# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างมากในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายโดยเฉพาะการดำรงชีวิตของมนุษย์เรานั้น นอกจากจะใช้น้ำเพื่อการดื่มการบริโภคแล้วยังต้องใช้น้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ อีกหลายอย่าง เช่น การกสิกรรม อุตสาหกรรม พลังงาน การขนส่ง การคมนาคม ฯลฯ ดังนั้น น้ำจึงเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อชีวิตความเป็นอยู่และความเจริญของชุมชน เมื่อมีสารเจือปนในน้ำก็ย่อมกล่าวได้ว่าน้ำนั้นเริ่มมีมลพิษแล้ว เมื่อสิ่งมีชีวิตใช้เข้าไปย่อมส่งผลให้เป็นอันตรายสะสมอยู่ ถ้าสะสมปริมาณมาก ๆ เข้าอาจทำให้เป็นอันตรายถึงขั้นเสียชีวิตก็เป็นได้

**คุณภาพน้ำ** หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ไม่ว่าจะเป็นแม่น้ำ ลำธาร ทะเล ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ ตลอดจนแหล่งน้ำใต้ดินโดยมีคุณสมบัติทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ทั้งนี้ดัชนีคุณภาพน้ำต่างๆ ต้องสามารถตรวจวัดได้ในเชิงปริมาณด้วยกระบวนการวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับและน่าเชื่อถือ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถแสดงค่าเป็นตัวเลขตามหลักวิทยาศาสตร์และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาแหล่งกำเนิดมลพิษและปัญหาเกี่ยวกับมลพิษทางน้ำ

**มลพิษของน้ำหรือน้ำเสีย** (Wastewater) คือ น้ำที่มีสิ่งแปลกปลอมเจือปนอยู่ ซึ่งมีผลทำให้น้ำนั้นเสื่อมคุณภาพหรือมีคุณสมบัติเปลี่ยนจากเดิมตามธรรมชาติ โดยเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลงจนทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งนั้นได้ลดลงหรือใช้ไม่ได้เลย

## แหล่งน้ำเสีย

น้ำเสียเป็นผลมาจากการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคของมนุษย์ ทั้งในกิจวัตรประจำวัน อุตสาหกรรม และการเกษตรกรรม ฯลฯ แหล่งกำเนิดน้ำเสียสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ (องค์การจัดการน้ำเสีย, 2547) คือ

1. น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของประชาชนที่อาศัยในชุมชน เช่น น้ำเสียจากบ้านเรือน อาคาร ที่พักอาศัย โรงแรม โรงพยาบาล โรงเรียน ร้านค้า อาคารสำนักงาน เป็นต้น น้ำเสียชุมชนนี้ส่วนใหญ่จะมีสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (Organic Matters) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และเป็นสาเหตุสำคัญของการทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเสื่อมโทรมลง

2. น้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรมตั้งแต่ขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การล้างวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องจักรกล

ตลอดจนการทำความสะอาดโรงงาน ลักษณะของน้ำเสียประเภทนี้จะแตกต่างกันไปตามประเภทของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต รวมทั้งระบบควบคุมและบำรุงรักษา องค์ประกอบของน้ำเสียประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ในรูปสารอินทรีย์ (Organic Matter) สารอนินทรีย์ (Inorganic Matters) อาทิ สารเคมี โลหะหนัก เป็นต้น

3. น้ำเสียเกษตรกรรม (Agricultural Wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร ครอบคลุมถึงการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์ ลักษณะของน้ำเสียประเภทนี้จะมีสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ ทั้งในรูปของสารอินทรีย์ Organic Matters) และสารอนินทรีย์ (Inorganic Matters) ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำ การใช้ปุ๋ย และสารเคมีต่าง ๆ ถ้าหากเป็นน้ำเสียจากพื้นที่เพาะปลูก จะพบสารอาหารจำพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม และสารพิษต่าง ๆ ในปริมาณสูง แต่ถ้าเป็นน้ำเสียจากกิจการการเลี้ยงสัตว์ จะพบสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์เป็นส่วนมาก

4. น้ำเสียที่ไม่ทราบแหล่งกำเนิด (Non-point Source Wastewater) ได้แก่ น้ำฝน และน้ำหลากที่ไหลผ่านและชะล้างความสกปรกต่าง ๆ เช่น กองขยะมูลฝอย แหล่งเก็บสารเคมี ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และคลองระบายน้ำ

**การเลี้ยงสุกร**

การเลี้ยงสุกรเป็นอาชีพที่น่าสนใจ เนื่องจากสุกรเป็นสัตว์ที่มีลักษณะเด่นหลายประการอาทิเช่น สุกรเป็นสัตว์ที่ลูกดกคลอดลูกแต่ละครั้งได้ประมาณ 6 - 12 ตัว แล้วยังสามารถให้ลูกได้ถึงปีละ 2 ครั้งและการเลี้ยงสุกรยังใช้เวลาในการเลี้ยงไม่นาน คือเลี้ยงสุกรเพียง 5 - 6 เดือนก็สามารถขายส่งตลาดได้ (ธำรงศักดิ์ พลบำรุง, 2539) ซึ่งทำให้เกษตรกรได้รับค่าตอบแทนสูงด้วยเหตุนี้เองเกษตรกรจึงนิยมประกอบกิจการฟาร์มสุกรมากขึ้น ดังนั้นปัญหาที่ตามมาคือปัญหาน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร เนื่องจากตามหลักสุขาภิบาลและการป้องกันโรคในฟาร์มสุกรจะต้องมีน้ำสะอาดให้สุกรกินตลอดเวลาและส่วนของน้ำเสียจะต้องมีการระบายออกจากคอกให้เร็วที่สุด ทำให้การเลี้ยงสุกรจะต้องใช้น้ำเพื่อการชะล้างมูลสัตว์และเศษอาหารต่างๆ ซึ่งทำให้น้ำทิ้งที่มาจากคอกหรือฟาร์มมักจะเป็นน้ำเสียส่วนใหญ่ ดังเช่นบริเวณแม่น้ำท่าจีน ที่มีการเลี้ยงสุกรอยู่เป็นจำนวนมากประมาณ 1.5 ล้านตัว ความสกปรกสูงมากคิดเป็นความสกปรกถึง 136 กรัม บีโอดีต่อสุกร 1 ตัวต่อวัน ซึ่งเทียบเท่ากับความสกปรกที่เกิดจากคนตั้งแต่ 2 ถึง 3 คนที่ทิ้งน้ำเสียในวันหนึ่ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2550)

ปริมาณสิ่งสกปรก (สารอินทรีย์) ที่มีปริมาณสูง เมื่อถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำโดยตรงเพราะสารอินทรีย์เป็นสิ่งที่สามารถถูกย่อยสลายได้ตามธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ทั้งในสภาพที่มี

ออกซิเจนและไร้ออกซิเจน ถ้าน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์สูงถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลงเนื่องจากเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนซึ่งทำให้ในแหล่งน้ำขาดออกซิเจนส่งผลกระทบต่อปลาและสิ่งมีชีวิตอื่นๆในแหล่งน้ำ ซึ่งพบว่าหากแหล่งน้ำมีธาตุอาหารไนโตรเจนและ/หรือฟอสฟอรัสมากเกินไปในแหล่งน้ำที่มีสภาพปิดอย่างเช่น อ่างเก็บน้ำ สระน้ำ ทะเลสาบหรือหนองบึงที่มีเวลากักน้ำมากกว่า 20 วันก็จะเกิดปัญหายูโทรฟิเคชั่นขึ้นได้ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544 อ้างจาก WEF 1998) คือสภาพที่มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายอย่างรวดเร็ว จากการเติมธาตุอาหารพืชลงในแหล่งน้ำทำให้น้ำประปามีกลิ่นคาวสาหร่ายหรือปลาตายตอนกลางคืน (ที่ไม่การสังเคราะห์แสงและค่าดีโอลดลงจนถึงศูนย์) อนึ่งเคยมีค่าวิกฤต (Critical value) ของฟอสฟอรัสและไนโตรเจนในแหล่งน้ำเท่ากับ 0.05 - 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.007-0.03 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับหากเกินค่านี้แล้วก็จะสามารถเกิดปรากฏการณ์ “น้ำขึ้นลงสีแดง” หรือ red tide อันเป็นรูปแบบหนึ่งของยูโทรฟิเคชั่น นอกจากปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่นที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้วภาวะที่มีสาหร่ายสะพรั่งหรือเบ่งบาน (Algae bloom) ยังมีศักยภาพที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปอื่นตามมาอีกด้วย กล่าวคือธาตุอาหารที่ปล่อยทิ้งลงไปนี้จะก่อให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่าย ซึ่งเมื่อจมลงสู่ก้นอ่างหรือทะเลสาบและเกิดการย่อยสลายทางธรรมชาติขึ้นแล้ว สารอินทรีย์จากซากสาหร่ายทำให้ค่าดีโอในน้ำลดลงได้มากหากมีไนโตรเจนถูกระบายออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยที่แหล่งน้ำนั้นมีประสิทธิภาพการเติมอากาศจากบรรยากาศดีมากจนทำให้มีค่าออกซิเจนละลายอยู่มากพอที่สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้แต่ไนเตรทในลำน้ำจะสามารถแทรกตัวไปสู่บ่อตื้นหรือบ่อบาดาลใกล้เคียงซึ่งหากชุมชนนำน้ำนั้นมาบริโภคก็จะเกิดปัญหาทางด้านสาธารณสุขตามมา นั่นคือโรคเด็กตัวเขียวหรือ blue baby ซึ่งเกิดจากการที่เด็กอ่อนบริโภคน้ำที่มีไนเตรทสูงเกิดไป โดยไนเตรทจะไปลดรูปของไนไตรต์ในตัวเด็ก เมื่อถูกส่งถ่ายไปกับโลหิตแดงก็จะไปแย่งออกซิเจนจากโลหิตแดงนั้น จนเกิดเป็นโลหิตดำที่ขาดออกซิเจน ทำให้เด็กมีอาการตัวเขียวหรือเสียชีวิตได้ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544) จากปัญหาที่เกิดกรมควบคุมมลพิษได้มีการสำรวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าว ได้ผลปรากฏดังตาราง 2.1 เห็นได้ว่าฟาร์มสุกรขนาดเล็กมีจำนวนมาก เพราะดำเนินกิจการโดยประชาชนทั่วไป ส่วนฟาร์มสุกรขนาดกลางและขนาดใหญ่มีจำนวนไม่มากนักด้วยประกอบการเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ส่วนความสกปรกใน(รูปของบีโอดี) ของฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่กลับมีสัดส่วนถึงร้อยละ 80 ภาครัฐจึงได้พยายามแก้ปัญหามลพิษน้ำที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงสุกรโดยให้กระทบกระเทือนต่อประชาชนน้อยที่สุด โดยการประกาศมาตรฐานน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรออกเป็นสองมาตรฐานคือ ก. และ ข. ดังตารางที่ 2 และบังคับใช้กับฟาร์มขนาดใหญ่และกลางตามลำดับ ทั้งนี้ในสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบันนี้ยังไม่บังคับใช้กับฟาร์มขนาดเล็กเป็นการชั่วคราว

ตาราง 2.1 รายละเอียดด้านมลพิษน้ำของฟาร์มสุกรในประเทศไทย

| | ฟาร์มสุกร | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เล็ก | (ร้อยละ) | กลางและใหญ่ | (ร้อยละ) |
| จำนวนฟาร์ม | 6,246 | (85) | 1,042 | (15) |
| จำนวนสุกร | - | (18) | - | (82) |
| ความสกปรก(กิโลกรัมบีโอดี) | 21,909 | (20) | 78,945 | (80) |

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2540)

*หมายเหตุ*

1. มาตรฐาน ก ใช้ควบคุมการระบายน้ำทิ้งสำหรับฟาร์มประเภท ก และมาตรฐาน ข ใช้ควบคุมการระบายน้ำทิ้งสำหรับฟาร์มประเภท ข และ ค

2. การแบ่งประเภทของฟาร์มสุกรจะใช้น้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ (นปส.) หรือ Livestock Unit เป็นเกณฑ์ เนื่องจากฟาร์มแต่ละแห่งจะประกอบด้วยสุกรที่มีความแตกต่างกันทั้งประเภท ขนาด และช่วงอายุ ซึ่งจะทำให้เกิดของเสียและน้ำเสียในปริมาณที่แตกต่าง โดยมีข้อกำหนดดังนี้

ประเภทของฟาร์มสุกร แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.1.1 ประเภท ก มีน้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ มากกว่า 600 นปส. (เทียบเท่าจำนวนสูตรมากกว่า 5,000 ตัว)

2.1.2 ประเภท ข มีน้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ ตั้งแต่ 60-600 นปส. (เทียบเท่าจำนวนสุกรตั้งแต่ 500-5,000 ตัว)

2.1.3 ประเภท ค มีน้ำหนักปศุสัตว์ ตั้งแต่ 6-น้อยกว่า 60 นปส. (เทียบเท่าจำนวนสุกรตั้งแต่ 50-น้อยกว่า 500 ตัว)

การบังคับใช้มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรที่ได้กำหนดไว้จะเริ่มใช้บังคับกับฟาร์มสุกรประเภท ก (ขนาดใหญ่) และประเภท ข (ขนาดกลาง) ก่อนโดยกำหนดให้เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษตามมาตรา 69 ของพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมนอกเขตที่ตั้งแหล่งกำเนิดมลพิษ ทั้งนี้ให้บังคับใช้เมื่อพ้นกำหนดหนึ่งปีนับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

สำหรับฟาร์มสุกรประเภท ค (ขนาดเล็ก) จะยังไม่บังคับใช้มาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มดังกล่าว แต่จะใช้เสมือนเป็นมาตรฐานทางวิชาการที่จะสนับสนุนและส่งเสริมให้ฟาร์มสุกรขนาดเล็กมีการจัดการฟาร์มที่ถูกต้องก่อนที่จะมีการใช้บังคับในระยะต่อไป เพราะเนื่องจากจำนวนของฟาร์มประเภท ค มีเป็นจำนวนมากและมีศักยภาพในการลงทุนต่ำจึงจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการ

ประชาสัมพันธ์ และสนับสนุนการปรับปรุงวิธีการจัดการฟาร์มปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่หรือช่วยเหลือในการจัดสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

**พื้นที่ชุ่มน้ำ** (Wetland)

หมายความถึง ที่ลุ่ม ที่ราบลุ่ม ที่ลุ่มชื้นแฉะ พรุ แหล่งน้ำ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น ทั้งที่มีน้ำขังหรือท่วมอยู่ถาวรและชั่วครั้งชั่วคราว ทั้งที่เป็นแหล่งน้ำนิ่งและน้ำไหล ทั้งที่เป็นน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม รวมไปถึง ที่ชายฝั่งทะเลและที่ในทะเล ในบริเวณซึ่งเมื่อน้ำลดลงต่ำสุด มีความลึกของระดับน้ำไม่เกิน 6 เมตร พื้นที่ซึ่งมีลักษณะจัดได้ว่าเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ จึงรวมถึง ห้วย หนอง คลอง บึง บ่อ กระพัง (ตระพัง) บาราย แม่น้ำ ลำธาร แคว ละหาน ชานคลอง ฝั่งน้ำ สบธาร สระ ทะเลสาบ แอ่ง ลุ่ม กุด ทุ่ง กว๊าน มาบ บุ่ง ทาม พรุ สนุ่น แก่ง น้ำตก หาดหิน หาดกรวด หาดทราย หาดโคลน หาดเลน ชายทะเล ชายฝั่งทะเล พืดหินปะการัง แหล่งน้ำทะเล แหล่งสาหร่ายทะเล คุ้ง อ่าวดินดอน สามเหลี่ยมช่องแคบ ชะวากทะเล ตะกาด หนองน้ำกร่อย ป่าพรุ ป่าเลน ป่าชายเลน ป่าโกงกาง ป่าจาก ป่าแสม รวมทั้งนาข้าว นากุ้ง นาเกลือ บ่อปลา อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

**การบำบัดน้ำเสียโดยพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมหรือระบบบึงประดิษฐ์**

**ระบบบำบัดน้ำเสียแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม(บึงประดิษฐ์)** คือ ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นให้คล้ายพื้นที่ชุ่มน้ำในธรรมชาติ เพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้เป็นน้ำทิ้ง ที่ได้มาตรฐานตามที่กฎหมายทางสิ่งแวดล้อมกำหนด โดยอาศัยกระบวนการทำงานทางธรรมชาติ ประกอบด้วย น้ำเสีย พืช ดิน หิน หรือกรวด และจุลชีพ ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมมาช่วยในการบำบัดน้ำเสีย และช่วยปรับสภาพน้ำเสียให้เป็นน้ำที่มีการปนเปื้อนน้อยลง ไม่ต้องใช้สารเคมี และเทคโนโลยีเครื่องจักรกลต่างๆ ในการบำบัดน้ำเสีย เป็นการลดค่าใช้จ่าย และง่ายในการควบคุมระบบ โดยไม่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านการบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมหรือบึงประดิษฐ์สามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากน้ำเสียหลายประเภท เช่น น้ำเสียจากชุมชน น้ำเสียจากเกษตร และน้ำเสียจากอุตสาหกรรม เป็นต้น จัดเป็นเทคโนโลยีทางเลือกอีกทางหนึ่งในการบำบัดน้ำเสียที่มีศักยภาพ เหมาะสมกับการนำไปใช้ของหน่วยงานท้องถิ่น เพราะเป็นระบบที่ใช้งบประมาณในการก่อสร้างค่อนข้างต่ำ ดูแลรักษา และซ่อมบำรุง ระบบได้ง่าย เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบในหน่วยงานสามารถบริหารจัดการระบบได้ด้วยตนเอง

**องค์ประกอบระบบบำบัดน้ำเสียแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม(บึงประดิษฐ์)**

**น้ำ** น้ำให้เป็นที่อยู่อาศัยของพืช และสัตว์ รวมทั้งแบคทีเรีย

**วัสดุสำหรับใช้ในการปลูกพืช** (Substratum) และเป็นที่เกาะติดของจุลินทรีย์ ได้แก่ ดิน หิน กรวด ทราย วัสดุเหล่านี้สามารถที่จะกรองตะกอน และดูดซับสารอาหารจากน้ำเสียที่ผ่านเข้ามาในระบบได้ดี ประเภทของวัสดุที่นำมาใช้ในการปลูกพืชมีอิทธิพลต่อการออกแบบระบบให้มีประสิทธิภาพ ในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลผ่านชั้นกรวดนั้น วัสดุที่มีอนุภาคขนาดเล็กกว่าอย่างกรวด อัตราการซึมผ่านน้ำจะใช้ระยะเวลานาน เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุจำพวกหิน ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคมีมาก น้ำไหลผ่านได้ง่าย ดังนั้นการปรับค่าอัตราการไหลของน้ำเข้าระบบย่อมแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการกักเก็บน้ำในระบบเพื่อให้เกิดการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ ส่วนในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลผ่านลำต้นพืช วัสดุที่ใช้สำหรับปลูกพืชมักเป็นดินปนทราย ซึ่งมีพวกแร่ธาตุเป็นองค์ประกอบ ทำให้มีส่วนช่วยในการดูดซับหรือแลกเปลี่ยนอนุมูลของสารอาหารต่างๆที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียได้ดีอย่างไรก็ตาม สิ่งสำคัญของการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างระบบ ควรที่ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของระบบที่ทำการเดินระบบอย่างต่อเนื่องในระยะยาว เนื่องจากปัญหาที่อาจเกิดขึ้นตามมาในระบบบึงประดิษฐ์ คือการอุดตันของวัสดุที่ใช้ในการปลูกพืช จากการที่วัสดุเหล่านี้ทำการกรองตะกอนที่ปนเปื้อนมาจากน้ำเสียเป็นระยะเวลานาน ทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคของวัสดุนั้นๆมีน้อยลง การไหลของน้ำผ่านช่องว่างนี้ยิ่งกระทำได้ยากขึ้นหรือเกิดการตื้นเขินของชั้นน้ำเนื่องจากการสะสมของตะกอนที่เพิ่มขึ้น ผลที่ตามมาก็คือประสิทธิภาพของระบบจะลดลง ซึ่งควรที่จะมีการจัดการและดูแลรักษาระบบบ้างเป็นครั้งคราว

**จุลินทรีย์** โดยเฉพาะพวกแบคทีเรีย ซึ่งมีส่วนสำคัญมาก ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ รวมถึงการกำจัดและเปลี่ยนรูปของวงจรไนโตรเจน แบคทีเรียจะอาศัยสารอาหารจากน้ำเสียช่วยในการเจริญเติบโต หากทำการควบคุมระบบให้เหมาะสมแล้ว สามารถจะลดความสกปรกของน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพแบคทีเรียจะมีทั้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ และ แบคทีเรียชนิดเกาะติด ซึ่งเจริญเติบโตบนพื้นที่ผิวของพืชส่วนที่จมอยู่ใต้น้ำ (รากและลำต้น) หิน ดิน และตะกอนดินรูปแบบการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. **การย่อยสลายในสภาวะมีอากาศ**สารอินทรีย์ในน้ำเสียส่วนใหญ่ สามารถที่จะถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์จะใช้อากาศเพื่อการหายใจร่วมกับการเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ขึ้น เพราะฉะนั้นการย่อยสลายนี้จึงขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศที่มีอยู่ในระบบแต่ถ้าในระบบมีปริมาณอากาศอย่างเพียงพอแล้ว กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์จะขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนมากับน้ำเสียว่ามีมากเพียงพอต่อการใช้ของจุลชีพหรือไม่

2. **การย่อยสลายในสภาวะไร้อากาศ** การย่อยสลายสารอินทรีย์ ในสภาวะไร้อากาศเกิดจากการทำงานของพวกจุลินทรีย์ อีกประเภทหนึ่ง ซึ่งไม่ต้องการอากาศ ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ข้อสังเกตของการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบนี้คือ จะก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องของกลิ่นเกิดขึ้นในระบบ อย่างไรก็ตาม อัตราการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ จะช้ากว่าการย่อยสลายแบบใช้อากาศมาก จึงมักไม่ค่อยมีปัญหา เว้นแต่ในระบบจะมีอากาศอยู่อย่างจำกัด และมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียสูงการย่อยสลายในภาวะไร้ออกซิเจนก็จะสามารถเกิดขึ้นได้ง่าย

สำหรับการย่อยสลายไนโตรเจน หรือการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจน นอกจากที่พืชสามารถดูดซับสารประกอบไนโตรเจนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตแล้ว การย่อยสลายไนโตรเจนหรือการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจนโดยกิจกรรมของแบคทีเรีย ก็สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจนโดยทั่วไปไนโตรเจนในน้ำมีหลายรูป เช่น สารอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนีย ไนเตรท และไนไตรท์ ในน้ำเสียชุมชนไนโตรเจนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบสารอินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนียโดยกระบวนการต่างๆ ในการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจน ดังนี้

- เปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเจน เป็นแอมโมเนีย (Ammonification) โดยกระบวนการนี้เกิดขึ้นในสภาวะที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน โดยแบคทีเรียจะทำการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนจากสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน ให้เปลี่ยนรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย

- เปลี่ยนแอมโมเนีย เป็น ไนเตรท และไนไตรท์ (Nitrification) โดยกระบวนการนี้แบคทีเรียจะทำการออกซิไดส์แอมโมเนียในสภาวะที่มีออกซิเจน เพื่อเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรท และไนไตรท์ และนำพลังงานที่ได้จากกระบวนการนี้ ดึงเอาสารอนินทรีย์คาร์บอน ได้แก่คาร์บอนไดออกไซด์ หรือคาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต ในน้ำเสีย เพื่อนำมาใช้ในการสังเคราะห์เซล

- เปลี่ยนไนเตรท เป็นก๊าซไนโตรเจน (Denitrification) โดยกระบวนการนี้จะเกิดในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน แบคทีเรียพวกที่ไม่ใช้อากาศ จะอาศัยออกซิเจนจากสารประกอบไนเตรทเป็นตัวรับอิเลคตรอนในกระบวนการหายใจ ซึ่งสารไนเตรทจะถูกรีดิวส์เปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจน และทำการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำเสียเพื่อนำมาใช้ในการเจริญและสังเคราะห์เซล

**พืชน้ำ** ซึ่งพืชที่ใช้ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์ต้องสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำเสียบทบาทของพืชจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคุณสมบัติทางเคมีของดิน และน้ำ เนื่องจากการนำเอาสารอาหารไปใช้ประโยชน์การเจริญเติบโตของพืชยังมีผลต่ออัตราการไหลของน้ำ เนื่องจากการเจริญเติบโตของรากพืชลดพื้นที่ช่องว่างในดิน ทำให้ลดอัตราการไหลของน้ำ นอกจากนี้พืชยังทำหน้าที่เป็นตัวช่วยในการเพิ่มออกซิเจนในระบบบึงประดิษฐ์โดยการสังเคราะห์แสง และออกซิเจนจะถูกปล่อยลงสู่ดิน และพืชยังช่วยระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซมีเทน ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนรูปของคาร์บอนและซัลเฟอร์ ในดินสู่บรรยากาศ โดยสรุปหน้าที่หลักของพืชมีดังนี้

- ช่วยในการกรองตะกอน

- รากพืชปล่อยออกซิเจนโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง การเพิ่มออกซิเจนจะช่วยในการย่อยสลายของสารอินทรีย์และไนโตรเจน โดยสภาวะที่มีออกซิเจน

- พืชให้พื้นที่ผิวสำหรับแบคทีเรียในการยึดเกาะ โดยแบคทีเรียยึดเกาะในส่วนของพืชที่จมน้ำ

- พืชทำหน้าที่ใช้สารอาหาร โดยดูดสารอาหารผ่านราก

- พืชช่วยควบคุมการพังทลาย โดยรากจะช่วยยึดเกาะสร้างเสถียรภาพให้หน้าดิน ช่วยในการพังทลายของร่องน้ำ และช่วยในการป้องกันการอุดตันของตัวกลาง

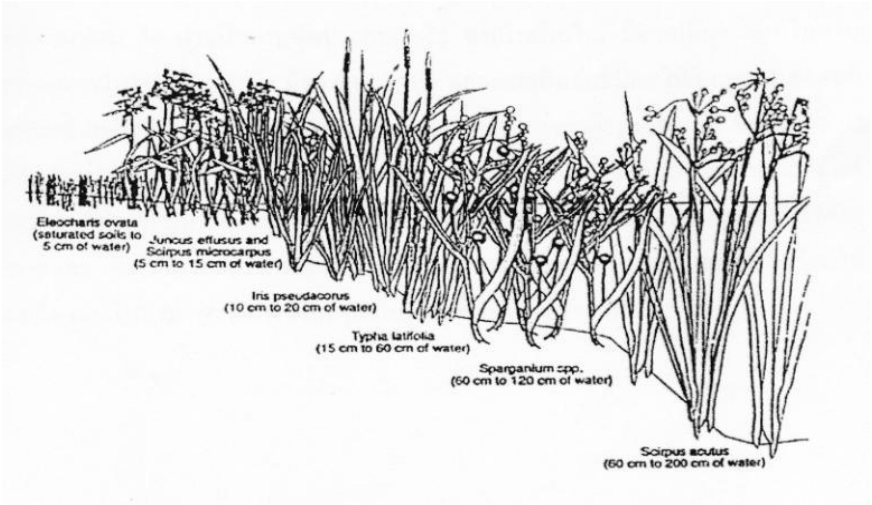
**พืชน้ำในการบำบัดน้ำเสีย** แบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. ประเภทลอยน้ำ (Floating Type) ส่วนรากจะแขวนลอยอยู่น้ำ ส่วนลำต้นจะลอยอยู่เหนือน้ำ ตัวอย่างเช่น ผักตบชวาและผักบุ้ง เป็นต้น

2. ประเภทเจริญอยู่ใต้ผิวน้ำ (Submerged Type) เป็นพืชที่เจริญเติบโตใต้น้ำทั้งหมดหรือหมายถึงพืชที่ทั้งราก ลำต้น ใบ อยู่ใต้น้ำทั้งหมด ความขุ่นจะเป็นตัวจำกัดในการเจริญเติบโต ตัวอย่างเช่น สาหร่ายต่างๆ

3. ประเภทเจริญอยู่ใต้น้ำ (Emerged Type) โดยมีรากอยู่ใต้น้ำ ลำต้นจะอยู่เหนือน้ำตัวอย่างเช่น อ้อ พวกบัว กก เป็นต้น

พืชที่มักใช้ในระบบบึงประดิษฐ์ส่วนใหญ่มักจะเป็นพืชที่โผล่พ้นน้ำ ซึ่งมีส่วนของใบและลำต้นอยู่เหนือผิวดิน มีรากแผ่ขยายอยู่ในดิน เช่น ธูปฤาษี (Cattail : *Typha angustiforia Linn*.) กก (Bulrush : *Scirpus* spp.) อ้อ (Reed : *Pragmites communis*) เป็นต้น

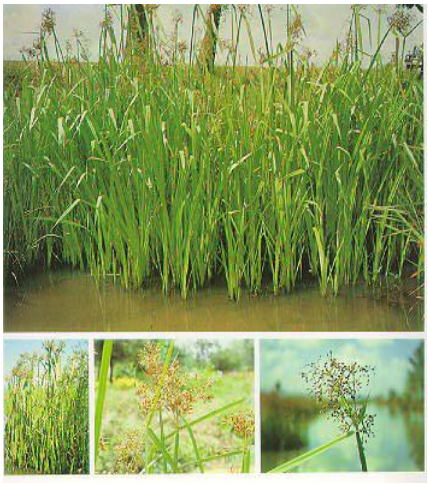



ภาพ 2.1 พืชโผล่พ้นน้ำ (Emergent Plant)

ที่มา : Cambell and Orden. (1999)

รากพืชจะเจริญเติบโตอยู่ในดินที่มีระดับน้ำตั้งแต่ 5-150 ซม. หรือมากกว่า โดยส่วนใบจะสร้างใบและลำต้นให้สัมผัสกับอากาศมีรากแผ่ขยายในชั้นดิน ออกซิเจนจากบรรยากาศจะถ่ายเทเข้าสู่ทางใบและลงไปทางช่องอากาศไปยังระบบรากโดยการแพร่ (Diffusion) และการไหลผ่านอากาศออกซิเจนบางส่วนถูกปลดปล่อยออกมารอบชั้นรากพืชที่ทำให้เกิดสภาพมีออกซิเจนเสริมให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดีขึ้นและทำให้เกิดไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (Nitrifying bacteria) มีการเจริญเติบโตได้ดีทำให้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นเพิ่มขึ้น และยังเพิ่มความสามารถในการดูดฟอสฟอรัสของตะกอนด้วย พืชสามารถรับฟอสฟอรัสได้โดยกระบวนการดูดซับ การรวมตัวทางเคมีหรือการแพร่ผ่านน้ำในช่องระหว่างเม็ดดิน (Cooper *et al*., 1996) พืชที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม(บึงประดิษฐ์)ที่นิยมมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียคือ ธูปฤาษี กกกลม

(ก) กกกลม



(ข) ธูปฤาษี

ภาพ 2.2 พืชที่ใช้บำบัดน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์
ที่มา: แฟรดาซ์ มาเหล็ม (2549)

**หลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม(บึงประดิษฐ์)**

เมื่อน้ำเสียจากแหล่งน้ำเสียไหลผ่านท่อเข้าระบบ โดยที่น้ำเสียอาจจะไหลบนผิวดินหรือผ่านลงชั้นกรวด น้ำเสียที่ผ่านเข้ามา บางส่วนจะตกตะกอนลงสู่ก้นบ่อ และถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย สารอินทรีย์ (Organic substances) และสารอนินทรีย์ (Inorganic substances) ที่ละลายอยู่ในน้ำจะไหลผ่านชั้นพืชหรือชั้นกรวดที่มีแบคทีเรียเกาะติดอยู่ แบคทีเรียเหล่านี้ทำหน้าที่ในการย่อยสลายอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำ ระบบบึงประดิษฐ์ได้รับออกซิเจน จากการที่อากาศแทรกผ่านผิวน้ำ หรือชั้นหิน และออกซิเจนบางส่วน จากการสังเคราะห์แสงของพืช นอกจากนี้ กระบวนการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ทั้งใน

สภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ยังช่วยลดปริมาณไนโตรเจน ส่วนการลดปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่เกิดที่ชั้นดิน พื้นบ่อ และพื้นน้ำ ซึ่งพืชช่วยดูดซับฟอสฟอรัสผ่านทางราก และนำไปใช้ในการสร้างเซลล์

**ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม(บึงประดิษฐ์) มี 2 ชนิด**

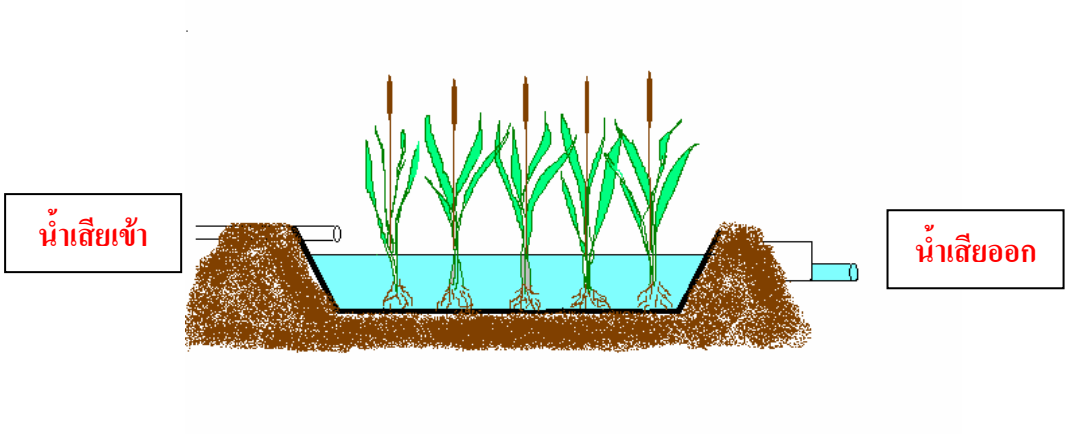
1. บึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลบนผิวดิน (Free Water Surface system, FWS)
2. บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (Subsurface flow System, SFS)

**1) บึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลบนผิวดิน (Free Water Surface system, FWS)**

เป็นระบบบำบัดที่ใช้บ่อดินเป็นช่องทางไหลของน้ำ ดินมีการบดอัด เพื่อปรับระดับให้น้ำไหลตามแนวนอนขนานกับพื้น พื้นบ่อปูด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำเสีย ในระหว่างที่อยู่ในระบบซึ่งน้ำในระบบถูกควบคุมให้ไหลในความเร็วต่ำและจะไหลบนผิวหน้าดินจากบริเวณน้ำเข้าถึงบริเวณน้ำออก ระบบนี้จะมีการสูญเสียน้ำค่อนข้างมากเนื่องจากการระเหย พืชที่ใช้ในระบบจะให้ความร่มรื่นแก่น้ำ น้ำในระบบประเภทนี้ในบริเวณที่ตื้น จะมีแพลงตอนค่อนข้างมาก และในบริเวณส่วนที่ลึกกว่าซึ่งแสงส่องผ่านน้อยจะเป็นที่อยู่ของแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน พืชที่ใช้ในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือดินมีทั้งพืชลอยน้ำหรือพืชจมน้ำ โดยทั่วไปพืชจะถูกปลูกค่อนข้างหนาแน่น ความลึกของน้ำประมาณ 0.4 เมตร ระบบการบำบัดแบบนี้แตกต่างกันไปตามชนิดพืชที่ใช้ดังต่อไปนี้

**ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือดินโดยใช้พืชที่รากอยู่ใต้น้ำยึดเกาะกับดินแต่ลำต้นอยู่สูงพ้นน้ำ**

พืชที่ใช้เป็นประเภท กก แฝก ธูปฤาษี น้ำที่ไหลบนผิวดินจะเป็นน้ำตื้น น้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบางส่วนจะตกตะกอนลงสู่ก้นบ่อ บางส่วนจะถูกกรองโดยพืช ระบบประเภทนี้ช่วยในการกรองและตกตะกอนของสารแขวนลอย ช่วยลดสารอินทรีย์บางส่วน และช่วยลดสารอาหารจำพวกไนโตรเจนได้

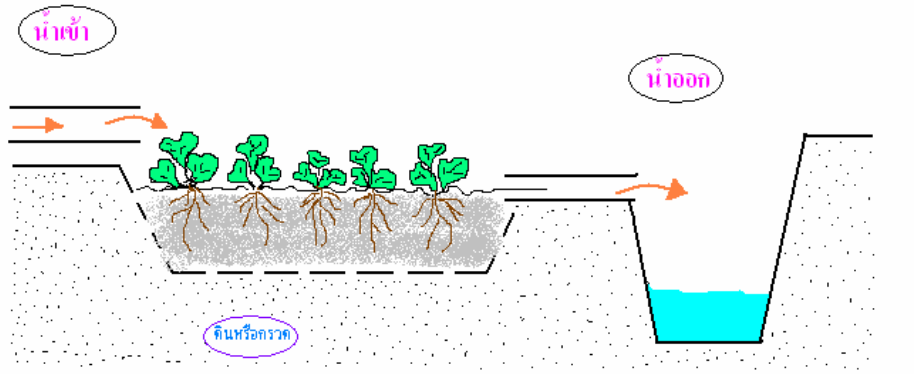



ภาพ 2.3 ลักษณะทั่วไปของระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS โดยใช้พืชที่รากอยู่ใต้น้ำยึดเกาะกับดินแต่ลำต้นโผล่สูงพ้นน้ำ

ที่มา: แฟรดาซ์ มาเหล็ม (2549)

**ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือดินโดยใช้พืชที่ลอยน้ำโดยที่รากอยู่ใต้ผิวน้ำ**

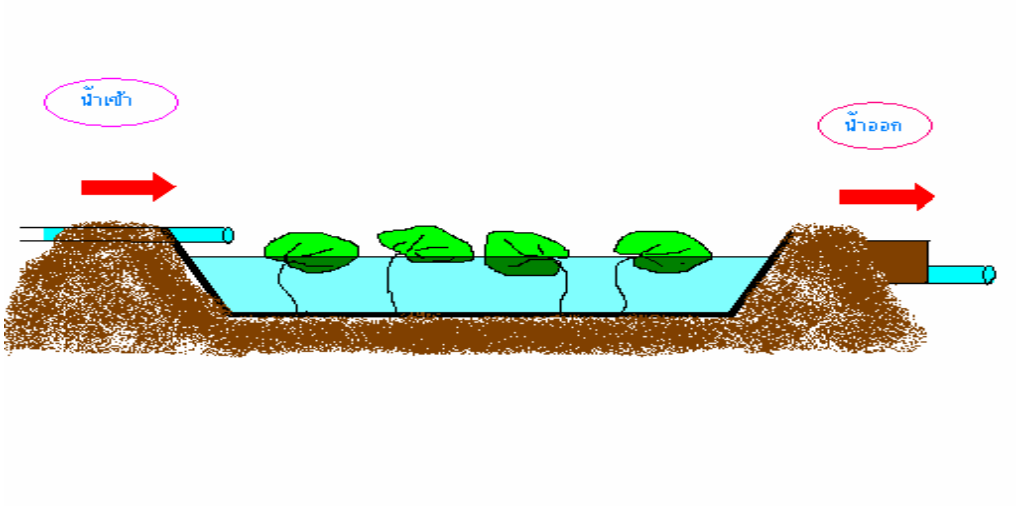
พืชที่ใช้ในระบบนี้ส่วนใหญ่เป็นประเภท จอก แหน ผักตบชวา ระบบนี้เหมาะแก่การบำบัดน้ำทิ้งชุมชน โดยค่าอินทรีย์สารในรูปของบีโอดีกับตะกอนแขวนลอย จะถูกกำจัด ด้วยการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย กับการตกตะกอน พืชลอยน้ำจะทำการสังเคราะห์แสง ผลิตออกซิเจน และสารอาหารจะถูกดูดซับจากน้ำผ่านราก นอกจากนี้รากยังเป็นที่ให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และยังทำหน้าที่ในการกรองได้เป็นอย่างดี




ภาพ 2.4 ลักษณะทั่วไปของระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS โดยใช้พืชที่ลอยน้ำซึ่งรากอยู่ใต้ผิวน้ำ
ที่มา: แฟรดาซ์ มาเหล็ม (2549)

**ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือดินโดยใช้ใบพืชที่ลอยเหนือผิวน้ำและรากอยู่ใต้น้ำยึดเกาะกับดิน**

พืชที่ใช้ในระบบนี้คือ บัว ซึ่งใบของพืชชนิดนี้ทำให้แสงแดดส่องผ่านน้ำน้อย และมีผลทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างน้ำกับบรรยากาศต่ำ ดังนั้นระบบนี้จึงเป็นระบบที่มีออกซิเจนละลายน้ำน้อย ระบบนี้เหมาะกับการลดตะกอน ลำต้นของพืชในระบบนี้เป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรีย

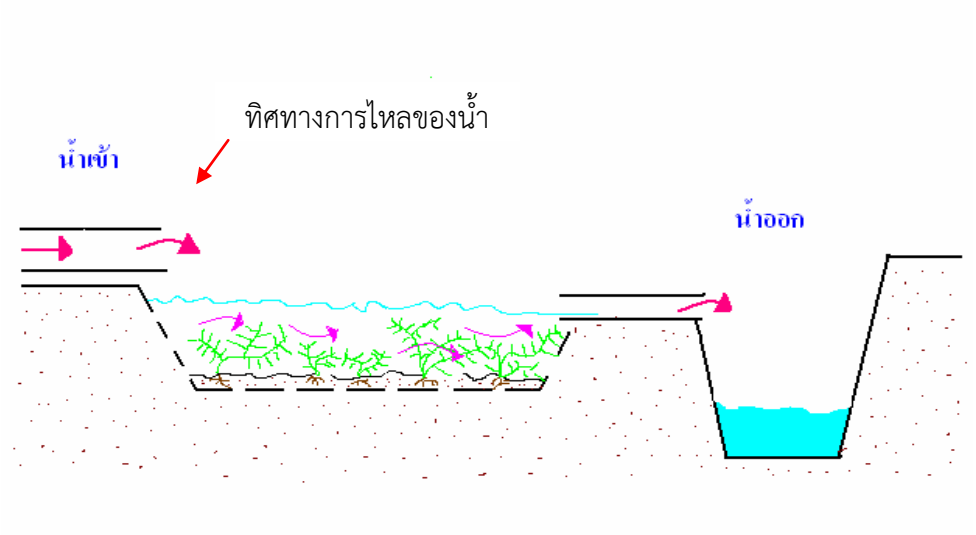



ภาพ 2.5 ลักษณะทั่วไปของระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS โดยใช้ใบพืชลอยเหนือผิวน้ำ และรากอยู่ใต้น้ำยึดเกาะกับดิน

ที่มา: แฟรดาซ์ มาเหล็ม (2549)

**ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือดินโดยใช้พืชที่มีราก ลำต้น และใบอยู่ใต้น้ำ**

พืชที่ใช้ในระบบนี้คือ พืชประเภทสาหร่าย เป็นระบบที่มีออกซิเจนในช่วงบน และมีปริมาณแสงส่องผ่านมากบนผิวน้ำ น้ำที่เข้าสู่ระบบนี้ไม่ควรมีความขุ่นสูง เพื่อจะรักษาประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงของพืช ระบบนี้สามารถกำจัดแอมโมเนียได้มาก เนื่องจากประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสง ซึ่งช่วยในการเพิ่มออกซิเจน โดยออกซิเจนถูกใช้ในกระบวนการ Nitrification นอกจากนี้การสังเคราะห์แสงยังเป็นการใช้ COB2B ทำให้ pH ในน้ำเพิ่มขึ้น และทำให้แอมโมเนียกลายเป็นรูป Volatile Unionized form ที่สามารถกระจายสู่บรรยากาศได้ ระบบนี้จะเป็นระบบที่มีความลึกมากกว่าระบบที่กล่าวมาข้างต้น




ภาพ 2.6 ลักษณะทั่วไปของระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS โดยใช้พืชที่มีราก ลำต้นและใบอยู่ใต้น้ำ

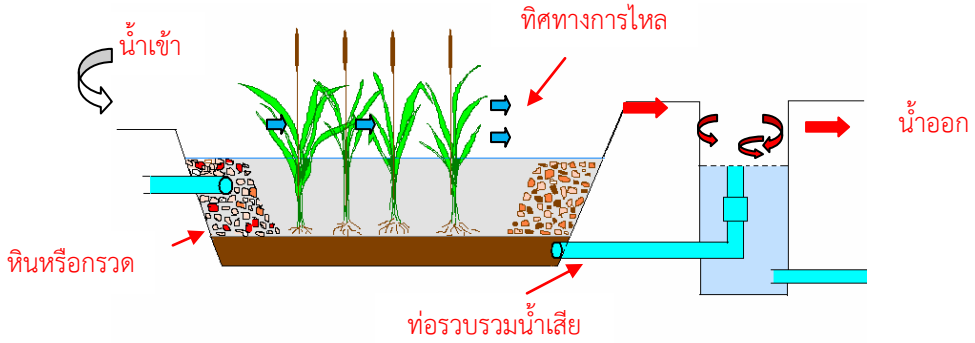
ที่มา: แฟรดาซ์ มาเหล็ม (2549)

**2) ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดิน (Subsurface flow system , SFS)**

เป็นระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ตัวกลางเป็นองค์ประกอบ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินหรือกรวด และใช้ชั้นดินปนทรายในการปลูกพืชน้ำ ตัวกลางทำหน้าที่ให้รากพืชยึดเกาะ เพื่อทำให้เกิดการกระจายของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ และช่วยรวบรวมน้ำทิ้งก่อนระบายออกจากระบบ นอกจากนี้ตัวกลางยังเป็นตัวให้จุลินทรีย์ยึดเกาะและช่วยในการกรองสารแขวนลอย อัตราการไหลของน้ำในระบบนี้โดยทั่วไปจะช้าโดยความลึกของพื้นบ่อประมาณ 0.6 ถึง 1 เมตร และพื้นบ่อมีความลาดชัน ระบบนี้เป็นระบบที่แยกน้ำเสีย ไม่ให้ถูกรบกวนโดยแมลงหรือสัตว์ และป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดโรคปนเปื้อนติดต่อสู่คนได้ ระบบนี้แบ่งได้เป็น 2 ประเภท

**ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดินตามแนวนอน**

ระบบนี้ น้ำเสียจะถูกปล่อยจากท่ออย่างช้า ๆ ตามแนวนอน ผ่านชั้นหิน จนกระทั่งถึงทางน้ำออกจากระบบ ในระหว่างการไหล น้ำเสียจะสัมผัสทั้งบริเวณที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ซึ่งบริเวณที่มีออกซิเจนเป็นบริเวณที่มีรากพืช ดังนั้นเมื่อน้ำเสียไหลผ่านชั้นกรวด ตะกอนแขวนลอยและตะกอนจมตัวถูกกำจัดโดยวิธีทางกายภาพ โดยการปล่อยให้ตกตะกอน และโดยวิธีการกรองสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์จะถูกกำจัด โดยการย่อยสลายของแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน แบคทีเรียเหล่านี้จะเกาะติดอยู่ตามบริเวณรากพืชและชั้นกรวด ออกซิเจนในระบบได้มาจากบรรยากาศ และจากการปล่อยทางรากพืชจากกระบวนการสังเคราะห์แสง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำค่อนข้างต่ำทำให้มีข้อจำกัดในการกำจัดแอมโมเนีย แต่มีประสิทธิภาพในการบำบัดและรองรับปริมาณสารอินทรีย์ และไนเตรทได้เป็นอย่างดี

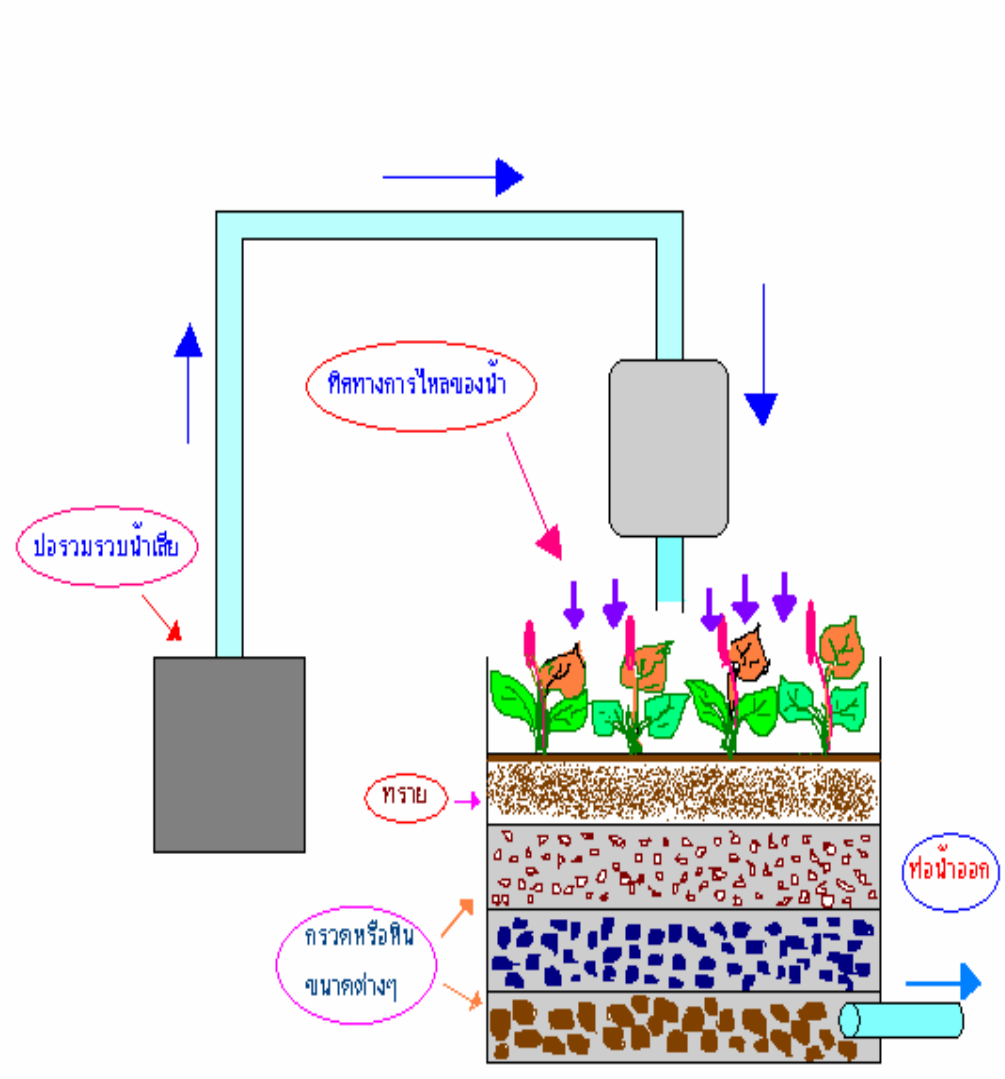



ภาพ 2.7 ลักษณะทั่วไปของระบบบึงประดิษฐ์ บนน้ำไหลใต้ดินตามแนวนอน

ที่มา: แฟรดาซ์ มาเหล็ม (2549)

**ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดินตามแนวดิ่ง**

ระบบนี้ประกอบด้วย ชั้นกรวดและปูทับด้วยทราย ซึ่งน้ำเสียจะถูกปล่อยในปริมาณที่มากท่วมพื้นผิวน้ำเสียค่อย ๆ ไหลในแนวดิ่ง ลงสู่พื้นของระบบบึงประดิษฐ์ และที่ก้นระบบบึงประดิษฐ์จะเป็นที่กักเก็บน้ำ การปล่อยให้น้ำไหลตามแนวดิ่ง เป็นการเติมออกซิเจนไปสู่พื้นของระบบบึงประดิษฐ์ ในช่วงน้ำแห้งอากาศจะเข้าไปแทรกในรูพรุนของดิน และเมื่อทำการสูบน้ำเข้า อากาศจะถูกผลักออกจากรูพรุนของตัวกลาง ทำให้ในน้ำเสียที่ถูกปล่อยเข้าระบบ จะได้รับปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มออกซิเจนให้กับระบบอีกทางหนึ่ง นอกจากที่ออกซิเจนจะได้จากการแพร่และจากการสังเคราะห์แสงของพืชเท่านั้น ระบบนี้ ไม่เหมาะในการลดตะกอน แต่ใช้ได้ดีในการลดลงของแอมโมเนีย




ภาพ 2.8 ลักษณะทั่วไปของระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดินตามแนวดิ่ง

ที่มา: แฟรดาซ์ มาเหล็ม (2549)

**ประโยชน์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม(บึงประดิษฐ์)**

**ทางตรง :** ลดปริมาณสารอินทรีย์ ตะกอนแขวนลอย และ สารอาหาร ได้แก่ สารประกอบไนโตรเจนและ ฟอสฟอรัส

**ทางอ้อม :** ทำให้เกิดสมดุลของระบบนิเวศน์ และสภาพแวดล้อม เป็นที่อยู่อาศัย และแหล่งอาหารของสัตว์ และสามารถใช้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจและศึกษาทางธรรมชาติ

**ธูปฤาษี**

ชื่อวงค์ : Typhaceae

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Typha angustifolia L.*

ชื่อสามัญไทย : ธูปฤาษี กกช้าง ปรือ กกธูป เฟื้อ หญ้ากกช้าง หญ้าปรือ หญ้าสะลาบหลวง หญ้าสลาบหลวง หญ้าเฟื้อ

ชื่อสามัญอังกฤษ : lesser reedmace , narrow – leaved cat tail , bulrush , cattail , flag , reedmace tule , narrowleaf cattial

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น เจริญตั้งตรงเป็นกอ มีลำต้นใต้ดินเรียกว่าเหง้า สามารถแตกกอใหม่ได้ สูงประมาณ 1 – 2 เมตร

ใบ ใบเดี่ยวแบนเรียบเรียวแหลม ยาวประมาณ 1 เมตร โคนใบแผ่เป็นกาบประกบ กัน กาบใบด้านในมีเหมือกเหนียว

ดอก ออกดอกเป็นช่อแบบเชิงลด (Spike) ช่อดอกกลมคล้ายธูป สีน้ำตาลเข้มเมื่อแก่ดอกตัวผู้กับดอกตัวเมียจะแยกกันอยู่คนละส่วนในช่อเดียวกัน

ผล มีขนาดเล็ก กลมเรียวยาว มีเมล็ดเดี่ยว ที่ปลายมีขนสีขาวเป็นกระจุกติดอยู่ ผลแก่มีสีน้ำตาล

ลักษณะทางนิเวศวิทยา

พบขึ้นบริเวณแหล่งน้ำขัง ในหนอง บึง ในนาข้าวทั่วประเทศไทย ขยายพันธุ์โดยเหง้าและเมล็ด อายุหลายฤดู

ประโยชน์ ใช้ใบจักสานเป็นผลิตภัณฑ์หัตถกรรมในครัวเรือน

ภาพ 2.9 ลักษณะของต้นธูปฤาษีและลักษณะดอกธูปฤาษี

ที่มา : ออนไลน์ (2554)

**กกกลม**

ชื่อวงศ์ : Cyperaceae

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Scirpus mucronatus L.,* Lepironia mucronata, Carex brizoides

ชื่อสามัญไทย : กกทรงกระเทียมหัวแหวน กก กกกลม กกคางคก กกตุ๊ดตู่ กกลังกา กกเสื่อ กระจูด จูดหมู หญ้าสะแลบ หญ้าสะแลม หญ้ารำเพย หญ้าสะลายน้อย สะแลบ

ชื่อสามัญอังกฤษ : bog bulrush, bulrushes, kerchut , rice field bulrush, ricefield, bulrush

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น สูงลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมปลายมลยอดแหลม ขึ้นรวมกันเป็นพุ่มหนาแน่น

ใบ เป็นกาบใบหุ้มโคนต้น

ดอก ออกดอกเป็นช่อแบบเชิงลด (Spike) และรวมตัวกันเป็นกระจุกคล้ายหัวแหวนที่ด้านข้าง ช่วงปลายของลำต้น มีช่อดอกย่อยรูปร่างกลมยาวรีมีดอกเป็นกระจุกจำนวนมากอัดกันแน่น (Head)

ลักษณะทางนิเวศวิทยา

เป็นพืชสะเทินน้ำสะเทินบก ชอบขึ้นในที่น้ำท่วมที่มีระดับน้ำไม่ลึกมากนัก เช่น ในนาข้าวและบนที่สูง ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด มีอายุฤดูเดียว

ภาพ 2.10 ลักษณะของกกกลมและลักษณะดอกกกกลม

**หน้าที่ส่วนต่างๆ ของพืชน้ำที่ใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย**

1. ส่วนที่อยู่เหนือน้ำ ; ลำต้น/ ใบ ทำหน้าที่ ลดและบดบังแสงเพื่อขัดขวางการเจริญเติบโตของสาหร่าย และลดผลกระทบจากลมที่ผิวน้ำ ซึ่งจะมีผลทำให้น้ำขุ่น ส่วนลำต้นของพืชน้ำจะมีลักษณะเป็นปล้อง ๆ (Tube) สามารถส่งผ่านก๊าซ $O_2$ จากชั้นบรรยากาศสู่น้ำและถ่ายเทอากาศ/ความร้อนระหว่างชั้นบรรยากาศกับน้ำ

2. ส่วนที่อยู่ในน้ำ ; ราก/ลำต้น ทำหน้าที่ ให้แบคทีเรียเจริญเติบโต การเป็นตัวกลาง (Media) สำหรับการกรอง และการดูดซับของแข็ง (Solids)ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อโดยปลูกพืชน้ำ Slow Rate น้ำไหลในแนวนอนเป็นลักษณะของระบบ Trickling Fillter ในรูปของ Attached Growth โดยมีพืชน้ำเป็นตัวกลางสำหรับให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ (อุไรวรรณ เอกสินธุ์, 2545 อ้างจาก Stowell *et al*., 1980)

**หน้าที่ของพืชในระบบบำบัดน้ำเสียแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม(บึงประดิษฐ์)**

พืชในระบบบึงประดิษฐ์มีหน้าที่หลายประการ เช่น

1. ทางกายภาพ

พืชในระบบจะช่วยลดความเร็วของกระแสน้ำ ทำให้ตกตะกอนได้ดีขึ้น และช่วยลดการฟุ้งกระจายของตะกอน และช่วยเพิ่มเวลาสัมผัสระหว่างน้ำ และพื้นที่ผิวของราก รากพืชที่หนาแน่นช่วยลดการกัดเซาะของผิวดิน ในระบบการไหลแนวดิ่งการให้น้ำเข้าระบบเป็นครั้งคราวร่วมกับการปลูกพืช ราก พืชที่เติบโตในตัวกลางจะช่วยลดการทับถมของซากพืชช่วยป้องกันการอุดตันในตัวกลางได้ ส่วนยอดต้นพืชยังช่วยลดความเร็วของกระแสลม ลดความเข้มของแสงทำให้เกิดสาหร่ายลดลงและเป็นฉนวนป้องกันอุณหภูมิของดินไม่ให้สูงหรือต่ำเนื่องจากอุณหภูมิของอากาศ

2. สภาพนำทางชลศาสตร์ของดิน (Soil hydraulic conductivity)

ในระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลแนวนอน น้ำจะไหลผ่านตามร่องที่เกิดจากรากพืชและช่องว่างในเม็ดดิน เมื่อรากเจริญมากขึ้นจะทำให้ดินหลวมและเชื่อมรากพืชและลำต้นใต้ดินตายและถูกย่อยสลายจะทำให้เกิดโพรงหรือร่องซึ่งเพิ่มความเสถียรของสภาพนำทางชลศาสตร์ของดิน (อุไรวรรณ เอกสินธุ์, 2545 อ้างจาก Vymazal *et al*., 1998) โครงสร้างของโพรงที่เกิดขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและสภาพการเจริญเติบโตซึ่งมีผลต่อการกัดเซาะในระบบ

3. เป็นพื้นที่สำหรับยึดเกาะของจุลินทรีย์

ลำต้น และใบของพืชที่อยู่ใต้น้ำจะเป็นพื้นที่ยึดเกาะสำหรับจุลินทรีย์ เนื้อเยื่อของพืชเป็นที่มีจุลินทรีย์ และสาหร่ายที่สังเคราะห์อยู่หนาแน่นเช่นเดียวกับ ราก ลำต้นใต้ดิน และรวมถึงพืชที่ตายแล้ว

4. การดูดซับโดยพืช

พืชต้องการสารอาหารในการเจริญเติบโต และขยายพันธุ์ พืชได้รับสารอาหารจากระบบรากและบางส่วนได้จากการดูดซับของลำต้นที่อยู่ในน้ำ สามารถปริมาณสารอาหารได้โดยการเก็บเกี่ยวพืชโผล่พ้นน้ำประมาณ 30-150 กก./เฮกแตร์.ปี พบว่าปริมาณสารอาหารที่ถูกกำจัดโดยการเก็บเกี่ยวมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับภาระบรรทุกของน้ำเสียที่เข้าระบบ แต่ถ้าไม่มีการเก็บเกี่ยวสารอาหารส่วนใหญ่ที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืชจะถูกปล่อยออกมาสู่ระบบเพื่อการย่อยสลายต่อไป

5. การปลดปล่อยทางราก

พืชน้ำจะปล่อยออกซิเจนจากรากสู่บริเวณรอบๆ ลำต้นใต้ดิน อัตราการปล่อยออกซิเจนขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน ความต้องการของออกซิเจนของตัวกลางและความพรุนของผนัง

ราก นอกจากนี้การซึมของออกซิเจนที่ปลายรากจะช่วยลดอันตรายจากสารพิษได้หน้าที่ของของพืชในระบบบึงประดิษฐ์นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังมีความสำคัญต่อสัตว์ เช่น นก สัตว์เลื้อยคลาน เป็นต้น รวมถึงช่วยให้ความสวยงามแก่ระบบอีกด้วย (อุไรวรรณ เอกสินธุ์, 2545)

ตาราง 2.2 อัตราการดูดซับไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในระบบบึงประดิษฐ์

| ชนิดพืช | มวล/พื้นที่ (กก./เฮกแตร์) | ผลผลิตของพืช(กก./เฮกแตร์.ปี) | ไนโตรเจน(กก./เฮกแตร์.ปี) | | ฟอสฟอรัส(กก./เฮกแตร์.ปี) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | สารอาหารในเนื้อเยื่อพืช | อัตราการดูดซึมในพืช | สารอาหารในเนื้อเยื่อพืช | อัตราการดูดซึมในพืช |
| ธูปฤาษี | 4.3-22.5 | 8-61 | 0.25-1.56 | 0.6-2.63 | 0.0045-0.375 | 0.075-0.403 |
| กก | 6 | 7.13 | 0.175-0.53 | 0.125 | 0.04-0.11 | 0.018 |
| สามเหลี่ยม | 6-35 | 10-60 | 0.14-0.43 | 0.225 | 0.014-0.053 | 0.035 |
| อ้อ | - | - | - | - | | - |

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงในตารางทุกค่า x $10^3$

ที่มา : อุไรวรรณ เอกสินธุ์ (2545) อ้างจาก Reddy and Debusk (1987)

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ธรรมเรศ เชื้อสาวถิ และ กรรณิการ์ ว่องวุฒิญาณ (2538) ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรด้วยพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำ โดยนำน้ำเสียมาบำบัดในบ่อซีเมนต์กลมที่ปลูกพืชน้ำบางชนิดได้แก่ ผักตบชวา พุทธรักษา กกกลม ผักตบชวาร่วมกับพุทธรักษา และผักตบชวาร่วมกับกกกลม เป็นระยะเวลา 1 เดือน ทำการเก็บตัวอย่างทุกสัปดาห์มาวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ ซึ่งได้แก่ ความต้องการออกซิเจนทางเคมี ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ของแข็งทั้งหมด ฟอสเฟต ความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำผล การศึกษาพบว่าในสัปดาห์ที่ 4 ของการทดลองการพุทธรักษา กกกลม และผักตบชวาร่วมกับกกกลม มีประสิทธิภาพในการบำบัดโดยสามารถลดค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมีจากวันแรกของการทดลองเป็น 68.7 73.1 และ 67.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพุทธรักษา กกกลม ผักตบชวาร่วมกับพุทธรักษา และผักตบชวาร่วมกับกกกลม มีประสิทธิภาพในการลดค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี จากวันแรกของการทดลองเป็น 90.1 95.0 88.7 และ 93.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับค่าปริมาณฟอสเฟตและของแข็งทั้งหมดสูงสุดอยู่ในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการทดลองโดย ผักตบชวา พุทธรักษา กกกลม มีประสิทธิภาพในการลดฟอสเฟตจากวันแรกของการทดลองเป็น 30.2 30.6 และ 31.0 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ และผักตบชวาร่วมกับพุทธรักษา ผักตบชาวร่วมกับกกกลมมีประสิทธิภาพในการลดของแข็งทั้งหมดจากวันแรกของการทดลองเป็น 66.0 64.9 64.9 และ 65.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้พืชทุกชนิดในการทดลองนี้มีความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสียให้อยู่ในช่วง 7.7 - 8.5

กิตติ เอกอำพน และ สำอาง หอมชื่น (2539) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษโดยใช้กกกลมและผักตบชวาที่ปลูกในน้ำเสียโรงงาน เป็นเวลา 1 เดือน พบว่า ผักตบชวาสามารถลดค่า ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี ของแข็งแขวนลอย ฟอสเฟต และสีของน้ำเสียได้เฉพาะภายในช่วง 20 วันนับจากเริ่มปลูก และมีประสิทธิภาพในการลดค่าดังกล่าวของผักตบชวาสูงกว่าตัวควบคุม (น้ำเสียที่ไม่ได้ปลูกผักตบชวาและกกกลม) ส่วนกกกลมสามารถลดความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี ของแข็งแขวนลอย ฟอสเฟต และสีของน้ำเสียได้ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา นอกจากนี้พืชทั้งสองชนิดนี้ยังมีคุณสมบัติในการรักษาความเป็นกรดเป็นด่าง ของน้ำเสียให้มีค่า 6.9 - 7.4 ตลอดระยะเวลาในการทดลอง

ภิญญดา เนียมคำ (2544) ทำการศึกษาการกำจัดไนโตรเจนจากน้ำเสียสุกรซึ่งผ่านการตกตะกอนแล้ว โดยระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินในแนวดิ่ง และถังกรองทรายที่มีการไหลในแนวนอนโดยการใช้ถังกว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.2 เมตร และสูง 1.2 เมตร ชั้นล่างลึก 0.3 เมตร ปูด้วยแผ่นผ้าใบกันซึมเป็นการไหลแนวนอนบรรจุตัวกลางกรวดหนา 0.15 เมตร เพื่อกระจายน้ำเข้าและระบายน้ำออก และทรายหยาบหนา 0.3 เมตร ส่วนการไหลในแนวดิ่งอยู่ในชั้นบนมีความลึก 0.8 เมตร ตัวกลางคือกรวดหนา 0.1 เมตรและทรายหยาบหนา 0.7 เมตร พืชที่ใช้ในการศึกษาคือ กกรังกา (*Cyperus flabelliformis* Rottb) น้ำเสียเข้าระบบแบบครั้งคราว แบ่งเป็น 4 การทดลองคือ การทดลองที่ 1 ไม่มีการหมุนเวียนน้ำที่บำบัดแล้วเข้าสู่ระบบบำบัด ส่วนการทดลอง 2 3 และ 4 มีอัตราการหมุนเวียนน้ำกลับเข้าสู่ระบบ 50 100 และ 200 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ผลจากการทดลองพบว่าเมื่อมีการหมุนเวียนน้ำเข้าสู่ระบบทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนได้ดีขึ้น เนื่องจากเมื่อมีการหมุนเวียนน้ำกลับมาผสมกับน้ำเสียเข้าสู่ระบบจึงทำให้เกิดการเจือจาง ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดโดยรวมดีขึ้น โดยการทดลองที่ 3 ที่อัตราการหมุนเวียนน้ำ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย 810 กก.ซีโอดี(เฮกแตร์/วัน) อัตราบรรทุกไนโตรเจนเฉลี่ย 120 กก. ไนโตรเจน (เฮกแตร์/วัน) มีการกำจัดไนโตรเจนสูงที่สุดคือ กำจัดไนโตรเจนทั้งหมดได้ 93 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดลองที่ 1 ซึ่งไม่การหมุนเวียนน้ำมีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนต่ำสุดเพียง 70.3 เปอร์เซ็นต์ การทดลองที่ 2 และ 4 มีอัตราหมุนเวียนน้ำ 50 และ 200 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย 1,240 และ870 กก. ซีโอดี (เฮกแตร์/วัน)

อัตราบรรทุกไนโตรเจนเฉลี่ย 160 และ 110 กก.ไนโตรเจน (เฮกแตร์/วัน) ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดเป็น 85.7 และ 85.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนประสิทธิการเกิดไนตริฟิเคชั่นเกิดได้ดีที่สุดในการทดลองที่ 2 ส่วนดีไนตริฟิเคชั่นเกิดได้ดีในการทดลองที่ 3 ส่วน ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี ของแข็งแขวนลอย มีประสิทธิภาพในการบำบัดใกล้เคียงกันทุกการทดลอง เว้นการทดลองที่ 4 มีประสิทธิภาพการบำบัดค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมีลดลง ประสิทธิภาพการนำไนโตรเจนไปใช้โดยพืชพบว่ามีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่เข้าระบบ

อุไรวรรณ เอกสินธุ์ (2545) อ้างจาก Sapkota (1981) ได้ศึกษาเลือกพืชน้ำเพื่อจะนำมาเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้ผักตบชวา (Water hyacinth) จอก (Salvinia) บัว (Water lily) และผักบุ้ง (Water spinach) โดยการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี ของพืชแต่ละชนิดที่ Organic Loading Rate เดียวกันในบริเวณหลังสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมีของพืชดังกล่าวคือ 50 38 20 และ 18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สุธาสินี ภู่มุสิก (2546) ได้ทำการศึกษาถึงการใช้ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน(Sub-Surface Flow Constructed Wetland) ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์ที่ไม่มีการปลูกพืชกับระบบที่ปลูกพืช 2 ชนิดคือธรรมรักษาและขิงแดงที่มีตัวกลางกรวดขนาดเดียวกัน และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 1 2 และ 3 วัน หรือคิดเป็นอัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ 10.78 5.43 และ 3.62 เซนติเมตรต่อวัน ทำการทดลองโดยป้อนน้ำเสียจากถังแยกปัสสาวะผสมกับน้ำเสียจากบ้านเรือนที่ผ่านระบบบำบัดขั้นที่สอง จากระบบถังเกรอะ-กรองไร้อากาศ และผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนแล้วเข้าสู่ชุดการทดลอง ผลการทดลองพบว่าระบบบึงประดิษฐ์จะมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงขึ้นเมื่อระยะเวลากักเก็บน้ำสูงขึ้นส่วนการปลูกพืชในระบบบึงประดิษฐ์มีผลทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดสูงขึ้น โดยระบบที่ปลูกต้นธรรมรักษาและต้นขิงแดง มีประสิทธิภาพการบำบัดไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากักเก็บน้ำและการเจริญเติบโตของพืช ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธรรมรักษาและมีระยะเวลากักเก็บน้ำ 3 วันมีประสิทธิภาพในการบำบุดสูงที่สุด โดยสามารถบำบัดบีโอดี ซีโอดี ของแข็งทั้งหมด ทีเคเอ็น ไนไตรต์ ไนโตรเจน ไนเตรตไนโตรเจนฟอสฟอรัสทั้งหมดและฟีคัลโคลิฟอร์มได้ร้อยละ 90.19 78.45 26.13 93.88 71.60 72.5977.39 และ 99.99 ตามลำดับ

พิจิตรา ชโยปถัมภ์ (2547) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยใช้บึงประดิษฐ์ โดยใช้น้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นจากบ่อผึ่ง และได้ทำการศึกษาบึงประดิษฐ์โดย

ใช้พืช 2 ชนิด คือ กกกลม (*Scirpus mucronatus* Linn.) และ ธูปฤาษี (*Typha angustiforia* Linn.) ที่เวลากักพักชลศาสตร์ 4 - 27 วัน ผลจากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดความต้องการออกซิเจนทางเคมี และค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี อยู่ในช่วง 64 - 92 เปอร์เซ็นต์ ของแข็งทั้งหมด อยู่ในช่วง 70 – 97 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนทั้งหมด อยู่ในช่วง 72 – 96 เปอร์เซ็นต์ ไนเตรท อยู่ในช่วง 47 – 83 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสทั้งหมด อยู่ในช่วง 39 – 81 เปอร์เซ็นต์ และ Total Coliform Bacteria อยู่ในช่วง 52 – 85 เปอร์เซ็นต์

ศิราภรณ์ ชื่นบาล (2550) ได้ทำการศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า (*Spirulina platensis*) โดยใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรความเข้มข้น 0, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 เปอร์เซนต์ พบว่าค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสไปรูลินาคือ ความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร 10 เปอร์เซนต์ การเพาะเลี้ยงแบบกึ่งกะมีความเหมาะสมมากกว่าแบบกะและแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัดน้ำทิ้งที่ระยะเวลาเก็บกัก 12 วัน มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดค่า COD, BOD, NO3-N, NH4-N และ SRP เท่ากับ 36.3, 54.3, 44.15, 92.3 และ 70.1 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

พัฒนพงษ์ ฟองเพชร (2552) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของพุทธรักษาในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลใต้ผิวดิน เป็นการวิจัยแบบทดลองภายใต้สภาวการณ์ธรรมชาติ เพื่อศึกษาผลของความหนาแน่นของพุทธรักษาต่อประสิทธิภาพการกำจัดค่า BOD, SS และ TKN และการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืช โดยใช้น้ำเสียชุมชนที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัด นำมาผ่านการดักไขมันและตกตะกอนก่อนเข้าระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลใต้ผิวดิน โดยแบ่งการทดลองเป็น3 ถัง ถังแรกเป็นถังควบคุม ถังที่ 2 ปลูกพุทธรักษาจำนวน 10 ต้น/ตารางเมตร และถังที่ 3 ปลูกพุทธรักษาจำนวน 20 ต้น/ตารางเมตร ในระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า ถังที่มีความหนาแน่นของพุทธรักษาที่ต่างกันสามารถกำจัดค่า BOD, SS ไม่แตกต่างกัน แต่ถังที่มีความหนาแน่นของพุทธรักษา 20 ต้น สามารถกำจัดค่า TKN ได้ดีกว่าถังควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพุทธรักษาสามารถเจริญเติบโตได้ไม่แตกต่างกัน

อาทิตย์ มาตนอก (2553) ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียร่วมระหว่างบ่อดักไขมันกรองไร้อากาศและบึงประดิษฐ์ รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียได้แก่ ระยะเวลากักเก็บ ชนิดของพืชน้ำโผล่พ้นน้ำ และพัฒนารูปแบบกระบวนการลดมลพิษจากน้ำทิ้งที่เกิดจากการฟอกย้อมผ้าไหม ผลการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียร่วมระหว่างบ่อดักไขมันกรองไร้อากาศและบึงประดิษฐ์ในระยะ เวลากักเก็บ 1 สัปดาห์ พืชธรรมรักษามีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ

ความสกปรกของน้ำเสียในรูป SS ได้ร้อยละ 89.37 BOD ร้อยละ 98.42 COD ร้อยละ 99.25 oil and grease ร้อยละ 30.21 TP ร้อยละ10.71 Pb ร้อยละ 54.93 Cd ร้อยละ 23.25 และ TKN ร้อยละ 95.80

ลลินี ทับทิมทอง และ มณฑล ฐานุตตมวงศ์ (2554) ศึกษาความสามารถระบบบึงประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวดินแนวนอนร่วมกับระบบไหลผิวดินโดยใช้พืชเป็นกกลังกาและบัวหลวงในการลดค่าสารอินทรีย์ ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งทั้งหมด โดยใช้น้ำเสียจากหอพักนิสิตหญิงและตึกพักบุคคลากร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร จากผลการศึกษาพบว่าระบบบึงประดิษฐ์ซึ่งมีระยะเวลากักเก็บ 3 วันสามารถลดค่าบีโอดี ซีโอดี ทีเคเอ็น ฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอย ได้ร้อยละ 94.66 85.42 77.12 64.24 และ 81.55 ตามลำดับ และการลดระยะเวลากักเก็บลงต่ำกว่า 1.5 วัน ส่งผลให้ระบบไม่สามารถระบายน้ำออกได้ทัน

Zhang *et al.* (2007) ได้ทำการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบบึงประดิษฐ์โดยใช้พืชน้ำ 6 ชนิดในการลดค่าสารอินทรีย์ ($BOD_5$) ซีโอดี (COD) ไนโตรเจน (TN) ฟอสฟอรัส (TP) และโลหะหนัก (Cr, Pb, Cd) ผลการศึกษาพบว่าต้นไอริส (*Iris pseudacorus* L.) และว่านน้ำ (*Acorus gramineus* Soland) มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ดีกว่าพืชชนิดอื่น

Piyush *et al.* (2012) ได้ทดลองนำพืชลอยน้ำได้แก่ ผักตบชวา (Water hyacinth) จอก (Water lettuce) และหญ้าแฝก (Vetiver grass) ในการบำบัดน้ำเสีย ผลการศึกษาพบว่าสภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ และความสกปรกของน้ำเสียมีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัด และหญ้าแฝกสามารถบำบัดน้ำเสียในสภาพไร้ดินได้ (Hydroponic) ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอย (TSS) ของแข็งละลายน้ำ (TDS) ปริมาณบีโอดี (BOD) ปริมาณซีโอดี (COD) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ค่าความกระด้าง (hardness) และปริมาณโลหะหนัก (Heavy metals) แตกต่างกันไปตามชนิดพืชประสิทธิภาพการบำบัดมีความสัมพันธ์กับระยะเวลากักเก็บน้ำ (Hydraulic retention time, HRT) และการเจริญเติบโตของพืช

นอกจากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมในการบำบัดน้ำเสียแล้ว การศึกษาถึงการนำน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดมาใช้ประโยชน์ในหลายแนวทาง ตัวอย่างเช่นการนำน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดโดยระบบบ่อผึ่งมาใช้ในการเลี้ยงปลาและการปลูกข้าวซึ่งพบว่าสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หากมีการจัดการอย่างเหมาะสม (พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก, 2549) การใช้ประโยชน์พืชในพื้นที่ชุ่มน้ำเพื่อลดการปนเปื้อนมลสารนั้น การพิจารณาเลือกใช้พืชที่เหมาะสมจะช่วยให้กระบวนการบำบัดเกิดขึ้นได้ตรงตามวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพ (Sheoran and Sheoran, 2006; Macek *et al*., 2000)