.03 มิลลิกกรัม/ลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้หญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำเสียระดับความลึก 5 เซนติเมตร

เมื่อใช้ระยะทางการไหลของน้ำเสีย 3 เมตร มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด และการเจริญเติบโตมีแนวโน้มต่ำลง เมื่อระดับความลึกและระยะทางการไหลของน้ำเสียเพิ่มขึ้น

ปิยวรรณ โภชนพันธ์ (2546) ศึกษาประสิทธิภาพการใช้หญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโต สุราษฎร์ธานี และสงขลา 3 บำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีค่าบีโอดี ทีเคเอ็น และฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 21.60-28.15, 17.09-18.30 และ 3.912-7.572 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยปลูกหญ้าแฝกในบ่อคอนกรีตที่ใส่ทรายหยาบรองพื้นหนา 15 เซนติเมตร แล้วปล่อยน้ำเสียเข้าสู่บ่อสูง 25 เซนติเมตรจากระดับผิวทรายนาน 2 สัปดาห์แล้วปล่อยให้แห้งอีก 2 วันจึงเติมน้ำเสียเข้าบ่อใหม่ พบว่า หญ้าแฝกสายพันธุ์มอนโตมีประสิทธิภาพในการบำบัดทีเคเอ็นและฟอสฟอรัสสูงที่สุด คือร้อยละ 64.36 และ 83.09 ตามลำดับ

สำหรับการศึกษาในต่างประเทศ Hanping, *et al*. (1997) ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะที่รวบรวมจากพื้นที่ฝังกลบเมืองกวางเจา ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนของหญ้าแฝกลุ่ม ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) หญ้า Bania (*Potatum notatum*) และผักเป็ดน้ำ (*Allernanthera philoxeroides*) ที่ใช้เทคนิคการปลูกพืชในน้ำ โดยการปลูกพืชในน้ำชะที่มีความเข้มข้นต่างกันสองระดับ คือ น้ำชะความเข้มข้นสูง (High Concentrated Leachate : HCL) ซึ่งมีค่าซีโอดี ทีเคเอ็น แอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 1.00, 120.10, 1.00, 125.00, 313.70, 293.80, 0.55 และ 4.43 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ พบว่าหญ้าแฝกลุ่มและผักเป็ดน้ำเป็นพืชที่ทนทานเหมาะสมในการบำบัดชะ โดยหญ้าแฝกลุ่มมีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี ทีเคเอ็น แอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงกว่าผักเป็ดน้ำใน HCL โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 69.0, 79.4, 74.6, 36.4 และ 70.0 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี และฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงกว่าผักเป็ดน้ำใน Low Concentrated Leaclate : LCL โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 61.9 และ 65 ตามลำดับ

Zheng, *et al*. (1997) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้หญ้าแฝกที่ปลูกบนแท่นลอยน้ำในการแก้ไขปัญหาการเกิดยูโทรฟิเคชัน โดยทดลองในน้ำ 3 ประเภท คือ น้ำจากแม่น้ำที่เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากหอพัก น้ำจากสระ และน้ำประปา (Tap Water) ซึ่งมีค่าทีเคเอ็นเท่ากับ 13.8, 0.7 และ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และมีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 1.03, 0.01 และ 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ พบว่า หญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทั้ง 3 ประเภท มีการเจริญเติบโตได้ดี โดยหญ้าแฝกที่ปลูกในแม่น้ำที่รองรับน้ำทิ้ง มีการแตกกอสูงสุด รองลงมา คือ หญ้าแฝกที่ปลูกในสระน้ำและน้ำประปา ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นและฟอสฟอรัสทั้งหมดของหญ้าแฝกที่ปลูกในแม่น้ำที่รองรับน้ำทิ้งจากหอพัก ภายหลังการปลูก 1 สัปดาห์ มีค่าร้อยละ 34.1 และ 68.1 ตามลำดับ และภายหลังการปลูก 3 สัปดาห์ มีค่าสูงขึ้นเป็นร้อยละ 74 และ 99 ตามลำดับ

Institute of Soil Science. Nanjing, China (1997) ศึกษาเบื้องต้นในการปลูกหญ้าแฝกโดยใช้เทคนิคแท่นลอยน้ำพบว่า หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตได้ดี และสามารถลดธาตุอาหารในแหล่งน้ำได้

Truong and Hart, (2001) ศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยใช้น้ำ (Hydroponic System) เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียที่มาจากที่พักอาศัยในประเทศออสเตรเลีย ซึ่งประกอบด้วยน้ำจากถังบ่อเกรอะ ห้องครัว และห้องอาบน้ำ ทดลองโดยปลูกหญ้าแฝกบนแท่นลอยน้ำในถังพลาสติกที่บรรจุน้ำเสีย 20 ลิตร พบว่า ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกในการบำบัดทีเคเอ็น ซึ่งมีค่าเริ่มต้น เท่ากับ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ฟอสฟอรัสทั้งหมด ซึ่งมีค่าเริ่มต้น เท่ากับ 10 มิลลิกรัม/ลิตร แบคทีเรียกลุ่มฟีคัล (Faecal Coliforms) ซึ่งมีค่าเริ่มต้นสูงกว่า 1,600 MPN/100 มิลลิลิตร และ *Escherichaia coli (E. coil)* ซึ่งมีค่าเริ่มต้นสูงกว่า 1,600 MNP/100 มิลลิลิตร เท่ากับร้อยละ 94, 90, 44 และ91 ตามลำดับ

Liao, *et al*. (2003) ศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกลุ่มในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร ทดลองโดยปลูกพืชในชุดทดลองขนาด 50 x 38.8 x 23 เซนติเมตร ซึ่งบรรจุน้ำเสีย 36 ลิตร ซึ่งมีค่าซีโอดี บีโอดี แอมโมเนีย และฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 825, 500, 130 และ 23 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ เมื่อใช้ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 4 วัน พบว่า หญ้าแฝกมีประสิทธิภาพการบำบัดพารามิเตอร์ดังกล่าวร้อยละ 64.40, 68.66, 19.98 และ 26.92 ตามลำดับ

Kong, *et al*. (2003) ศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกลุ่มในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) เท่ากับ 33.0, 13.0, 0.074 และ 0.878 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยการปลูกหญ้าแฝกให้ลอยบนแพไม้ไผ่ขนาด 100 x 150 เซนติเมตร ซึ่งได้พบว่าหญ้าแฝกมีประสิทธิภาพในการบำบัดธาตุอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) และโลหะหนักได้ดี โดยสามารถบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้สูงกว่าร้อยละ 60 และ 59 ตามลำดับ และสามารถบำบัดทองแดงและสังกะสีได้สูงกว่าร้อยละ 92

นิสิต จงศุภวิศาลกิจ (2553) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกลุ่มสายพันธุ์สงขลา 3 ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ยังไม่ผ่านการบำบัด ในพื้นที่เทศบาลพนมทวน อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี ในการบำบัดค่า บีโอดี ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน โดยนำน้ำเสียเข้าระบบบึงประดิษฐ์จำลองแบบน้ำไหลเหนือผิวดินที่มีหญ้าแฝกปลูกอยู่ ทำการบำบัดในรอบหมุนเวียนที่ 1 จนครบ 12 สัปดาห์ แล้วทำการตัดลำต้นของหญ้าแฝกให้เหลือความยาว 20 เซนติเมตร แล้วบำบัดในรอบหมุนเวียนที่ 2 ต่อ จนครบ 12 สัปดาห์ ทดสอบสมมติฐาน โดยใช้ One – Way ANOVA (Multiple Comparison : LSD test) พบว่า หญ้าแฝกในรอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 2 มี

ประสิทธิภาพในการบำบัด บีโอดี ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน คือร้อยละ 98.63, 52.94 และ 72.73 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัด บีโอดี ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ในรอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 1 อยู่ที่ร้อยละ 87.87, 46.67 และ 66.67 ตามลำดับ และเมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด บีโอดี ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ของหญ้าแฝกในรอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 1 และรอบหมุนเวียนการบำบัดที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชน จึงควรมีการนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในชุมชนที่มาจากครัวเรือน หรือแหล่งอื่น ๆ ต่อไป

หญ้าแฝกจึงเป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญในการช่วยลดธาตุอาหารในแหล่งน้ำ ซึ่ง Chomchalow (2003) เสนอแนะว่าในการลดปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำด้วยหญ้าแฝกนั้นสามารถทำได้โดยปลูกหญ้าแฝกบริเวณต้นน้ำหรือบริเวณส่วนที่ตื้น ซึ่งมีการไหลของธาตุอาหารเข้ามาในปริมาณสูง หรือ ปลูกหญ้าแฝกบนแท่นลอยน้ำ ซึ่งวิธีนี้จะสะดวกต่อการเก็บเกี่ยวส่วนยอดเพื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์ หรือใช้คลุมดินได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) การเคหะแห่งชาติ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ระบบบำบัด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาศึกษา ผนวกกับกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติระบบบึงประดิษฐ์แบบปลูกพืชด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ โดยการตรวจวิเคราะห์เพื่อหาค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD), ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS), ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN) และฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP) ในน้ำเสียชุมชนให้ได้คุณภาพน้ำที่ดีขึ้นก่อนปล่อยลงสู่แหล่งธรรมชาติ

3.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์สำหรับภาคสนาม

3.2.1.1 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับสร้างบึงประดิษฐ์ เช่น อิฐบล็อก ทราย ปูน ท่อ PVC วาล์วปิด-เปิด พลาสติกคลุมบ่อ เป็นต้น

3.2.1.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับสร้างแท่นลอยน้ำ เช่น แผ่นโฟมที่มีขนาด 60 x 120 เซนติเมตร ไม้บรรทัด ตลับเมตร คัตเตอร์ วงเวียน เป็นต้น

3.2.1.3 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ เช่น ขวดพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ขนาด 1,500 มิลลิลิตร กระติกน้ำแข็ง เป็นต้น

3.2.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ สำหรับห้องปฏิบัติการ

3.2.2.1 สารเคมี

3.2.2.2 วัสดุ และอุปกรณ์ เช่น อุปกรณ์□ชุดกรอง กระดาษกรองใยแก้ว กระบอกตวง (Cylinder) คีมหนีบ (Forceps) กระดาษอลูมิเนียม เครื่องแก้วต่าง ๆ เป็□นต้น

3.2.2.3 เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ เช่น เครื่องวัดค่าการดูดกลืนของแสง (UV-VIS Spectrophotometer) ชุดไตเตรท ตู้อินคิวเบท (Refrigesated Incubator) โถทำแห้ง (Desicator) เครื่องสเปกโทรโปโตมิเตอร์ ความยาวคลื่น 880 nm เป็นต้น

3.3 ขั้นตอนการวิจัย

3.3.1 ขั้นเตรียมการ

3.3.1.1 ศึกษาความเป็นไปได้และรวบรวมความคิดของเรื่องที่จะทำการศึกษา โดยศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร ตลอดจนปรึกษาสอบถามกับบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.3.1.2 เขียนแนวคิด ตั้งกรอบแนวคิดตามแผนภูมิที่ 1.1 และ 1.2 ซึ่งการเขียนแสดงแนวคิดดังกล่าว เป็นการช่วยนำทางสู่การศึกษา ในขั้นต่อ ๆ ไปได้ชัดเจนขึ้น

3.3.1.3 ตั้งกรอบการศึกษา ซึ่งอยู่ในขอบเขตของกรอบแนวคิด

3.3.1.4 กำหนดพื้นที่ศึกษา คือ ชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) การเคหะแห่งชาติ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

เหตุผลที่ศึกษาน้ำเสียชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) เนื่องจากชุมชนดังกล่าวไม่มีการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยผู้วิจัยเห็นประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นการทำให้คุณภาพน้ำเสียชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) มีคุณภาพดีขึ้น ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

3.3.2 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.2.1 ข้อมูลเบื้องต้น

ก) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) การเคหะแห่งชาติ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

ข) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสีย

ค) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสีย

ง) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัสดุลอยน้ำที่ใช้ในการพยุงพืชในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

จ) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพืชที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์โดยการปลูกพืชด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

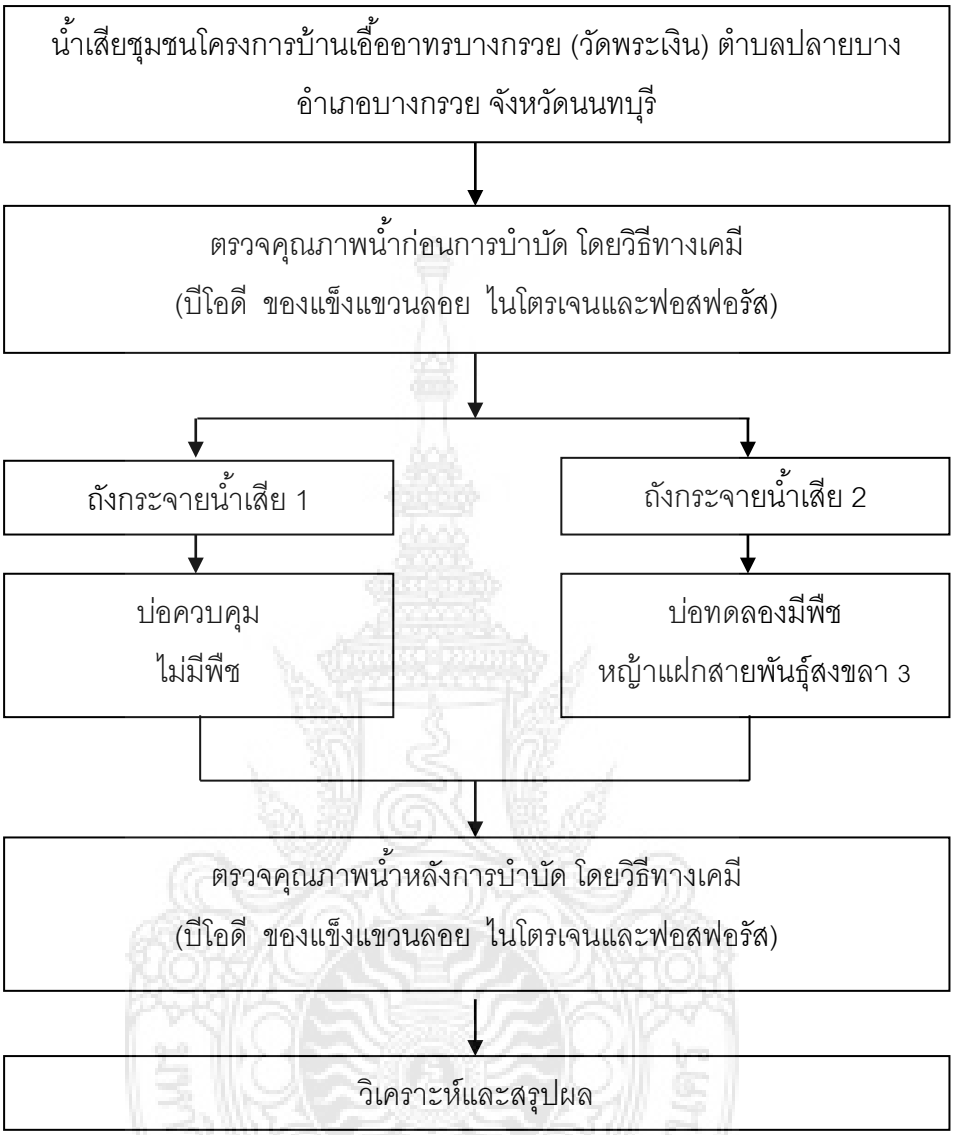
ฉ) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ช) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ซ) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.3.2.2 ข้อมูลภาคสนาม

ข้อมูลชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) การเคหะแห่งชาติ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี



แผนภูมิ 3.1 แสดงขั้นตอนการทดลอง

3.3.3 ขั้นการทดลอง

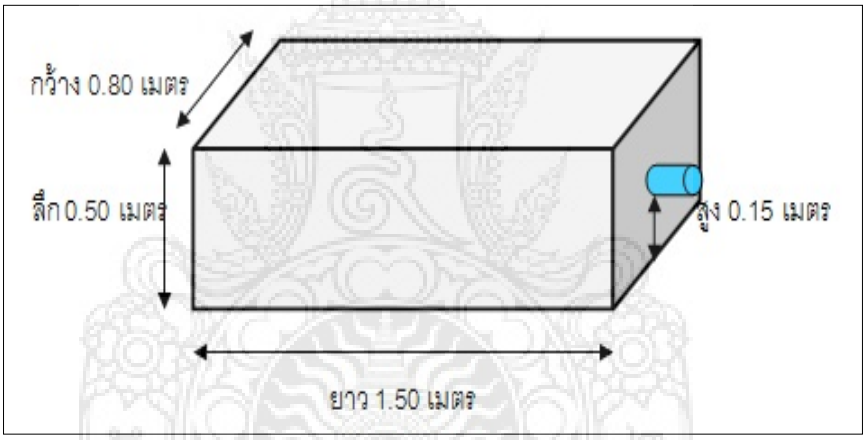
3.3.3.1 การสร้างบ่□อทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก) เริ่มต้นจากการสำรวจพื้นที่ก่อสร้□าง และดำเนินการวัดพื้นที่ตามขนาดของบ่อตามที่ออกแบบไว้ (ภาพ 3.1 และภาพ 3.2)

ข) สร้างชุดบ่อทดลองขนาดเล็กที่ทำจากอิฐบล็อก บ่อมีขนาดความกว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร ลึก 40 เซนติเมตร ใช้ผนังข้างร่วมกัน ซึ่งเป็นขนาดที่รองรับอัตราน้ำเข้าได้จำนวน 200 ลิตร (ภาพ 3.3 และภาพ 3.4)

ค) ต่อท่อสำหรับระบายน้ำ โดยใช้ท่อพีวีซีมีขนาด 2 นิ้ว ในบริเวณกึ่งกลางบ่อด้านกว้างของทั้งสองบ่อสูงจากพื้น 15 เซนติเมตร (ภาพ 3.5)

ง) ปูพลาสติกกันน้ำซึมภายในบ่อทดลอง (ภาพ 3.6)



ภาพ 3.1 แสดงขนาดบ่อทดลอง

ภาพ 3.2 แสดงการวัดขนาดพื้นที่ในการสร้างบ่อทดลอง

ภาพ 3.3 แสดงการก่ออิฐบล็อก

ภาพ 3.4 แสดงบ่อทดลองก่อด้วยอิฐบล็อก

ภาพ 3.5 แสดงตำแหน่งท่อระบายน้ำ

ภาพ 3.6 แสดงบ่อทดลองปูด้วยพลาสติกกันน้ำซึม

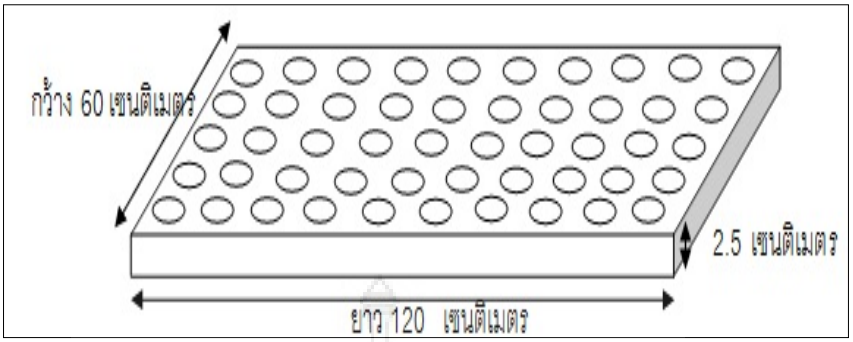
3.3.3.2 การเตรียมวัสดุรองก้นบ่อ

การเตรียมวัสดุรองก้นบ่อ โดยวัสดุรองก้นบ่อที่ใช้คือ ทราย ใช้รองพื้นก้นบ่อและเกลี่ยให้เสมอทั่วบ่อให้มีความสูงจากก้นบ่อ 15 เซนติเมตร (ภาพ 3.7)

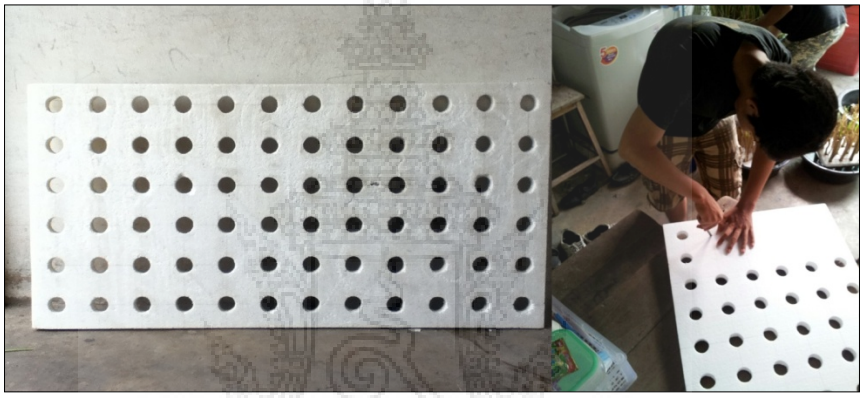
ภาพ 3.7 แสดงชั้นทรายในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

3.3.3.3 การเตรียมแท่นลอยน้ำ

สร้างแท่นลอยน้ำมีขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นโฟมหนา 2.5 เซนติเมตร โดยเจาะเป็นช่องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร รวม 60 ช่อง (ภาพ 3.8 และภาพ 3.9)



ภาพ 3.8 แสดงขนาดแท่นลอยน้ำ



ภาพ 3.9 แสดงแท่นลอยน้ำ

3.3.3.4 การเตรียมกล้าหญ้าแฝก

เตรียมกล้าหญ้าแฝกลุ่มสายพันธุ์สงขลา 3 ที่มีขนาดต้นใกล้เคียงกัน และมีจำนวนต้น 3 ต้นต่อกอ ตัดต้นให้มีความสูง 20 เซนติเมตร ความยาวรากประมาน 10 เซนติเมตร คัดเลือกมา 60 ต้น (ภาพ 3.10)

ภาพ 3.10 แสดงหญ้าแฝกลุ่มสายพันธุ์สงขลา 3 ที่คัดเลือกไว้

3.3.3.5 การเตรียมน้ำเสีย

น้ำเสียชุมชนที่จะใช้ในการทดลอง เป็นน้ำเสียชุมชนจากโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) การเคหะแห่งชาติ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี (ภาพ 3.11)

ภาพ 3.11 แสดงน้ำเสียชุมชนจากโครงการบ้านเอื้ออาทร บางกรวย (วัดพระเงิน)

3.3.3.6. การปลูกพืชลงในบ่อทดลอง

ก) การปลูกพืชลงในบ่อทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1) พืชที่ปลูกในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ คือ หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 โดยคัดเลือกที่มีอายุใกล้เคียงกันคืออายุประมาณ 1 เดือน ต้นจะสูงประมาณ 20 เซนติเมตร รากยาวประมาณ 10 เซนติเมตร (ภาพ 3.12)

2) รูปแบบการปลูกพืชด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ โดยสร้างแท่นลอยน้ำใช้โฟมขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร หนา 2.5 เซนติเมตร เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร จำนวน 60 ช่อง แบบกระจายเต็มพื้นที่ จากนั้นใส่หญ้าแฝกลงในแท่นลอยน้ำโดยใช้ฟองน้ำพันโคนต้นไว้ให้แน่นเพื่อป้องกันการเอียงของต้นหญ้าแฝก (ภาพ 3.13) การทดลองครั้งนี้จึงมีตำแหน่งในการปลูก คือ ทุกต้นห่างจากผนัง 10 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้นในแนวกว้างและแนวยาว 10 เซนติเมตร (ภาพ 3.14)

ภาพ 3.12 แสดงการคัดเลือกหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3

ภาพ 3.13 แสดงการปลูกหญ้าแฝกลงในแท่นลอยน้ำ

ภาพ 3.14 แสดงระยะห่างระหว่างต้นหญ้าแฝก

3.3.3.7 การปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

ก) นำน้ำเสียจากชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) มาใส่ถังกระจายน้ำเสียถังละ 200 ลิตร พักทิ้งไว้ให้เกิดการตกตะกอน เป็นเวลา 3 วัน (ภาพ 3.15)

ข) ปล่อยน้ำเสียจากถังกระจายน้ำเสียทั้งสองถังเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ โดยเปิดวาล์วน้ำ น้ำจะไหลมาตามท่อกระจายน้ำเสีย ซึ่งยาวพอดีกับความกว้างของบ่อทดลองทำการเจาะรูให้มีระยะห่างเท่า ๆ กัน ไว้ตลอดความยาวของท่อ (ภาพ 3.16) เพื่อให้น้ำเสียกระจายทั่วบ่อ

ค) ปล่อยน้ำเสียให้ไหลลงระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำอย่างช้าๆ แบบต่อเนื่องจนน้ำเสียในถังปล่อยน้ำเสียไหลลงระบบจนหมด (ภาพ 3.17 และภาพ 3.18)

ภาพ 3.15 แสดงถังกระจายน้ำเสีย

ภาพ 3.16 แสดงการเจาะรูท่อกระจายน้ำเสีย

ภาพ 3.17 แสดงการปล่อยน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

ภาพ 3.18 แสดงระบบบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

3.3.3.8 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ก) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนบำบัดที่ถังรวมน้ำเสีย

ข) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำภายหลังการบำบัดของบ่อทดลองที่มีแท่นปลูกพืชลอยน้ำ และบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช ทั้งหมด 3 ครั้ง คือ เวลา 09.00 น. ในวันที่ 8 ซึ่งคือหลังจากปล่อยน้ำและบำบัดผ่านไป 7 วัน (ครั้งที่ 1), เวลา 09.00 น. ในวันที่ 15 ซึ่งคือ หลังจากปล่อยน้ำและบำบัดผ่านไป 14 วัน (ครั้งที่ 2), และเวลา 09.00 น. ในวันที่ 22 ซึ่งคือ หลังจากปล่อยน้ำและบำบัดผ่านไป 21 วัน (ครั้งที่ 3) ตรงจุดปล่อยน้ำออกของทั้งสองบ่อโดยเก็บน้ำใส่ขวดแช่เย็นไว้ในกระติก จากนั้นนำตัวอย่างน้ำเสียไปตรวจวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์น้ำ (ภาพ 3.19)

ค) เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ระหว่างบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชกับบ่อทดลองที่มีพืชปลูกในแท่นลอยน้ำทั้งก่อนและหลังการทำการทดลอง ตามระยะเวลากักพักชลศาสตร์ที่กำหนดไว้

ง) สรุปผลการทดลอง

ภาพ 3.19 แสดงการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

3.3.3.9 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 แสดงวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
บีโอดี(Biochemical Oxygen Demand : BOD)	5-Day BOD Test, Membrane Electrode Method
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS)	Dried at 103-105
ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN)	Macro Kjeldahl Method
ฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP)	Ascorbic Acid Colorimetric Method

3.3.3.10 บันทึกผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.3.4 วิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมที่ ไม่มีพืช

3.3.4.1 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

3.3.4.2 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS)

3.3.4.3 ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN)

3.3.4.4 ฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP)

3.3.5 อภิปรายผล

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมที่ไม่มีพืช

3.3.5.1 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

3.3.5.2 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS)

3.3.5.3 ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN)

3.3.5.4 ฟอสฟอรัส (Total Phosphorus : TP)

3.3.6 สรุปและนำเสนอ

3.3.6.1 สรุปผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ในบทที่ 1

3.3.6.2 นำเสนอ

ก) เสนอแนะที่เป็นข้อจำกัดหรือส่วนที่จะทำให้การศึกษาครั้งนี้เป็นไปได้ในทางปฏิบัติมากขึ้น

ข) เสนอแนะแนวทางการศึกษาครั้งต่อไป เพื่อพัฒนางานทางด้านการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องให้เกิดประโยชน์ในอนาคต

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในน้ำเสียจากชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) การเคหะแห่งชาติ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี สามารถสรุปเป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ได้ 7 หัวข้อ ดังนี้

4.1 สมบัติของน้ำเสีย

4.2 ลักษณะของน้ำเสียในระยะการทดลอง

4.3 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในระยะการทดลอง

4.4 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัด

4.5 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน)

4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

4.7 อภิปรายผล

4.1 สมบัติของน้ำเสีย

น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยเป็นน้ำเสียจากชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย(วัดพระเงิน) การเคหะแห่งชาติ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี (ภาพ 4.1) โดยคุณภาพน้ำเสียก่อนการบำบัดที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ วัดค่าได้สูงเกินมาตรฐานกำหนด (ตาราง 4.1)

ภาพ 4.1 แสดงบ่อกักเก็บน้ำเสียชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน)

ตาราง 4.1 แสดงคุณภาพน้ำเสียก่อนการบำบัดเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

พารามิเตอร์	**คุณภาพน้ำก่อนการบำบัด (มิลลิกรัม/ลิตร)**	**มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง * (มิลลิกรัม/ลิตร)**
บีโอดี	198.00	ไม่เกิน 20
ของแข็งแขวนลอย	160.00	ไม่เกิน 30
ไนโตรเจน	72.00	ไม่เกิน 35
ฟอสฟอรัส	25.80	ไม่เกิน 2

* หมายเหตุ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

4.2 ลักษณะของน้ำเสียในระยะการทดลอง

4.2.1 น้ำเสียก่อนการบำบัด

น้ำเสียก่อนการบำบัด พบว่า น้ำเสียมีลักษณะขุ่น มีตะกอนจำนวนมาก มีกลิ่นเหม็น (ภาพ 4.2)

ภาพ 4.2 แสดงน้ำเสียก่อนการบำบัด

4.2.2 การบำบัดน้ำเสียที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

4.2.2.1 บ่อทดลองที่มีพืช

น้ำเสียในบ่อทดลองที่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน พบว่า น้ำเสียมีลักษณะใส มีสีเขียวอ่อน มีตะกอนเล็กน้อย มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย (ภาพ 4.3)

4.2.2.2 บ่อควบคุมไม่มีพืช

น้ำเสียในบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน มีลักษณะขุ่น มีตะกอนจำนวนมาก มีกลิ่นเหม็น (ภาพ 4.4)

ภาพ 4.3 แสดงลักษณะน้ำเสียของบ่อทดลองที่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

ภาพ 4.4 แสดงลักษณะน้ำเสียของบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

ดังนั้นลักษณะของน้ำเสียหลังการบำบัดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน บ่อทดลองที่มีพืชมีลักษณะของน้ำเสียใสและมีกลิ่นเหม็นน้อยกว่าบ่อควบคุมไม่มีพืชที่มีลักษณะของน้ำเสียขุ่นและมีกลิ่นเหม็น

4.2.3 การบำบัดน้ำเสียที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

4.2.3.1 บ่อทดลองที่มีพืช

น้ำเสียในบ่อทดลองที่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน พบว่า น้ำเสียมีลักษณะใส มีสีเขียวอ่อน มีตะกอนเล็กน้อย ไม่มีกลิ่น (ภาพ 4.5)

4.2.3.2 บ่อควบคุมไม่มีพืช

น้ำเสียในบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน มีลักษณะขุ่นมีตะกอนจำนวนมาก มีกลิ่นเหม็น (ภาพ 4.6)

ภาพ 4.5 แสดงลักษณะน้ำเสียของบ่อทดลองที่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

ภาพ 4.6 แสดงลักษณะน้ำเสียของบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

ดังนั้นลักษณะของน้ำเสียหลังการบำบัดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน บ่อทดลองที่มีพืชมีลักษณะของน้ำเสียใสและไม่มีกลิ่นเหม็น ส่วนบ่อควบคุมไม่มีพืชที่มีลักษณะของน้ำเสียขุ่นและมีกลิ่นเหม็น และลักษณะของน้ำเสียของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน มีลักษณะใสและกลิ่นเหม็นน้อยกว่าบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

4.2.4 การบำบัดน้ำเสียที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน

4.2.4.1 บ่อทดลองที่มีพืช

น้ำเสียในบ่อทดลองที่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน พบว่า น้ำเสียมีลักษณะใส มีสีเหลืองอ่อน มีตะกอนจำนวนเล็กน้อย ไม่มีกลิ่นเหม็น (ภาพ 4.7)

4.2.4.2 บ่อควบคุมไม่มีพืช

น้ำเสียในบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน พบว่าลักษณะค่อนข้างใส มีตะกอนจำนวนเล็กน้อย มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย (ภาพ 4.8)

ภาพ 4.7 แสดงลักษณะน้ำเสียของบ่อทดลองที่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน

ภาพ 4.8 แสดงลักษณะน้ำเสียของบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน

ดังนั้นลักษณะของน้ำเสียหลังการบำบัดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน บ่อทดลองที่มีพืชมีลักษณะของน้ำเสียใสและไม่มีกลิ่นเหม็น ส่วนบ่อควบคุมไม่มีพืชที่มีลักษณะของน้ำเสียค่อนข้างใสและมีกลิ่นเหม็นน้อย และลักษณะของน้ำเสียของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน มีลักษณะใสและกลิ่นเหม็นน้อยกว่าบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

4.3 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในระยะการทดลอง

4.3.1 ลักษณะของหญ้าแฝกก่อนการบำบัด

ลักษณะของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ก่อนการบำบัด คัดเลือกหญ้าแฝกที่มีความยาว 20 เซนติเมตร ส่วนรากมีความยาว 10 เซนติเมตร (ภาพ 4.9)

ภาพ 4.9 แสดงลักษณะของหญ้าแฝกก่อนการบำบัด

4.3.2 ลักษณะของหญ้าแฝกหลังการบำบัดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

หลังจากบำบัดน้ำเสียด้วยหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน พบว่า หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตขึ้น ใบยาวขึ้นประมาณ 15-18 เซนติเมตร และมีการแตกใบออกใหม่ ส่วนรากมีการแตกรากออกมาจากเดิมประมาณ 3-5 เซนติเมตร (ภาพ 4.10)

ภาพ 4.10 แสดงการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

4.3.3 ลักษณะของหญ้าแฝกหลังการบำบัดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

หลังจากบำบัดน้ำเสียด้วยหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน พบว่า หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตขึ้น ใบยาวขึ้นจากระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน ประมาณ 20-24 เซนติเมตร และมีการแตกใบและหน่อออกมาใหม่ ส่วนรากมีการแตกรากใหม่ออกมา (ภาพ 4.11)

ภาพ 4.11 แสดงการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

4.3.4 ลักษณะของหญ้าแฝกหลังการบำบัดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน

หลังจากบำบัดน้ำเสียด้วยหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน พบว่า หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตขึ้น ใบยาวขึ้นจากระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน ประมาณ 15-18 เซนติเมตร และมีการแตกใบและหน่อออกใหม่ ส่วนรากมีมีการแตกรากออกมา (ภาพ 4.12)

ภาพ 4.12 แสดงการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน

ดังนั้นการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกในส่วนของใบมีการเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่องที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ตามลำดับ โดยสามารถเจริญเติบโตสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน และรากมีการเจริญเติบโตสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

4.4 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัด

4.4.1 การบำบัดค่าบีโอดี

4.4.1.1 การบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

การบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีการบำบัดค่าบีโอดีเท่ากับ 35.00 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีการบำบัดค่าบีโอดีเท่ากับ 178.50 มิลลิกรัม/ลิตร (ตาราง 4.2)

4.4.1.2 การบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

การบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีการบำบัดค่าบีโอดีเท่ากับ 21.80 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีการบำบัดค่าบีโอดีเท่ากับ 165.00 มิลลิกรัม/ลิตร (ตาราง 4.2)

4.4.1.3 การบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน

การบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีการบำบัดค่าบีโอดีเท่ากับ 41.00 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีการบำบัดค่าบีโอดีเท่ากับ 148.50 มิลลิกรัม/ลิตร (ตาราง 4.2)

ตาราง 4.2 แสดงการบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน

ตัวชี้วัด / **ชุดการทดลอง**	**บีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)**		
	7 วัน	**14 วัน**	**21 วัน**
บ่อทดลองที่มีพืช	35.00	21.80	41.00
บ่อควบคุมไม่มีพืช	178.50	165.00	148.50

4.4.2 การบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย

4.4.2.1 การบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

การบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 31.50 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 140.00 มิลลิกรัม/ลิตร (ตาราง 4.3)

4.4.2.2 การบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

การบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 25.00 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 120.00 มิลลิกรัม/ลิตร (ตาราง 4.3)

4.4.2.3 การบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน

การบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 35.00 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 115.75 มิลลิกรัม/ลิตร (ตาราง 4.3)

ตาราง 4.3 แสดงการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน

ตัวชี้วัด / **ชุดการทดลอง**	**ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร)**		
	7 วัน	**14 วัน**	**21 วัน**
บ่อทดลองที่มีพืช	31.50	25.00	35.00
บ่อควบคุมไม่มีพืช	140.00	120.00	115.75

4.4.3 การบำบัดค่าไนโตรเจน

4.4.3.1 การบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

การบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีการบำบัดค่าไนโตรเจนเท่ากับ 15.20 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีการบำบัดค่าไนโตรเจนเท่ากับ 65.00 มิลลิกรัม/ลิตร (ตาราง 4.4)

4.4.3.2 การบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

การบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีการบำบัดค่าไนโตรเจนเท่ากับ 9.50 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีการบำบัดค่าไนโตรเจนเท่ากับ 60.00 มิลลิกรัม/ลิตร (ตาราง 4.4)

4.4.3.3 การบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน

การบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีการบำบัดค่าไนโตรเจนเท่ากับ 4.00 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีการบำบัดค่าไนโตรเจนเท่ากับ 57.60 มิลลิกรัม/ลิตร (ตาราง 4.4)

ตาราง 4.4 แสดงการบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน

ตัวชี้วัด / **ชุดการทดลอง**	**ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร)**		
	7 วัน	**14 วัน**	**21 วัน**
บ่อทดลองที่มีพืช	15.20	9.50	4.00
บ่อควบคุมไม่มีพืช	65.00	60.00	57.60

4.4.4 การบำบัดค่าฟอสฟอรัส

4.4.4.1 การบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

การบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีการบำบัดค่าฟอสฟอรัสเท่ากับ 6.05 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีการบำบัดค่าฟอสฟอรัสเท่ากับ 21.20 มิลลิกรัม/ลิตร (ตาราง 4.5)

4.4.4.2 การบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

การบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีการบำบัดค่าฟอสฟอรัสเท่ากับ 3.70 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีการบำบัดค่าฟอสฟอรัสเท่ากับ 19.50 มิลลิกรัม/ลิตร (ตาราง 4.5)

4.4.4.3 การบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน

การบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีการบำบัดค่าฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.82 มิลลิกรัม/ลิตร และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีการบำบัดค่าฟอสฟอรัสเท่ากับ 18.00 มิลลิกรัม/ลิตร (ตาราง 4.5)

ตาราง 4.5 แสดงการบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน

ตัวชี้วัด / ชุดการทดลอง	ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร)		
	7 วัน	**14 วัน**	**21 วัน**
บ่อทดลองที่มีพืช	6.05	3.70	0.82
บ่อควบคุมไม่มีพืช	21.20	19.50	18.00

4.5 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโครงการบ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน)

4.5.1 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดี

4.5.1.1 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 82.32 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 9.84 (ตาราง 4.6)

4.5.1.2 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 88.98 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 16.66 (ตาราง 4.6)

4.5.1.3 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน

ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน พบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 79.29 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 25.00 (ตาราง 4.6)

ตาราง 4.6 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดี (ร้อยละ) ของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน

ตัวชี้วัด / ชุดการทดลอง	ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดี (ร้อยละ)		
	7 วัน	14 วัน	21 วัน
บ่อทดลองที่มีพืช	82.32	88.98	79.29
บ่อควบคุมไม่มีพืช	9.84	16.66	25.00

4.5.2 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย

4.5.2.1 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

ประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน พบว่าบ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 80.31 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 12.05 (ตาราง 4.7)

4.5.2.2 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

ประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน พบว่าบ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 84.37 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 25.00 (ตาราง 4.7)

4.5.2.3 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน

ประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน พบว่าบ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 78.12 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 27.65 (ตาราง 4.7)

ตาราง 4.7 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย (ร้อยละ) ของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน

ตัวชี้วัด / ชุดการทดลอง	ประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย (ร้อยละ)		
	7 วัน	**14 วัน**	**21 วัน**
บ่อทดลองที่มีพืช	80.31	84.37	78.12
บ่อควบคุมไม่มีพืช	12.50	25.00	27.65

4.5.3 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจน

4.5.3.1 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

ประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน พบว่าบ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 78.88 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 9.72 (ตาราง 4.8)

4.5.3.2 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

ประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน พบว่าบ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 86.80 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 16.66 (ตาราง 4.8)

4.5.3.3 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน

ประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 2 วัน พบว่าบ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 94.44 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 20.00 (ตาราง 4.8)

ตาราง 4.8 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจน (ร้อยละ) ของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน

ตัวชี้วัด / ชุดการทดลอง	ประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจน (ร้อยละ)		
	7 วัน	**14 วัน**	**21 วัน**
บ่อทดลองที่มีพืช	78.88	86.80	94.44
บ่อควบคุมไม่มีพืช	9.72	16.66	20.00

4.5.4 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัส

4.5.4.1 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน

ประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7 วัน พบว่าบ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 76.55 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 17.82 (ตาราง 4.9)

4.5.4.2 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน

ประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน พบว่าบ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 85.65 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 24.41 (ตาราง 4.9)

4.5.4.3 ประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน

ประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน พบว่าบ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 96.82 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดคิดเป็นร้อยละ 30.23 (ตาราง 4.9)

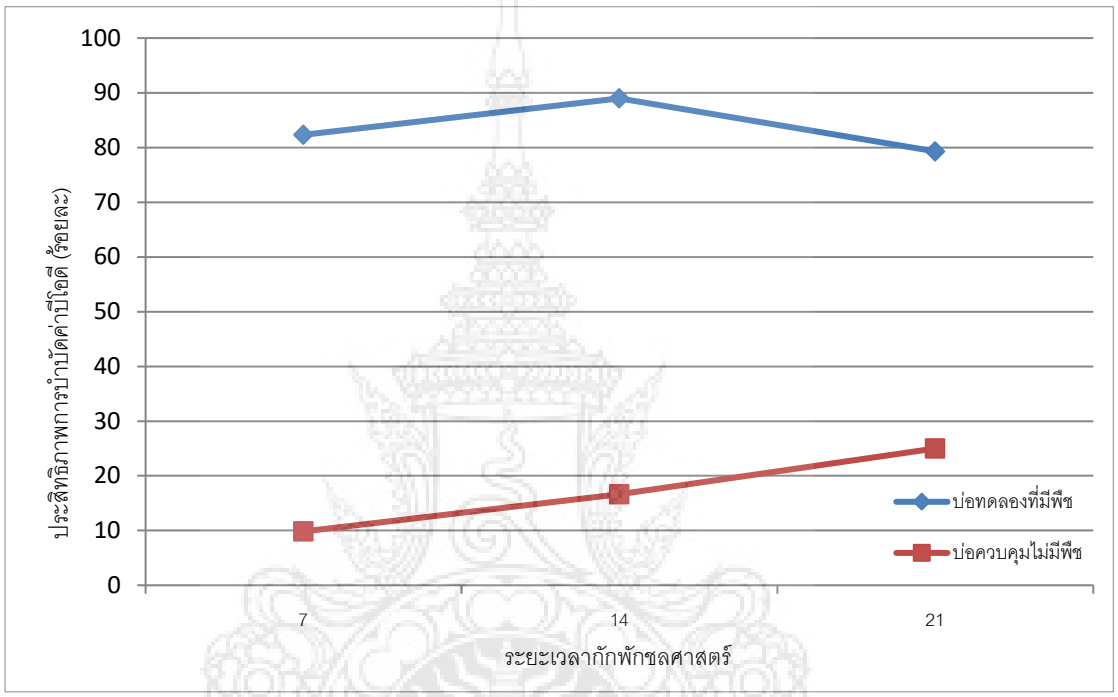
ตาราง 4.9 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัส (ร้อยละ) ของบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน

ตัวชี้วัด / ชุดการทดลอง	ประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัส (ร้อยละ)		
	7 วัน	**14 วัน**	**21 วัน**
บ่อทดลองที่มีพืช	76.55	85.65	96.82
บ่อควบคุมไม่มีพืช	17.82	24.41	30.23

4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

4.6.1 การเปรียบเทียบค่าบีโอดี

การเปรียบเทียบค่าบีโอดีพบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน คิดเป็นร้อยละ 88.98 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน คิดเป็นร้อยละ 25.00 (ภาพ 4.13)

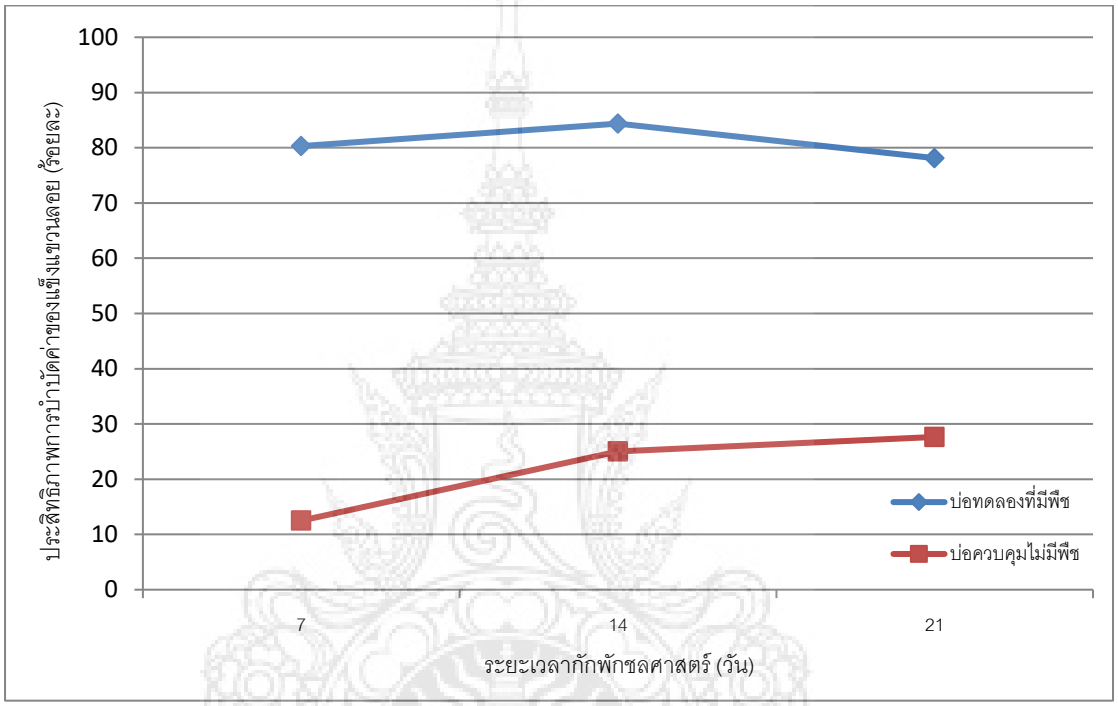


ภาพ 4.13 แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ของบ่อทดลองมีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืช

ดังนั้นสรุปได้ว่าการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดีที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน คิดเป็นร้อยละ 88.98 ซึ่งมากกว่าบ่อควบคุมไม่มีพืชที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน คิดเป็นร้อยละ 25.00

4.6.2 การเปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอย

การเปรียบเทียบค่าของแข็งแขวนลอยพบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน คิดเป็นร้อยละ 84.37 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน คิดเป็นร้อยละ 27.65 (ภาพ 4.14)

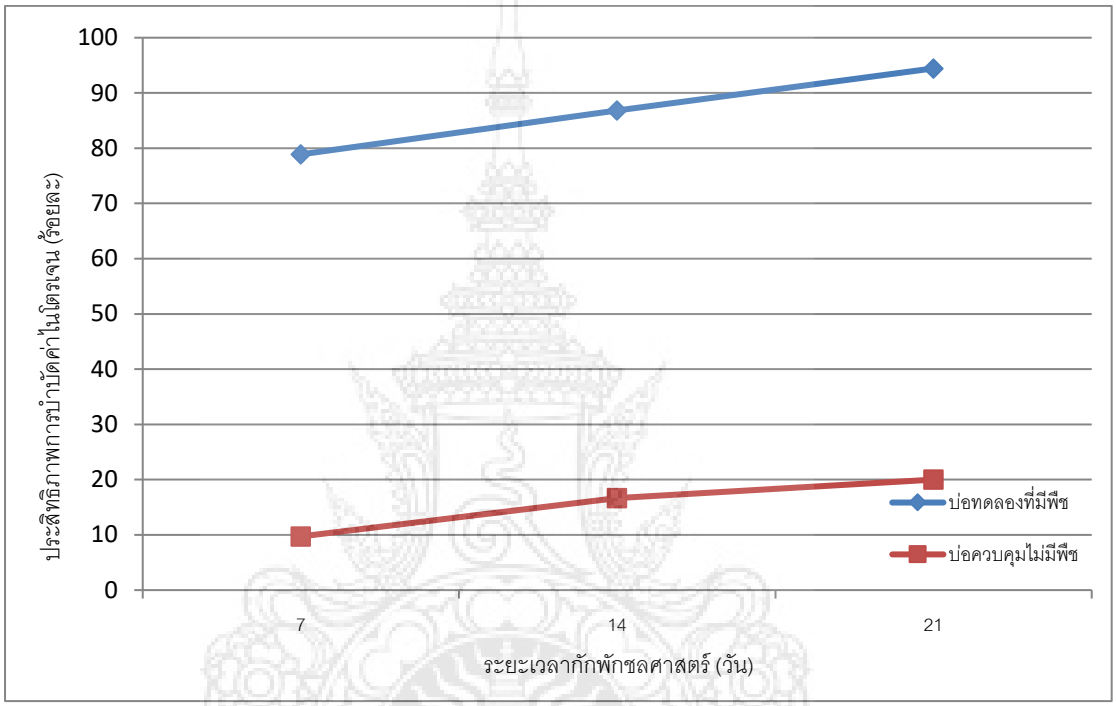


ภาพ 4.14 แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ของบ่อทดลองมีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืช

ดังนั้นสรุปได้ว่าการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน คิดเป็นร้อยละ 84.37 ซึ่งมากกว่าบ่อควบคุมไม่มีพืชที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน คิดเป็นร้อยละ 27.65

4.6.3 การเปรียบเทียบค่าไนโตรเจน

การเปรียบเทียบค่าไนโตรเจนพบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน คิดเป็นร้อยละ 94.44 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน คิดเป็นร้อยละ 20.00 (ภาพ 4.15)

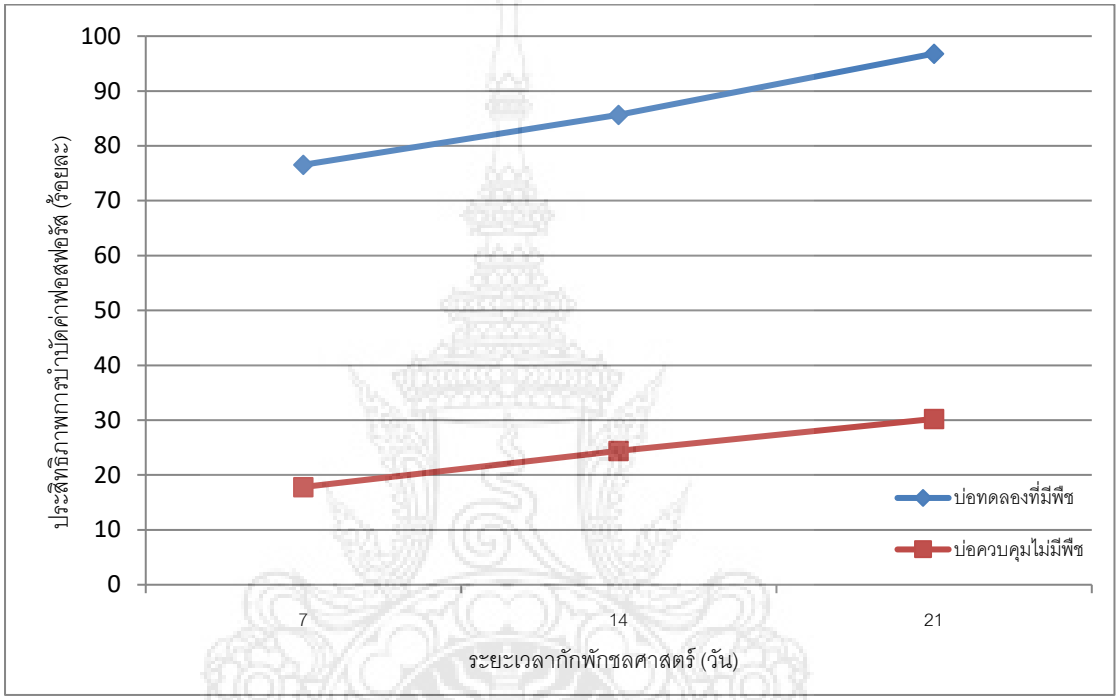


ภาพ 4.15 แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ของบ่อทดลองมีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืช

ดังนั้นสรุปได้ว่าการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดค่าไนโตรเจนที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน คิดเป็นร้อยละ 94.44 ซึ่งมากกว่าบ่อควบคุมไม่มีพืชที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน คิดเป็นร้อยละ 20.00

4.6.4 การเปรียบเทียบค่าฟอสฟอรัส

การเปรียบเทียบค่าฟอสฟอรัสพบว่า บ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน คิดเป็นร้อยละ 96.82 และบ่อควบคุมไม่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน คิดเป็นร้อยละ 30.23 (ภาพ 4.16)



ภาพ 4.16 แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ของบ่อทดลองมีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืช

ดังนั้นสรุปได้ว่าการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดค่าฟอสฟอรัสที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ของบ่อทดลองที่มีพืชมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน คิดเป็นร้อยละ 96.82 ซึ่งมากกว่าบ่อควบคุมไม่มีพืชที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน คิดเป็นร้อยละ 30.23

4.7 อภิปรายผล

จากการทดลองการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยหญ้าแฝกสายพันธ์สงขลา 3 พบว่า หญ้าแฝกสามารถดูดซับธาตุอาหารและบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพและเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ที่ต่างกันสอดคล้องกับ ปิยวรรณ โภชนพันธ์ (2546) การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสียที่มีระดับความเข้มข้นสูง นอกจากนี้มีแนวโน้มว่าการเจริญเติบโตส่วนต้นและใบมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับความยาวราก ซึ่งการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกขึ้นอยู่กับแสง อุณหภูมิ น้ำ ออกซิเจน ธาตุอาหาร และฮอร์โมน

จากการทดลองปลูกหญ้าแฝกด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ หญ้าแฝกมีร้อยละการรอดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน ได้ถึงร้อยละ 100 เนื่องจากรากหญ้าแฝกมีโพรงอากาศ ทำหน้าที่เก็บกักก๊าซออกซิเจน ซึ่งมีลักษณะคล้ายรากพืชน้ำ (กมลพรรณ นามวงศ์พรรณ, 2545) ทำให้รากของหญ้าแฝกทำงานได้ดีและดูดซับธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าโดยทั่วไปหญ้าแฝกหอมมีเปอร์เซ็นต์การรอดสูงกว่าหญ้าแฝกดอน เนื่องจากรากของหญ้าแฝกหอมมีโพรงอากาศขนาดใหญ่กว่าจึงเก็บกักก๊าซออกซิเจนได้สูง (กมลพรรณ นามวงศ์พรหม, 2545)

ดังนั้นการปลูกหญ้าแฝกด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำในการบำบัดน้ำเสียชุมชนมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 มีสามารถในการลดค่า บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ได้ประสิทธิภาพดี

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ ซึ่งการบำบัดค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โดยมีระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วันตามลำดับ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากผลการปฏิบัติภาคสนามและการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าลักษณะของหญ้าแฝก ลำต้น ความยาวราก และใบมีการเจริญเติบโตมากขึ้นและมีอัตราการรอดร้อยละ 100 ซึ่งสามารถใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนโครงการ บ้านเอื้ออาทรบางกรวย (วัดพระเงิน) ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี จากผลการวิจัยเชิงทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียระหว่างบ่อทดลองที่มีพืชและบ่อควบคุมไม่มีพืชที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 7, 14 และ 21 วัน พบว่าบ่อทดลองที่ใช้หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในการบำบัดน้ำเสียสามารถลดค่าบีโอดีได้ร้อยละ 82.32, 88.98 และ 79.29 ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน สามารถลดค่าของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 80.31, 84.37 และ 78.12 ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 14 วัน สามารถลดค่าไนโตรเจนได้ร้อยละ 78.88, 86.80 และ 94.44 ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วัน สามารถลดค่าฟอสฟอรัสได้ร้อยละ 76.55, 85.65 และ 96.82 ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดที่ระยะเวลากักพักชลศาสตร์ 21 วันและตลอดระยะเวลาทำการทดลอง หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียมีอัตราการรอดที่ร้อยละ 100 มีการเจริญเติบโตดี เกิดการแตกหน่อต้นใหม่ รากใหม่ และใบใหม่ขึ้นมาตามลำดับ ส่วนสภาพน้ำเสียที่บำบัดมีสภาพดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด คือ น้ำใสขึ้น ตะกอนน้อยลง กลิ่นไม่เหม็น หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 จึงมีประสิทธิภาพที่ดีเพียงพอในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำ

ดังนั้นการใช้หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 ในการบำบัดน้ำเสียด้วยเทคนิคแท่นลอยน้ำสามารถนำมาบำบัดน้ำเสียจากชุมชนได้ โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสมากกว่าบ่อควบคุมไม่มีพืชในทุกระยะเวลากักพักชลศาสตร์และ

สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในรูปแบบอื่น ๆ ที่สอดคล้องกับการบำบัดน้ำเสียได้ในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับในการวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่ต้องการทำการศึกษาในครั้งต่อไปดังนี้

5.2.2.1 ควรศึกษาพืชชนิดอื่น และนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

5.2.2.2 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ควรมีการศึกษาค่าพารามิเตอร์เพิ่มเติม เช่น ซีโอดี ไขมัน โลหะหนัก เป็นต้น

5.2.2.3 ควรศึกษาน้ำเสียจากชุมชนหลาย ๆ แห่ง ที่สามารถใช้พืชในการบำบัดน้ำเสียได้

5.2.2.4 ควรมีการเพิ่มขนาดของบ่อให้ใหญ่ขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กมลพรรณ นามวงศ์พรหม. 2545. **หญ้าแฝกหอม**. [ออนไลน์] แหล่งที่มา : http://www.ku.ac.th/e-magazine/november45/agri/plant.html [20 มกราคม 2556]

กรมควบคุมมลพิษ. 2542. **รายงานคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาปี 2537-2542**. กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษ. 2545. **น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย**. กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ

กรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2546 ก. **เกณฑ์แนะนำการออกแบบรวบรวมน้ำเสียและโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน**. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2546 ข. **เทคนิคการบำบัดน้ำเสียบางวิธีการนำน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์ และการทดสอบพิษวิทยาสำหรับน้ำทิ้ง**. เล่มที่ 4. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. **ระบบบึงประดิษฐ์**. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2541. **ความรู้เรื่องหญ้าแฝก**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2545. **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ**. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2542. **ความหมายน้ำเสีย**. กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2548. **คู่มือการจัดการน้ำเสียชุมชน**. สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2549. **การไหลตามแนวดิ่ง**. กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2541. **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม**. โครงการสหกิจวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539 ก. **การบำบัดน้ำเสีย**. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539 ข. **วิศวกรรมการจัดการน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2540. **การออกแบบโรงบำบัดน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 4. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2542. **การบำบัดน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สยามสเตชั่นเนอรีซัพพลายส์, นนทบุรี.

คณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, สำนักงาน. 2547. **สาระน่ารู้เรื่องหญ้าแฝก**. พิมพ์ครั้งที่4. อรุณการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

จิตติมา เชื้อกูล. 2547. "**การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ต้นพุทธรักษาในพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์**." วารสารสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติปีที่ 2 ฉบับที่ 1-2 กรุงเทพฯ.

จิตติมา วสุสิน. 2539. "**การศึกษาประสิทธิภาพของพืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและที่พักอาศัย กรณีศึกษา : น้ำเสียจากศูนย์ศาลายา**." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

ชัยพร ภู่ประเสริฐ. 2538. "**ผลของค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนที่มีต่อแอ็กติเวเต็ดสลัดจ์ที่ใช้ในการกำจัดไนโตรเจนออกหจากน้ำเสียชุมชนที่มีความเข้มข้นต่ำ**." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฐิติณัฏฐ์ ศักรานุกิจ. 2549. "**การใช้หญ้าแฝก *Vetiver zizanioides* (L.) Nash บำบัดน้ำเสียชุมชนภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดุษลักษณ์ ฐิติวร. 2543. "**ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash และหญ้าแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus ในการกำจัดสารหนูที่ปนเปื้อนในดิน**." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

ดวงแก้ว ผุงเพิ่มตระกูล. 2550. **หญ้าแฝก กำแพงชีวิตอนุรักษ์ดินคืนน้ำใส**. [ออนไลน์] แหล่งที่มา : http://www.http://www.ldd.go.th/NewsIndex/20040829-1.html. [30 มกราคม 2556]

ธนียา เจติยานุกรกุล. 2539. "**ความเป็นไปได้ของการใช้หญ้าแฝกจากแหล่งพันธุ์ต่าง ๆ ในการบำบัดน้ำทิ้ง**." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ธนูชัย กองแก้ว. 2549. “**การบำบัดสารละลายฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในน้ำโดยใช้ระบบแฝกทุ่นลอยของหญ้าแฝก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร, หน้า 1-2

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์. 2540. **คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2545. **การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย,กรุงเทพฯ.

ธิดา วิเชียรเพชร. 2545. “**ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันในน้ำเสียชุมชนโดยใช้ดอกธูปฤาษี**.” วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิสิต จงศุภวิศาลกิจ. 2553. **ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา**. ม.ป.ท.

บุญฤทธิ์ สินค้างาม. 2542. “**บทบาทของเชื้อแบคทีเรียตรึงไนโตรเจน และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อหญ้าแฝก**.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ประวรดา โภชนจันทร์. 2543. “**การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสในดินจากการบำบัดน้ำเสียในระบบกรองน้ำเสียด้วยหญ้า ของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี**.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปวีณา วัฒนสุทธิพงศ์. 2547. “**ผลของความเข้มข้นของน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ต่อระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโกงกางใบใหญ่**.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปิยวรรณ โภชนพันธ์. 2546. “**ประสิทธิภาพการใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง**.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ปิยวรรณ สายมโนพันธ์. 2543. "**ความสามารถของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* Lamk. และแสมทะเล *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในดินป่าชายเลนที่มีโครงสร้างต่างกัน**." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2539. **แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ**. พิมพ์ครั้งที่ 7. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พัฒนา มูลพฤกษ์. 2539. **มาตรฐานน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน**. โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ

เพชร พลอยเจริญ. 2544. "**การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลต่าง ๆ บริเวณลุ่มน้ำวัง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย**." วารสารวิชาการป่าไม้ 4(1) : 12-20.

ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภาว์สุระ ลิมปิสวัสดิ์. 2545. "**ประสิทธิภาพและคุณภาพน้ำใต้ผิวดินในแปลงทดลองบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้หญ้ากรองบริเวณแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี**," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 91 หน้า.

มนพ รุ่งสุข. 2538. "**การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกหอม *Vetiveria zizaniodes* (L.) Nash ที่รดด้วยน้ำทิ้งจากชุมชน จังหวัดเพชรบุรี**." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. 2538. "**การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสีย**." เอกสารประกอบการอบรมการจัดการโครงการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย วันที่ 15-25 สิงหาคม 2538. ฝ่ายการศึกษาต่อเนื่องจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยกรุงเทพฯ.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. 2541. **คู่มือการเก็บตัวอย่างน้ำเสียชุมชน**. กรมควบคุมมลพิษ,กรุงเทพฯ

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. 2543. **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. แซน. อี 68 แลบ, กรุงเทพฯ.

มงคล ต๊ะอุ่น พัชรี ธีรจินดาขจร และสุทธิพงศ์ เปรื่องค้า. 2545. **การวิจัยศักยภาพของหญ้าแฝกในการบำบัดน้ำเสียเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม**. รายงานการวิจัย ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

มนต์ชัย จันทร์ศิริ. 2548. “**ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกที่ปลูกด้วนเทคนิคแท่นลอยน้ำในการบำบัดน้ำเสียชุมชน.**” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. **ธาตุอาหารพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุจิรัชต์ มันตาพันธ์. 2537. “**ประสิทธิภาพของที่ลุ่มน้ำขังที่ปลูกกกจันทบูรณ์ (*Cyperus corymbosus* Rottb.) ในการบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 3 จากหอพักนักศึกษา.**” วิทยานิพนธ์สาขาวิชาเอกอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

ลักษณี คณานิธินันท์. 2539. “**ประสิทธิภาพของกกกลม *Cyperus corymbosus* ธูปฤาษี *Typha angustifolia* อ้อ *Phragmites australis* และแห้วทรงกระเทียม *Eleocharis dulcis* ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ.**” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิรัตนา สุขเกษม. 2547. “**การใช้ผักบุ้งและผักกระเฉดในการลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส.**” ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.

วงศ์พงา เส็งสาย. 2544. “**ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกหอม *Vetiveria zizaniodes* (Linn.) Nash และหญ้าแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* A. Camus ในการกำจัดโครเมียมในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น เพื่อการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายจากโรงฟอกหนัง.**” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุวศา กานตวนิชกูร. 2544. **การกำจัดไนโตรเจนโดยระบบบึงประดิษฐ์แบบผสมผสานในเขตอากาศร้อน.** รายงานการวิจัย โครงการความร่วมมือกับต่างประเทศ (ไทย-อังกฤษ) ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2545. **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ**. กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

สารานุกรมไทยฉบับเฉลิมพระเกียรติฯ. 2550. **การบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมในประเทศไทย**. ม.ป.ท.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2530. **พรรณไม้น้ำ**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุมิตรา จำปา. 2545. "**การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผักตบชวาและจอกในการกำจัดซัลเฟตในน้ำทิ้งจากเหมืองแม่เมาะ**." วิทยานิพนธ์ปริญญาโทภาควิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

สุภาพร จันทร์รุ่งเรือง และ เมธี มณีวรรณ. 2537. "**การใช้ประโยชน์จากธูปฤาษี**." วารสารพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

สนธิเดช จิตวิมลนิมิต. 2547. "**ประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์โดยใช้ ธูปฤาษีและพุทธรักษา**." วิทยศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

อุไรวรรณ อินทร์ม่วง. 2545. **มลพิษทางน้ำ**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Allen, W. C., Hook, P. B., Biederman, J. A. and Stein, O. R. 2002. **Temperature and wetland plant species effects on wastewater treatment and root zone oxidation.** Journal of Environmental Quality. 31 (1) : 1010-1016

AWWA, WEF and APHA. 1998. **Standard methods for the examination of water and wastewater. American public health association.** Washington DC.

Bitton, G. 1994. **Wastwater microbiology.** New York. John Wiley & Sons.

Bowes, G. 1987. **Physiological plant processes : photosynthesis.** In : Reddy, K. R. and Smith, W. H. (ed.) Aquatic plant for water treatment and resource recovery. Orlando, Fla : Magnolia.

Brix, H. 1994. **Constructed wetlands for municipal wastewater treatment in Europe.** In : Mitsch, M. J. (ed.) Globla wetland : old worid and new. Amsterdam. Elsvier science B. V. 32: 203–209.

Chen. Y., Shen, Z. and Li, X. 2004. **The use of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) in the phytoremediation of soil contaminated with heavy metal.** Applied Geochemsitry. 19 (10) : 1553-1565.

Chen. T. Y., Kao, C. M. Yeh, T. Y.,Chien, H. Y. and Chao, A. C. 2006. **Application of a constructed wetland for industrial wastewater treatment : A pilot-scale study.** [online]. Available from : http://www.sciencedirect.com. [2006, Febuary 16]

Chomchalow, N. 2003. **The role of vetiver in controlling water quantity and treating water quarity : an overview with special reference to Thailand.** AU Journal of Technology. 6 (3) : 145-161.

Cooper P. E.and Boon A. G. 1987. **The use of phragmites for wastewater treatment by root zone method. The UK Approach.** In: Reddy K.R. and Smith W.H. (ed.) Aquatic plants for water treatment and resource recovery. Orlando, Fla: Magnolia.

Cronk. J. K. and Fennessy, M. S. 2001. **Wetland plant : biology and ecology.** Imprint Boca Raton, Fla : Lewis publishers.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Dierberg, F. E., Debusk, T. A., Jackson, S. D., Chimney, M. J. and Pietro, K. 2002. **Submerged aquatic vegetation-based treatment wetland for removing phosphorus from agricultural runoff : response to hydraulic and nutrient loading**. Water Research. 36 (6) : 1409-1422.

Donald A. and Hammer. 1993. **Guidelines for desing, construction and operation of constructed wetlands for wastewater treatment in Thailand.** Knoxville. Tennessee.

Dunne E. J., Culleton, N., O'Donovan, G., Harrington, R. and Daly, K. 2005. **Phosphorus retention and sorption by constructed wetland soil in Southeast Ireland.** Water Research. 39 (18) : 4355-4362.

Epstein, E. and Bloom, A. J. 2005. **Mineral nutrition of plant : principle and perspective**. Sunderland, Mass : Sinaver associates, Inc.

Gumbricht, T. 1993. **Nutrient removal processes in freshwater submersed macrophyte system.** Ecological Engineering. 2(1) : 1-30.

Hanping, X., Shizhong, L. and Huixiu, A. 1997. **Study on purification and uptake of Vetiver Grass to garbage leachate.** [online]. Available from : http://www.vetiver.com/PRVN_IVC2_23.PDF. [2003,June 16]

Hammer, D. A. 1989. **Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural**. Michigan : Lewis Publishers.

Hauser, B. A. 1996. **Practical manual of wastewater chemistry**. Chelsea, Mich : Ann arbor press.

Huddleston, G.M., W.B. Gillespie and J.H. Rodgers. 2000. **Using Constructed Wetlands to Treat Biochemical Oxygen Demand and Ammonia Associated with a Refinery Effluent.** Ecotoxicdogy and Environmental Safety : 1-21

Institute of Soil Science, Nanjing, China. 1997. **Water eutrophication control in Taihu lake with vetiver** [Online]. Available from : http://prvn.rdpb.go.th/data/n4.htm. [2003, July 15]

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Kadlec, J. A. 1987. Nutrient dynanics in wetlands. In : Reddy, K. R. and Smith, W. H. (ed.) **Aquatic plant for water treatment and resource recovery.** Orlando, Fla : Magnolia.

Kong, X. , Lin, W. , Wang, B. and Luo, F. 2003. **Study on Vetiver's purification for wastewater from pig farm.** Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition, pp. 181-185. Guangzhou, P. R. China.

Kongphorod, L. 2002. **Investigations of constructed wetlands planted with groden torch (*Heliconia psitacorum*) for tertiary treatment of swine wastewater.** Master's Thesis. Department of environtmental sanitation, Graduate school, Mahidol university.

Liao, X. , Lue S. , Wu, Y. and Wang, Z. 2003. **Studies on the Abilities of *Vetiveria zizanioides* and *Cyperus alternifolius* for pig farm wastewater treatment.** Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition, pp. 186-193. Guangzhou, P. R. China.

Masbough, A., Frankowski, K., Hall J. K. and Duff J. B. S. 2005. **The effectiveness of constructed wetland for treatment of woodwaste leachate.** Ecological Engineering. 25(1) : 552-566.

Mayo, A. W. and Mutamba, J. 2004. **Effect of HRT on nitrogen removal in a coupled HRP and unplanted subsurface flow gravel bed constructed wetland.** Physic and Chemistry of the Earth. 29 (15-18) : 1253-1257.

Mitsch, W. J. 1994. **The nonpoint source pollution control function of natural and constructed riparian wetlands.** In: Mitsch, W. J. (ed.) Globla wetlands: old world and new. Amsterdam. Elsevier science B. V.

Mitsch, W. J. and Gosselink, J. G. 2000. **Wetland.** 3rd Edition. New York : John Wiley & sons

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Nakamura, K., Chiba, T., Sato, K., Morita, Y., Hosomi, M. and Tanaka, S. 2002. **A survey of constructed wetlands in Japan**. [Online]. Available from : http://www.pwri.go.jp/eng/kokusai/conference/nakamurakeigo13.pdf. [2006, Febuary 10]

Parker, R. 2000. **Introduction to plant science**. Albany, N. Y. : Delmar publishers.

Picard, C. R., Fraser, L. H. and Steer, D. 2005. **The interacting effects of temperature and plant community type on nutrient removal in wetland microcosms.** Bioresource Technology. 96 (9) : 1039-1047.

Reed, S. C., Middiebrooks E. J. and Crites R. W. 1995. **Natural system for waste management and treatment.** 2nd ed. New York: McGraw-Hill Inc.

Reed, s., Parten. S., Maatzen. G. and Phoren. R. 1996. **Water reuse for sludge management and wetland habitat.** Wat Sci Tech.

Rogers F. E. J., Rogers K. H. and Buzer J. S. 1985. **Wetlands for wastewater treatment.** Jonhannesburg South Africa : Witwatersrand University Press.

Sawyer, C. N., Mccarty, P. L. and Parkin, G. P. 2003. **Chemistry for environmental engineering and science.** 5th edition. BcGraw-Hill.

Summerfelt, S. T., Adler, P. R., Glenn, D. M. and Kretschmann, R. N. 1999. **Aquaculture sludge removal and stabilization within created wetlands.** Aquacultural Engineering. 19 (2) : 81-92.

Tanner, C. C., Kadlec, R. H., Gibbs, M. M., Sukias, J. P. S. and Nguyen, M. L. 2002. **Nitrogen processing gradients in subsurface-flow treatment wetland-influence of wastewater characteristics.** Ecological Engineering. 18 (4) : 499-520.

Tchobanoglous, G. 1987. **Aquatic plant systems for wastewater treatment : engineering considerations.** In : Reddy, K. R. and Smith, W. H. (ed.) Aquatic plant for water treatment and resource recovery. Orlando, Fla : Magnolia.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

The Max Planck Institude of West Germany. 1976. **Making aquatic weeds useful : some perspectives for developing countries**. Washington D. C. : National Academy of Sciences

Truong, P. 2000. **Application of the vetiver system for phytoremediation of mercury pollution in the lake and Yolo counties, Northern California**. Pollution Solutions, pp. 550-561. Yolo county flood control. Northen California.

Truong, P and Hart. B. 2001. **Vetiver system for wastewater treatment** [Online] . Available from : http://www.vetiver.com/PRVN_wastwater bul.pdf. [2003, June 10]

Vieritz, A., Truong, P., Gardner, T. and Smeal, C. 2003. **Modelling Monto Vetiver growth and nutrient uptake for effluent irrigation schemes**. Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition, pp. 91-103. Guangzhou, P. R. China.

Wolverton, B. C. 1987. **Aquatic plants for wastewater treatment : an overview**. In : Reddy, K. R. and Smith, W. H. (ed.) Aquatic plant for water treatment and resource recovery. Orlando, Fla : Magnolia.

Yang, B., Shu, W. S., Ye, Z. H., Lan, C. Y. and Wong, M. H. 2003. **Growth and metal accumulation in vetiver and two *Sesbania* species on lead/ Zinc mine tailing.** Chemosphere. 52 (9) : 1593-1600.

Zheng, C., Tu, C. and Chen, H. 1997. **Preliminary study on purification of eutrophic water with vetiver** [Online]. Available from : http://www.vetiver.com/CHN_Water%20purification.htm. [2003, June 16]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. วิธีตรวจวิเคราะห์บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

1.1 หลักการ

เป็นการหาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ/น้ำเสีย โดยการวัดปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ/น้ำเสีย การวิเคราะห์หาค่า BOD เป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้หมดไปในเวลา 5 วัน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส

1.2 สภาวะการวิเคราะห์ทดสอบ

เตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างที่ควบคุมอุณหภูมิ 20 ± 3 องศาเซลเซียสหรือควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างที่อุณหภูมิ 20 ± 3 องศาเซลเซียส อินคิวเบท (Incubate) ตัวอย่างเป็นเวลา 5 วัน ± 6 ชั่วโมงในที่มืด ณ อุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส

1.3 การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่าง

หลังจากเก็บตัวอย่างควรจะทำการวิเคราะห์ทันที กรณีไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันทีต้องตัวอย่างน้ำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง

1.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- ขวดอินคิวเบท (Incubation Bottles) ขนาด 300 มิลลิลิตร พร้อมจุกแก้วที่เป็น Ground Joint พร้อมฝาครอบพลาสติก (BOD Cap)
- ตู้อินคิวเบท (Refrigesated Incubator) ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 ± 1 องศาเซลเซียส
- บิวเรตต์ (Burette)
- ปิเปตต์ (Pipette)
- กระบอกตวง (Grunduedsilender)
- Air pump

1.4.2 สารเคมี

- Potassium Dihydrogen Phosphate (KH_2PO_4)
- Di - Potassium Dihydrogen Phosphate (K_2HPO_4)
- Di - Sodium Hydrogen Phosphate hepta hydrate ($Na_2HPO_4 .7H_2O$)
- Ammonium Chloride (NH_4Cl)
- Magnesium Sulfate ($MgSO_4.7H_2O$)
- Calcium Chloride ($CaCl_2.2H_2O$)
- Iron (III) Chloride Hexahydrate ($FeCl_36H_2O$)
- Sulfuric Acid (H_2SO_4)
- Manganese Sulfate ($MnSO_4H_2O$)
- Sodium Hydroxide (NaOH)
- Potassium bi - iodate[$KH(IO_3)_2$]
- Sodium Iodide (NaI)
- Sodium Azide (NaN_3)
- Starch Soluble
- Sodium Thiosulfate pentahydrate ($Na_2S_2O_35H_2O$)
- Purified Water

1.4.3 วิธีเตรียมสารละลาย

- สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 8.5 กรัม ไดโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4) 21.75 กรัม, ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($Na_2HPO_4.7H_2O$) 33.4 กรัม และแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1 ลิตร

- สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต เตรียมโดยละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($NgSO_4.7H_2O$) 22.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

- สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เตรียมโดยละลายแอนไฮดรัสแคลเซียมคลอไรด์ (Anhydrous$CaCl_2$) 27.5 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

- สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ เตรียมโดยละลายเฟอร์ริคคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ($FeCl_3.6H_2O$) 0.25 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

- สารละลายกรดและด่างเพื่อใช้ในการปรับค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำเสีย

- ค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริคเข้มข้น 28 มิลลิลิตรลงในน้ำกลั่น พร้อมคน เจือจางจนได้ 1 ลิตร แต่ถ้าเป็นด่างละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

- สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ เตรียมโดยละลายโซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) 1.575 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร สารละลายนี้ไม่อยู่ตัวต้องเตรียมวันที่จะใช้

- ไนตริฟิเคชัน อินฮิบิเตอร์ (Nitrification Inhibitor 2-chloro – 6 (trichloromethyl) pyridine : TCMP)

- สารละลายมาตรฐานกลูโคสและกรดกลูตามิก (Glucose – Glutamic acid solution) อบกลูโคสและกรดกลูตามิก ที่อุณหภมิ 103 องศาเซลเซียส 1ชั่วโมง เติม 150 มิลลิกรัม กลูโคสและ 150 มิลลิกรัมกรดกลูตามิกในน้ำกลั่นเจือจางจนได้ 1 ลิตร

- สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ เตรียมโดยละลาย 1.15 กรัม NH_4Cl ในน้ำกลั่น ประมาณ 500 มิลลิลิตรปรับสารละลายนี้ให้มีพีเอช 7.2 ด้วยสารละลาย NaOH แล้วเจือจางจนได้ 1 ลิตร สารละลายนี้จะมีไนโตรเจน 0.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

- น้ำกลั่น (Purified Water)

- สารละลายแมงกานีสซัลเฟต เตรียมโดยละลาย $MnSO_4$ $4H_2O$ 480 กรัม หรือ $MnSO_4$ $2H_2O$ 400 กรัม หรือ $MnSO_4$ .H_2O 364 กรัม ในน้ำกลั่น กรองและปรับปริมาตรจนได้ 1 ลิตร

- Alkali-iodide Azide Reagent เตรียมโดย ละลาย NaOH 500 กรัม และ NaI 135 กรัม ในน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร1ลิตร ละลาย $NaN_3$10 กรัมในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วเติมลงในสารละลายข้างต้น

- น้ำแป้ง (Starch Solution) วิธีเตรียมละลาย Soluble starch 5 กรัม ในน้ำต้มประมาณ 800 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน เติมน้ำให้ได้ 1 ลิตร ต้มให้เดือดประมาณ 2-3 นาที ตั้งค้างคืนไว้ใช้แต่น้ำใส ๆ ข้างบน ควรเติม Salicylic Acid 1.25 กรัม ต่อน้ำแป้ง 1 ลิตร หรือ Toluene 2-3 หยดเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

- สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล เตรียมโดยละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 6.205 กรัม ในน้ำกลั่น เติม 6 N NaOH หรือ NaOH 0.4 กรัม และเจือจางให้ได้ 1 ลิตร ทำการ standardization สารละลายนี้ด้วยสารละลายไบไอโอเดต หรือ ไดโครเมตที่ทราบความเข้มข้น

- สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.025 นอร์มัลสารละลายซึ่งจะสมมูลกับ 0.025 นอร์มัลโซเดียมไธโอซัลเฟตจะมี $K_2Cr_2O_7$ อยู่ 1.226 กรัมต่อลิตร $K_2Cr_2O_7$ที่จะ

ใช้ต้องอบให้แห้งที่ 103 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง (Standardization : เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่เตรียมไว้) ละลาย KI ประมาณ 2 กรัม ในขวดรูปกรวยด้วย น้ำกลั่น 100 – 150 มิลลิลิตร เติม 6N $H_2SO_4$1มิลลิลิตร ลงไปตามด้วย $K_2Cr_2O_7$ 0.025 นอร์มัล 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาที เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 400 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3$ ที่เตรียมไว้ เติมน้ำแป้งเมื่อใกล้จะถึง End Point ซึ่งสังเกตได้จากสีของสารละลายเป็นสีฟางข้าว ถ้าสารละลาย $Na_2S_2O_3$ มีความเข้มข้น 0.025 นอร์มัล ปริมาตรที่ใช้ ในการไทเทรตจะเท่ากับ 20 มิลลิลิตรพอดี ปกติแล้วมักปรับความเข้มข้นของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ให้เท่ากับ 0.025 นอร์มัลพอดีเพื่อความสะดวกในการคำนวณ คำนวณหาความเข้มข้นจากสูตร

เมื่อ $M_2 = (V_1 M_1) / V_2$

M_2 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มัล)

V_2 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (มิลลิลิตร)

V_1 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต (มิลลิลิตร)

M_1 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต(นอร์มัล)

1.5 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

- การเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์ (Pretreatment)
- นำตัวอย่างน้ำที่มีการปรับอุณหภูมิให้ได้ 20 ± 3 องศาเซลเซียส
- เติมอากาศให้ตัวอย่างมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำใกล้จุดอิ่มตัว
- ค่อย ๆ รินตัวอย่างน้ำลงในขวดบีโอดีจนถึงคอขวด ระวังอย่าให้มีฟองอากาศโดยรินตัวอย่างใส่ขวดบีโอดี 2 ขวด ต่อ 1 ตัวอย่าง ปิดจุกให้สนิทและมีน้ำหล่อที่ปากขวด
- นำขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลาย ดังนี้
- เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 มิลลิลิตร และสารละลายอัลคาไลไอโอไดด์ 1 มิลลิลิตร
- ปิดจุกระวังอย่าให้มีฟองอากาศ เขย่าโดยการกลับขวดไปมาประมาณ 15 ครั้ง จะเกิดตะกอนสีน้ำตาลปล่อยให้ตกตะกอน
- เปิดจุกออกแล้วเติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น 2 มิลลิลิตร ปิดจุกเขย่าให้เข้ากันจนกระทั่งตะกอนละลายหมด ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ก่อนนำไปไตเตรทสารละลายนี้จะเก็บไว้ได้ 2 ชั่วโมง

- ไตเตรทสารละลายตัวอย่างด้วย โซเดียมไทโอซัลเฟต 0.025 N จนกระทั่งสีเหลืองเริ่มจางลง (สีฟางข้าว) เติมน้ำแป้ง 1 มิลลิลิตร จะได้สีน้ำเงิน ไตเตรทต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงิน

- บันทึกปริมาตรของโซเดียมไทโอซัลเฟต ถือว่าเป็นค่าออกซิเจนละลายที่มีเริ่มต้นให้เป็น DO_0

- นำอีกขวดหนึ่งใส่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบ 5 วันแล้ว นำตัวอย่างนั้นมาหาออกซิเจนละลายที่เหลืออยู่

- บันทึกปริมาตรของโซเดียมไทโอซัลเฟต ถือว่าเป็นค่าออกซิเจนละลายที่เพาะเลี้ยงไว้เป็นเวลา 5 วัน ให้เป็น DO_5

1.6 วิธีการที่ต้องเจือจางตัวอย่าง

- การเตรียมน้ำสำหรับใช้เจือจาง
- ขั้นตอนการเจือจางตัวอย่าง
- เลือกเปอร์เซนต์ตัวอย่างการทำเจือจางที่คาดว่าจะให้ค่า BOD อยู่ในช่วงที่กำหนด
- เติมน้ำผสมเจือจางลงในกระบอกประมาณ 10 มิลลิลิตร
- เติมตัวอย่างตามส่วนที่คำนวณได้จากตาราง
- เติมน้ำผสมเจือจางลงจนครบ 1 ลิตร
- กวนให้เข้ากันโดยใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน อย่าให้มีฟองอากาศ
- ค่อย ๆ ดูดตัวอย่างที่ผสมกันดีแล้ว ลงในขวดบีโอดีที่แห้งและสะอาด ปิดจุกขวดให้สนิทตรวจดูให้แน่ใจว่ามีน้ำหล่อที่ปากขวด ปิดด้วยฝา Cap แล้วนำไปเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 ±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน 6 ± ชั่วโมง จึงนำออกมาหาค่าออกซิเจนละลาย (DO_5) โดยใช้วิธี Azide Modification ส่วนขวดที่เหลือนำไปวิเคราะห์หาออกซิเจนละลาย (DO) ทันทีเพื่อทราบค่า DO_0 ที่จุดเริ่มต้น

1.7 การพิจารณาผลเพื่อใช้คำนวณค่า BOD

ผลที่น่าเชื่อถือและจะใช้คำนวณต่อไปได้นั้นจะต้องมีค่าปริมาณ DO เหลืออยู่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และต้องมีการลดปริมาณ DO ลงไปอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตรของตัวอย่างที่ทำการเจือจางจึงจะทำให้ค่า BOD ที่คำนวณออกมาได้นั้นถูกต้องที่สุด

1.8 การคำนวณ

$$BOD_5\ (mg/L) = \frac{D_0 - D_5}{p}$$

เมื่อ D_0 = DO ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางและทำการหาทันที, มิลลิกรัม/ลิตร

D_5 = DO ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางแล้วเพาะเลี้ยงไว้เป็นเวลา 5 วันที่ 20 องศาเซลเซียส, มิลลิกรัม/ลิตร

P = % Dilution

2. วิธีตรวจวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS)

2.1 หลักการ

ปริมาณของแข็งแขวนลอย หมายถึง ตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.45 ไมโครเมตร ที่เหลือค้างอยู่บนกระดาษกรอง หลังจากการกรองตัวอย่างน้ำผ่านกระดาษกรองใยแก้ว แล้วนำกระดาษกรองพร้อมตะกอนที่ค้างอยู่ด้านบนไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น คือปริมาณของแข็งแขวนลอย

2.2 สภาวะการวิเคราะห์

ควบคุมห้องเครื่องชั่งให้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25 ± 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 40-60

2.3 การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ

ควรเก็บตัวอย่างในขวดแก้วหรือขวดพลาสติกที่จะไม่ทำให้สารแขวนลอยที่ข้างภาชนะ ควรวิเคราะห์ทันทีแต่ถ้าไม่สามารถทำได้ให้เก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทางที่ดีไม่ควรเก็บเกิน 1 วัน แต่ถ้าเก็บไว้นานเกิน 7 วัน อย่านำตัวอย่างนั้นมาวิเคราะห์อีก ตัวอย่างที่แช่เย็นเมื่อจะนำมาวิเคราะห์ต้องทิ้งให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องเสียก่อน

2.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

- โถทำแห้ง (Desicator)

- (Analytical Balance) ความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

- กระดาษกรองใยแก้ว (Glass microfiber filters)

- กรวยกรองบุคเนอร์ (Buchner funnel)

- เครื่องดูดสุญญากาศ (Vacum Pump & Suction Flask) ขนาด 1 ลิตร กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50, 100 มิลลิตร

- ที่คีบกระดาษ (Forceps) วัดวัดปริมาตร (Volumetric Flask) ถ้วยอลูมิเนียมสำหรับใส่กระดาษกรอง

- ขวดสำหรับฉีดล้าง (Washing Bottle) ชนิดพลาสติก

2.5 สารเคมี

- สารละลาย Reference Suspended of Microcrystalline Cellulose ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

- น้ำกลั่น (Purifide Water)

2.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์

- เตรียมชุดกรองตัวอย่าง โดยต่อเครื่องดูดสุญญากาศ

- การเตรียมกระดาษกรอง การสูญหายไปของน้ำหนักหลังจากผ่านการกรองและอบ โดยสุ่มเลือกกระดาษกรองอย่างน้อย 3 แผ่น ในแต่ละกล่อง วิเคราะห์กระดาษกรองแต่ละแผ่นดังนี้

1) วางกระดาษกรองแต่ละแผ่นในแผ่นอลูมิเนียม

2) ทำการล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นประมาณ 150 มิลลิลิตร และเปิดเครื่องดูดสุญญากาศจนแห้ง

3) อบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียสประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก อบและชั่งซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักที่ชั่งได้ครั้งหลังสุดเปลี่ยนแปลงไปจากครั้งก่อนไม่เกินร้อยละ 4 หรือ 0.0005 กรัม ของน้ำหนักครั้งก่อน (โดยนำน้ำหนักที่ชั่งครั้งสุดท้ายมาคำนวณผล)

4) คำนวณผลต่างระหว่างน้ำหนักของกระดาษกรองเริ่มต้นและน้ำหนักของกระดาษกรองหลังผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่นแล้ว หากน้ำหนักที่สูญเสียไปไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม แสดงว่ากระดาษกรองกล่องที่ตรวจสอบนี้เหมาะสมสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอย

- การเตรียมกระดาษกรองสำหรับที่ใช้ทำการวิเคราะห์ และนำกระดาษกรองชุดที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว มาเตรียมไว้ให้พร้อมสำหรับใช้งาน ตามขั้นตอนดังนี้

1) วางกระดาษกรองลงบนกรวยของชุดกรองซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดสุญญากาศโดยให้ด้านหยาบของกระดาษกรองอยู่ด้านบน

2) ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นประมาณ 150 มิลลิลิตร และเปิดเครื่องดูดสุญญากาศจนแห้ง

3) นำกระดาษกรองไปใส่ในถ้วยกระดาษอลูมิเนียม

4) อบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

5) ชั่งน้ำหนัก อบและชั่งซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักที่ชั่งได้ครั้งหลังสุดเปลี่ยนแปลงไปจากครั้งก่อนไม่เกินร้อยละ 4 หรือ 0.0005 กรัม ของน้ำหนักครั้งก่อน (บันทึกน้ำหนัก B โดยนำน้ำหนักที่ชั่งครั้งสุดท้ายมาคำนวณผล)

6) เก็บกระดาษกรองไว้ในโถดูดความชื้น

2.7 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

- ใช้ปากคีบหนีบกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักคงที่แล้วมาวางลงบนกรวยของชุดกรองที่ต่อเข้ากับเครื่องดูดสุญญากาศ โดยให้ด้านหยาบของกระดาษกรองอยู่ด้านบน

- ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 20 มิลลิลิตร ติดต่อกัน 3 ครั้งโดยเปิดเครื่องดูดสุญญากาศให้กระดาษกรองแนบติดแน่นกับกรวย

- ปรับตัวอย่างน้ำให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง

- กวนตัวอย่างด้วย Magnetic Sterrer ให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน

- เทตัวอย่างใส่กระบอกตวงโดยเทครั้งเดียวให้ได้ปริมาตรใกล้เคียงกับที่ต้องการบันทึกปริมาตรที่ใช้ควรเลือกปริมาตรตัวอย่างที่คาดว่าจะให้น้ำหนักของของแข็งที่เหลือบนกระดาษกรองมีค่าประมาณ 2.5-200 มิลลิกรัม

- รินตัวอย่างลงบนกระดาษกรองในกรวยของชุดกรองที่เปิดเครื่องดูดสุญญากาศและใช้แท่งแก้วช่วยเพื่อไม่ให้น้ำตัวอย่างล้นถึงขอบของกระดาษกรอง

- ฉีดน้ำกลั่นล้างของแข็งที่อาจติดอยู่บนกระดาษกรองและกระบอกตวง 3 ครั้ง ด้วยน้ำกลั่นครั้งละประมาณ 10 มิลลิลิตร หลังจากกรองเรียบร้อยแล้วให้เปิดเครื่องดูดต่อไปอีก 3 นาที เพื่อกำจัดน้ำออกไปให้มากที่สุดเท่าที่มากได้

- ปิดเครื่องดูดสุญญากาศ ใช้ปากคีบหนีบกระดาษกรองใส่ถ้วยกระดาษอลูมิเนียมเดิม นำกระดาษกรองเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

- ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง อบและชั่งซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักที่ชั่งได้ครั้งหลังสุดเปลี่ยนแปลงไปจากการชั่งครั้งก่อนไม่เกินร้อยละ 4 หรือ 0.0005 กรัม ของน้ำหนักครั้งก่อน (บันทึกน้ำหนัก A โดยนำน้ำหนักที่ชั่งครั้งสุดท้ายมาคำนวณผล)

2.8 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณของแข็งแขวนลอย} = \frac{(A-B) \times 1000 \times 1000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร}}$$

เมื่อ A = น้ำหนักกระดาษกรอง + ปริมาณของแข็งแขวนลอย

B = น้ำหนักของแผ่นกระดาษกรองก่อนกรอง (กรัม)

3. วิธีตรวจวิเคราะห์ไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)

3.1 หลักการ

ปริมาณ Amino Nitrogen ในสารอินทรีย์แอมโมเนียอิสระและแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในตัวอย่างเปลี่ยนเป็น Ammonium Sulfate ภายใต้สภาวะที่มีกรดซัลฟุริกและสารโปตัสเซียมซัลเฟตโดยมีคอปเปอร์ซัลเฟตเป็นตัว Catalyst หลังจากนั้นแอมโมเนียในสภาวะที่เป็นด่างจะถูกจับในกรดบอริคแล้วนำไปไตเตรทด้วยกรดวัลฟุริกทำให้ทราบปริมาณทีเคเอ็นที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำเสีย

3.2 การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่าง

กรณีที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันทีให้เติม สารละลายกรดซัลฟุริกจน pH < 2 เก็บรักษาสภาพตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส และทำการวิเคราะห์ภายใน 28 วัน หลังจากเก็บตัวอย่าง

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

- ชุดเตาย่อย (Digestion Apparatus)
- ชุดกลั่น (Distillation Apparatus)
- เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

- เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance)
- ขวดเจลดาห์ (Kjeldahl Flask) ขนาด 800 มิลลิลิตร
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร
- ปิเปตแบบปริมาตร (Volumetric Pipet) ขนาด 5, 10 และ 50 มิลลิลิตร
- บิวเรต (Buret) ขนาด 50 มิลลิลิตร
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 50,100 และ 1,000 มิลลิลิตร

3.4 สารเคมี

- สารละลายสำหรับย่อย (Digestion Solution)

ละลาย K_2SO_4 134 กรัม และ$CuSO_4$ 7.3 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร เติม H_2SO_4 134 มิลลิลิตร เมื่อเย็นลงเท่าอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร ผสมให้เข้ากัน ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 กรัม และโซเดียมไทโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($Na_2S_2O_35H_2O$) 25 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed Indicator Solution) และ ละลายเมทธิลเรด 200 มิลลิกรัม ใน 100 มิลลิลิตร ของ 95% เมทธิลแอลกอฮอล์ และละลายเมทธีลลีนบลู 100 มิลลิกรัม ใน 50 มิลลิลิตร ของ 95% เมทธีลอัลกอฮอล์ รวมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกัน (เตรียมใช้ในแต่ละเดือน)

- สารละลายกรดบอริคอินดิเคติ้ง (Indicating Boric Acid Solution) ละลายกรดบอริค (Boric Acid, H_3BO_3) 20 กรัม ในน้ำกลั่น เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม 10 มิลลิลิตร เจือจางเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (เตรียมใช้ในแต่ละเดือน) สารละลายมาตรฐาน กรดซัลฟุริก 1 นอร์มัล และปิเปต 28 มิลลิลิตร ของกรดซัลฟุริกเข้มข้น 95-97% (AR) ด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

- สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟุริก 0.02 นอร์มัล ปิเปต 20 มิลลิลิตรของสารละลายกรดซัลฟุริกมาตรฐานเข้มข้น 1 นอร์มัล แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร (ถ้ากรดที่ใช้เข้มข้น 0.02 นอร์มัล 1 มิลลิลิตร จะเท่ากับ 280 ไมโครกรัมไนโตรเจน)

- สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate Solution, Na_2CO_3) ที่เข้มข้น 0.05 N โดยละลายโซเดียมคาร์บอเนต 2.50 กรัม (อบแห้ง 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง) ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรจนครบ 1 ลิตรสามารถเก็บได้นาน 7 วัน

3.5 การย่อยตัวอย่าง

- เลือกปริมาตรตัวอย่างที่ต้องการใช้ ตามตารางที่กำหนด ปิเปตใส่ขวดเจลดาลห์ขนาด 800 มิลลิลิตร

- เติมสารละลายสำหรับย่อย ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

- ใส่เม็ดแก้วประมาณ 3-5 เม็ด

- นำตัวอย่างไปย่อยภายในตู้ดูดควัน จนกระทั่งปริมาตรตัวอย่างลดลง (ประมาณ 25 ถึง 50 มิลลิลิตร) และสังเกตเห็นไอควันสีขาวเกิดขึ้น

- ทำการย่อยต่ออีกประมาณ 30 นาที ย่อยจนสารละลายเป็นสีเขียวอ่อนใส ปิดเตา

- เติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

- เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอดไซด์-โซเดียมไทโอซัลเฟต 50 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ต่อเข้ากับเครื่องกลั่น

3.6 การกลั่นตัวอย่าง

- ทำการเปิดเครื่องชุดกลั่นเพื่อเตรียมการกลั่นตัวอย่าง

- เติมสารละลายกรดบอริค อินดิเคติ้ง ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เป็นตัวจับลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่รองรับส่วนที่กลั่นจนได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร โดยจุ่มปลายท่อลงไปใต้ผิวของสารละลายซึ่งถ้าตัวอย่างมีปริมาณทีเคเอ็น สารละลายกรดบอริกอินดิเคติ้งจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว (อุณหภูมิในคอนเดนเซอร์ไม่ควรเกิน 29 องศาเซลเซียสและกลั่นล้างคอนเดนเซอร์ประมาณ 1-2 นาที)

- นำส่วนที่กลั่นได้ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟุริก 0.02 นอร์มัล จะได้จุดยุติจากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อน จดปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟุริก 0.02 นอร์มัลที่ใช้

- ทำ Reagent Blank โดยใช้น้ำกลั่นและผ่านขั้นตอนทุกอย่างเหมือนกับตัวอย่าง

3.7 การคำนวณ

$$\text{TKN (mg/ l)} = \frac{(A - B) \times 280}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)}}$$

เมื่อ A = มิลลิลิตรของ 0.02 N H_2SO_4 ที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของ 0.02 N H_2SO_4 ที่ใช้ในการไทเทรตแบลงค์

4. วิธีตรวจวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

4.1 หลักการ

Ammonium Molybdate และ Potasaium Antimonyl Tartrate จะทำปฏิกิริยาในสารละลายที่เป็นกรดกับสารละลายออร์โธฟอสเฟตเจือจางเกิดเป็น Heteropoly Acid Phosphomolybdic Acid ซึ่งจะถูกรีดิวซ์โดย Ascorbic Acid ได้สีฟ้าของ Molubdenum Blue วิธีนี้วัดความเข้มข้นฟอสเฟตได้ต่ำถึง 10 μgP/l

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องสเปกโทรโปโตมิเตอร์ ความยาวคลื่น 880 nm
- เครื่องแก้วที่ล้างด้วยน้ำกรด และน้ำกลั่นตามลำดับ

4.3 สารเคมี

- H_2SO_4 เข้มข้น 5 N เติมกรดซัลฟุริคเข้มข้น 70 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่นเล็กน้อยผสมให้เข้ากัน ทิ้งให้เย็นปรับปริมาตร เป็น 500 มิลลิลิตร
- สารละลายแอนติโมนีโปตัสเซียมทาเทรท
- ละลาย 1.3715 กรัม ของ $K(SbO)C_4H_4O_6.1/2\ H_2O$ ในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร (เก็บในขวดแก้ว)
- สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท ละลาย 20 กรัม ของ $(NH_4)_6Mo_7O_{24}4\ H_2O$ ในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร (เก็บในขวดพลาสติก ที่ 4 องศาเซลเซียส)
- Ascrobic Acid 0.1 M ละลาย 1.76 กรัม ของ Ascrobic Acid ในน้ำกลั่น เล็กน้อย แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร (เก็บได้ 1 อาทิตย์ แช่เย็น 4 องศาเซลเซียส)
- น้ำยารวม (Combined Reagent)

ผสม 50 มิลลิลิตร ของ H_2SO_4 เข้มข้น 5 N
5 มิลลิลิตร ของ สารละลายแอนติโมนีโปตัสเซียมทาเทรท
15 มิลลิลิตร ของ สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท
30 มิลลิลิตร ของ Ascrobic Acid

น้ำยาทุกตัวก่อนนำมาผสมกันต้องตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเสียก่อนถ้ามีความขุ่นเกิดขึ้นในน้ำยารวมภายหลังจากเติมแอนติโมโปตัสเซียมหรือแอมโมเนียมโมลิบเดท ให้เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 2 -3 นาที จึงเติมตัวต่อไปต้องผสมตามลำดับ

- Stock Phosphate ละลาย 219.5 มิลลิกรัม ของ KH_2PO_4 (Anhydrous) ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

- Standard Solution นำ Stock Phosphate มา 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

- สารละลายฟีนอล์ฟธาลีนอินดิเคเตอร์

- ละลายพีนอล์พธาลีน 5 กรัม ในแอทธานอล 95% จำนวน 500 มิลลิลิตร

- สารละลายกรดซัลฟุริค (H_2SO_4 Solution) เติมกรดซัลฟุริคเข้มข้น 300 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งให้เย็นปรับปริมาตร เป็น 1 ลิตร

- สารละลายโปตัสเซียมเปอร์ซัลเฟตละลาย $K_2S_2O_8$ 5 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

- NaOH เข้มข้น 1 N ละลาย NaOH 40 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4.4 วิธีวิเคราะห์

4.4.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำ (Digestion)

ดูดตัวอย่างน้ำมา 50 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปกรวยขนาด 125 มิลลิลิตร เติม Phenolphalein indicator 1 หยด ถ้าได้สีแดงให้หยด 5 NH_2SO_4 ลงไปทีละหยดจนกระทั่งสีแดงหายไป เติม combined reagent 8 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 30 นาที เพื่อให้สีเกิดขึ้น แล้วอ่านค่า ABS ที่ความยาวคลื่น 880 nm โดยใช้ Regent Blank เป็น Reference Solution สีของน้ำธรรมชาติจะไม่รบกวนการวิเคราะห์ ถ้าใช้ความยาวคลื่นแสงเท่าที่ใช้อยู่ แต่ในกรณีที่น้ำตัวอย่างมีสีหรือความขุ่นมาก ให้ทำ Blank โดยเติมน้ำยาเคมีทุกอย่างที่ใช้กับตัวอย่างน้ำ นอกจาก Ascorbic และ Antimonyl แล้วนำค่า ABS ของ Blankไปหักออกจากค่า ABS ของตัวอย่างทุกอัน

4.5 การคำนวณ

4.5.1 ถ้าต้องการในรูปของ P

$$\text{Phosphorus (mg / l P)} = \frac{\mu g \text{ P ที่อ่านได้จากกราฟ}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้}}$$

4.5.2 ถ้าต้องการในรูปของ PO_4^{-3}

Phosphorus (mg / l PO_4^{-3}) = mg/l P x 3.06

หมายเหตุ ถ้าตัวอย่างมีสีหรือความขุ่นมาก ให้ทำ Blank โดยใช้ตัวอย่างน้ำแทนน้ำกลั่น ทำเหมือนตัวอย่างทุกขั้นตอน ยกเว้น ในการเติมน้ำยารวม ให้เตรียมโดยไม่เติม เอนติโมนีโพแทสเซียม และกรดแอสคอบิค

ภาคผนวก ข
ข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง
จากอาคารบางประเภทและบางขนาด

ข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง
จากอาคารบางประเภทและบางขนาด

การปฏิรูประบบราชการให้มีการจัดตั้งกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมขึ้นมา และให้โอนภารกิจของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ ไปเป็นของ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประกอบกับเป็นการสมควรให้คณะกรรมการควบคุมมลพิษเป็นผู้พิจารณาเห็นชอบกับวิธีการตรวจหาค่ามาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง นอกเหนือจากวิธีการที่กำหนดไว้แทนกรมควบคุมมลพิษ จึงสมควรทำการแก้ไขปรับปรุงประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

อาศัยอำนาจตามมาตรา ๕๕ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ แก้ไขโดยมาตรา ๑๑๔ แห่งพระราชกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการ ให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. ๒๕๔๕ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๔๘ มาตรา ๕๐ และมาตรา ๕๑ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้ ซึ่งอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมายรัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยได้รับคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษและความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ จึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ ๑๐ มกราคม พ.ศ. ๒๕๓๗

ข้อ ๒ ในประกาศนี้

"อาคาร" หมายความว่า อาคารที่ก่อสร้างขึ้น ไม่ว่าจะมีลักษณะเป็นอาคารหลังเดียวหรือเป็นกลุ่มของอาคารซึ่งตั้งอยู่ภายในพื้นที่ซึ่งเป็นบริเวณเดียวกัน และไม่ว่าจะมีท่อระบายน้ำท่อเดียวหรือมีหลายท่อที่เชื่อมติดต่อกันระหว่างอาคารหรือไม่ก็ตาม ซึ่งได้แก่

(๑) อาคารชุด ตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด

(๒) โรงแรม ตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม

(๓) หอพัก ตามกฎหมายว่าด้วยหอพัก

(๔) สถานบริการประเภทสถานอาบน้ำ นวดหรืออบตัว ซึ่งมีผู้ให้บริการแก่ลูกค้าตามกฎหมาย ว่าด้วยสถานบริการ

(๕) โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาล ตามกฎหมายว่าด้วยเป็นสถานพยาบาล

(๖) อาคารโรงเรียนเอกชน ตามกฎหมายว่าด้วยโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการอาคารสถาบันอุดมศึกษาของเอกชน ตามกฎหมายว่าด้วยสถาบันอุดมศึกษาของเอกชนและสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ

(๗) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือองค์การระหว่างประเทศและของเอกชน

(๘) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้า

(๙) ตลาดตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข แต่ไม่รวมถึงท่าเทียบเรือประมง สะพานปลาหรือกิจการแพปลา

(๑๐) ภัตตาคารหรือร้านอาหาร

“น้ำทิ้ง” หมายความว่า น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้วจนเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งตามที่กำหนดไว้ในประกาศนี้

ข้อ ๓ ให้แบ่งประเภทของอาคารตามข้อ ๒ ออกเป็น ๕ ประเภท คือ

(๑) อาคารประเภท ก.

(๒) อาคารประเภท ข.

(๓) อาคารประเภท ค.

(๔) อาคารประเภท ง.

(๕) อาคารประเภท จ.

ข้อ ๔ อาคารประเภท ก. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(๑) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๐๐ ห้องนอนขึ้นไป

(๒) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๐๐ ห้องขึ้นไป

(๓) โรงพยาบาลของทางราชการ รัฐวิสาหกิจหรือสถานพยาบาล ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๓๐ เตียงขึ้นไป

(๔) อาคารโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร กลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(๕) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศ หรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๕,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(๖) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

(๗) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒,๕๐๐ ตารางเมตร ขึ้นไป

(๘) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒,๕๐๐ ตารางเมตรขึ้นไป

ข้อ ๕ อาคารประเภท ข. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(๑) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐๐ ห้องนอน แต่ไม่ถึง ๕๐๐ ห้องนอน

(๒) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๖๐ ห้อง แต่ไม่ถึง ๒๐๐ ห้อง

(๓) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕๐ ห้องขึ้นไป

(๔) สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารที่มีตั้งแต่ ๕,๐๐๐ตารางเมตรขึ้นไป

(๕) โรงพยาบาลของทางราชการ รัฐวิสาหกิจหรือสถานพยาบาล ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืน รวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐ เตียง แต่ไม่ถึง ๓๐ เตียง

(๖) อาคารโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชนหรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่๕,๐๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตร

(๗) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศ หรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐,๐๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๕๕,๐๐๐ ตารางเมตร

(๘) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕,๐๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๒๕,๐๐๐ ตารางเมตร

(๙) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑,๕๐๐ ตารางเมตรแต่ไม่ถึง ๒,๕๐๐ ตารางเมตร

(๑๐) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๒,๕๐๐ ตารางเมตร

ข้อ ๖ อาคารประเภท ค. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(๑) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารไม่ถึง ๑๐๐ ห้องนอน

(๒) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารไม่ถึง ๖๐ ห้อง

(๓) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๐ ห้อง แต่ไม่ถึง ๒๕๐ ห้อง

(๔) สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑,๐๐๐ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๕,๐๐๐ ตารางเมตร

(๕) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศ หรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕,๐๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง๑๐,๐๐๐ ตารางเมตร

(๖) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑,๐๐๐ ตารางเมตรแต่ไม่ถึง ๑,๕๐๐ ตารางเมตร

(๗) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๒๕๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๕๐๐ ตารางเมตร

ข้อ ๗ อาคารประเภท ง. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(๑) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐ ห้อง แต่ไม่ถึง ๕๐ ห้อง

(๒) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๕๐๐ ตารางเมตรแต่ไม่ถึง ๑,๐๐๐ ตารางเมตร

(๓) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ ๑๐๐ ตารางเมตร แต่ไม่ถึง ๒๕๐ ตารางเมตร

ข้อ ๘ อาคารประเภท จ. หมายความถึง ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นไม่ถึง ๑๐๐ ตารางเมตร

ข้อ ๙ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ก. ต้องมีค่าดังต่อไปนี้

(๑) ความเป็นกรดและด่าง (PH) ต้องมีค่าระหว่าง ๕-๙

(๒) บีโอดี (BOD) ต้องมีค่าไม่เกิน ๒๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ต้องมีค่าไม่เกิน ๓๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) ซัลไฟด์ (Sulfide) ต้องมีค่าไม่เกิน ๑.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๕) สารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solids) ต้องมีค่าเพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำใช้ตามปกติไม่เกิน ๕๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๖) ตะกอนหนัก (Settleable Solids) ต้องมีค่าไม่เกิน ๐.๕ มิลลิลิตรต่อลิตร

(๗) น้ำมันและไขมัน (Fat Oil and Grease) ต้องมีค่าไม่เกิน ๒๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๘) ทีเคเอ็น (TKN) ต้องมีค่าไม่เกิน ๓๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๐ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ข. ต้องเป็นไปตามข้อ ๙ เว้นแต่

(๑) บีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน ๓๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) สารแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๑ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ค. ต้องเป็นไปตามข้อ ๙ เว้นแต่

(๑) บีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) สารแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) ซัลไฟด์ ต้องมีค่าไม่เกิน ๓.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) ค่าทีเคเอ็น ต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๒ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ง. ต้องเป็นไปตามข้อ ๙ เว้นแต่

(๑) บีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒) สารแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) ซัลไฟด์ ต้องมีค่าไม่เกิน ๔.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) ค่าทีเคเอ็น ต้องมีค่าไม่เกิน ๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๓ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท จ. ต้องมีค่าดังต่อไปนี้

(๑) ความเป็นกรดและด่างต้องมีค่าระหว่าง ๕-๙

(๒) บีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน ๒๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) สารแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน ๖๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) น้ำมันและไขมัน ต้องมีค่าไม่เกิน ๑๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๔ การตรวจสอบมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

(๑) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่างให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่าง

(๒) การตรวจสอบค่าบีโอดีให้กระทำโดยใช้วิธีการอะไซด์โมดิฟิเคชั่น

(Azide Modification) ที่อุณหภูมิ ๒๐ องศาเซลเซียส เป็นเวลา ๕ วัน ติดต่อกันหรือวิธีการอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษให้ความเห็นชอบ

(๓) การตรวจสอบค่าสารแขวนลอยให้กระทำโดยใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว(Glass Fibre Filter Disc)

(๔) การตรวจสอบค่าซัลไฟด์ให้กระทำโดยใช้วิธีการไตเตรท (Titrate)

(๕) การตรวจสอบค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมดให้กระทำโดยใช้วิธีการระเหยแห้งระหว่างอุณหภูมิ ๑๐๓ องศาเซลเซียส ถึงอุณหภูมิ ๑๐๕ องศาเซลเซียส ในเวลา ๑ ชั่วโมง

(๖) การตรวจสอบค่าตะกอนหนักให้กระทำโดยใช้วิธีการกรวยอิมฮอฟฟ์ (Imhoff cone) ขนาดบรรจุ ๑,๐๐๐ ลูกบาศก์เซนติเมตร ในเวลา ๑ ชั่วโมง

(๗) การตรวจสอบค่าน้ำมันและไขมัน ให้กระทำโดยใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

(๘) การตรวจสอบค่าทีเคเอ็นให้กระทำโดยใช้วิธีการเจลดาห์ล (Kjeldahl)

ข้อ ๑๕ การคิดคำนวณพื้นที่ที่ใช้สอย จำนวนอาคารและจำนวนห้องของอาคาร กลุ่มอาคาร ให้เป็นไปตามวิธีการที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๑๖ วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ ความถี่ และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำ ให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๑๗ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๗ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๔๘

ยงยุทธ ติยะไพรัช

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นายเจษฎาพงศ์ สีพรหม

วัน เดือน ปีเกิด 9 มกราคม พ.ศ. 2534

ภูมิลำเนา อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

2545	ประถมศึกษา	โรงเรียนชลประทานสงเคราะห์ จังหวัดนนทบุรี
2548	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนชลประทานวิทยา จังหวัดนนทบุรี
2551	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนนนทบุรีพิทยาคม จังหวัดนนทบุรี
2555	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นายเฉลิมวุฒิ เพ็ชรนิคม

วัน เดือน ปีเกิด 2 ธันวาคม พ.ศ. 2533

ภูมิลำเนา อำเภอตะกั่วทุ่ง จังหวัดพังงา

ประวัติการศึกษา

2545	ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านลำวะ จังหวัดพังงา
2548	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน จังหวัดพังงา
2551	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน จังหวัดพังงา
2555	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นางสาวอมรา ทิมพวงทอง

วัน เดือน ปีเกิด 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2533

ภูมิลำเนา อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

2545	ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนนทบุรี
2548	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จังหวัดนนทบุรี
2551	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จังหวัดนนทบุรี
2555	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร