บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พื้นที่ชุ่มน้ำที่จำลองขึ้นเพื่อบำบัดน้ำเสียจากชุมชนแตกต่างจากบ่อตกตะกอนและบ่อผึ่งทั่ว ๆ ไป เพราะมีพืชน้ำเป็นปัจจัยเสริมประสิทธิภาพการบำบัดของเสียต่าง ๆเมื่อ 25 ปีก่อนนักวิจัยค้นพบว่า พืชน้ำบางชนิดมีส่วนช่วยในการย่อยสลายอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารบางชนิดในน้ำได้ บทบาทโดยตรงของแปลงพืชน้ำ (reeds) ก็คือรากและลำต้นที่อยู่ในน้ำเป็นที่อาศัย(media) ของจุลินทรีย์เป็นตัวกรองและดูดยึดของแข็ง ช่วยปรับปรุงอัตราการซึมซาบน้ำของดินส่วนรากและลำต้นที่โผล่พ้นน้ำจะบังแสงอาทิตย์ทำให้ไม่สามารถส่องผ่านลงไปในน้ำช่วยป้องกันไม่ให้สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ ช่วยลดกระแสลมที่จะมีผลต่อน้ำ ลดการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างบรรยากาศและน้ำ ช่วยลำเลียงออกซิเจนสู่ส่วนราก (Stowell และคณะ(1980)) นอกจากนี้การบำบัดในพื้นที่ชุ่มน้ำเกิดขึ้นจากมลสารเหล่านั้นจะทำให้น้ำเน่าเสียได้ในที่สุด เช่น สารแขวนลอยจะทำให้เกิดตะกอนที่ทับถมกันและเกิดสภาวะไร้ออกซิเจน สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายโดยกระบวนการทางชีวะได้ที่วัดอยู่ในรูปของค่าบีโอดี สารอาหาร ซึ่งเป็นสารจำเป็นที่ใช้ในการเจริญเติบโตประกอบด้วย C , N , P และ trace elements จะทำให้เกิดการเจริญของวัชพืชในแหล่งน้ำมากเกินไป

2.1 ปัจจัยที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพการบำบัดของพื้นที่ชุ่มน้ำ

2.1.1 ชนิดของพืช

การกำจัดมลสารโดยตรงขึ้นกับความสามารถของรากพืชที่จะดูดซึมสารต่าง ๆและกระบวนการทางชีวเคมีภายในพืชเอง พืชบางชนิดมีส่วนช่วยในการเพิ่มอัตราการซึมซาบน้ำของดินช่วยทำให้น้ำไหลผ่านได้มากขึ้น โดยทดลองใช้รากของต้นอ้อ Phragmitesในการปรับปรุงการไหลซึม (Percolation) ของดิน (Maesener (1982)) และพบว่ารากของต้นอ้อยังช่วยป้องกันการระบายของน้ำ (Barnatowicz (1976))

ต้นอ้อ Phragmites australis) ได้รับการยอมรับว่าเป็นพืชที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียเนื่องจากรากของมันลึกถึง 1.5 เมตรหรือมากกว่าซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มพื้นที่ที่จะเกิดปฏิกริยาแบบใช้ออกซิเจน (nitrification) พืชชนิดอื่นที่ได้รับการยอมรับเช่นกันก็มี Scirpus และธูปฤาษี Typha

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 ดิน

มีบทบาทเป็นที่อาศัยของจุลินทรีย์ที่ต้องการเกาะยึดเช่นเดียวกับพืชเป็นที่ให้พืชเจริญเติบโต และช่วยบำบัดโดยกระบวนการทางกายภาพและทางเคมีอื่น ๆ จำเป็นต้องมีระยะเวลากักเก็บน้ำที่เหมาะสมเพื่อสร้างโอกาสให้จุลินทรีย์กับน้ำเสียได้สัมผัสกันในช่วงระยะหนึ่ง (Brix (1987), Good (1987) , Reed (1988) , Steiner (1988))

ชนิดของดินที่เหมาะสม คือ Sandy clay loam , clay loam , silty clay loam , sandy clay , silty clay (Cooper (1987))

การซึมซาบ (permeability) ควรจะมีค่า 10^{-3} - 10^{-5} m/s ในช่วงแรกและต่อไปเป็น 10^{-3} แต่ไม่แนะนำให้มีการปรับปรุงดินเพื่อให้มี permeabilityที่เหมาะสมแต่ควรจะเปลี่ยนชนิดของดินที่ใช้จะเหมาะสมกว่า (Boon (1986) , Brix (1987) , Cooper (1987) , Davies (1988) , Steiner (1988)) ถ้าดินมีน้ำไม่เพียงพอจะไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาในดินส่วนด้านล่างของดินได้ จะเกิดเฉพาะบริเวณผิวหน้าของดินเป็นผลให้พืชไม่เจริญเติบโตเท่าควรเนื่องจากขาดน้ำ

2.1.3 จุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ต้องยึดเกาะและแบบลอยอิสระจะช่วยขจัดมลสารในน้ำเสียได้โดยเกิดกระบวนการใน 2 สภาวะคือแบบใช้ออกซิเจน และแบบไม่ใช้ออกซิเจน

aerobic zone - oxidation of carbonaceous และ nitrogenous

anaerobic zone - ใช้พลังงานจาก SO_4^{2-} , Mn^{4-} , Fe^{3+} , CO_2

ระบบนิเวศน์ในสภาวะทั้งสองแบบนี้จะทำให้จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ (organic compounds) และสารอนินทรีย์ (inorganic compounds) ในน้ำเสียได้(Wuhrmann (1972) , Rogers (1985))

2.1.4 อุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเสียมีผลเพียงเล็กน้อยต่อประสิทธิภาพการบำบัด ถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงจากจุดเยือกแข็งจนถึง 25 องศาเซลเซียสก็ตาม เพราะมีหลายปัจจัยช่วยเสริม ได้แก่ พืชและซากพืชที่ทับถมบนผิวหน้าดิน การคายความร้อนจากกิจกรรมต่าง ๆของจุลินทรีย์บริเวณราก และอุณหภูมิของน้ำที่เข้ามาในระบบ (Brix (1987))

2.2 การขจัดมลสารต่าง ๆ ในระบบบำบัดพื้นที่ชุ่มน้ำ

2.2.1 สารอินทรีย์ (organic matter)

จากการทดลองของ Wolverton และ Harrison (1973) , Seidel (1976) , Wolverton และคณะ (1984) ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการขจัดสารอินทรีย์ซึ่งเราสามารถวัดได้ในค่าของ BOD หรือ COD อัตราการลดค่าบีโอดีขึ้นกับชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบ และขึ้นกับชนิดของพืชน้ำ อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ยังขึ้นกับการสลายตัวของสารอินทรีย์ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน ความเป็นกรดด่าง สารอาหาร ดินที่ใช้ปลูก (Goldshalk (1978), Wuhrman (1972)

McDonald และ Wolverton (1984) ได้ทดลองบำบัดน้ำเสียในบ่อบำบัด พบว่าหากมีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (organic loading) เกินกว่า 30 กิโลกรัมบีโอดี/เฮคแทร์-วัน จะทำให้เกิดกลิ่นรบกวน

2.2.2 ปริมาณสารแขวนลอย (suspended solid)

พื้นที่ชุ่มน้ำจำต้องมีระยะเวลากักเก็บน้ำเพื่อให้ของแข็งแขวนลอยเกิดการตกตะกอนตามระยะทาง ถ้าระยะเวลากักเก็บนานก็จะทำให้ตกตะกอนได้มากขึ้น ซึ่งในการออกแบบต้องคำนึงถึงระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสม โดยมีพืชน้ำทำหน้าที่เป็นตัวกรองชีวภาพด้วยการจับยึดกับอนุภาคของแข็งที่มีประจุ หรือถ้าเป็นของแข็งแขวนลอยจำพวกสาหร่ายพืชน้ำส่วนที่คลุมผิวน้ำจะกั้นแสงแดดไม่ให้ส่องผ่านไปในน้ำเป็นผลให้ชะงักการเจริญเติบโตของสาหร่ายซึ่งมีส่วนช่วยป้องกันการเกิด algae bloom หรือ Eutrophication สารแขวนลอยจะถูกกำจัดโดยจุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจน ส่วนของแข็งที่จมสู่ก้นบ่อบำบัดจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้ออกซิเจนหรือถูกดูดซับติดกับพืชน้ำ ดิน สารแขวนลอยอื่น (Stowell (1988))

ในปี 1985 Alexander ได้ทำการทดลองและพบว่าโครงสร้างของพืช เช่น ส่วนรากของต้นอ้อ Phragmites australis มีส่วนช่วยในการขจัดสารแขวนลอยโดยทำให้ของแข็งหรือสารแขวนลอยไม่สามารถรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนได้ (clogged)

2.2.3 ไนโตรเจน (nitrogen)

ไนโตรเจนถือว่าเป็นมลสารและถูกกำจัดออกจากน้ำเสียโดยกระบวนการBacterial nitrification/denitrification การกลายเป็นไอของแอมโมเนีย การที่พืชดูดไปใช้ในการเจริญเติบ

โต ไนโตรเจนส่วนใหญ่จะถูกกำจัดโดยผ่านกระบวนการไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันจะสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนละลาย (Weber และคณะ (1985))

ปฏิกริยาไนตริฟิเคชันจะเกิดขึ้นต่อเมื่อปริมาณออกซิเจนละลายจะต้องมากกว่า 0.6-1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Metcalf และ Eddy (1979)) โดยมีอุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยจำกัด (ปฏิกริยาจะช้าลงที่อุณหภูมิน้ำต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส) ไนโตรเจนทั้งหมดจะถูกขจัดออกในอัตราสูงที่สุดที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 5-7 วัน จากการทดลองโดยใช้ธูปฤาษีเป็นตัวบำบัดในบ่อทดลอง (Design manual) ไนโตรเจนบางส่วนถูกพืชดูดไปใช้และถูกกำจัดไปเมื่อเก็บเกี่ยวพืชนั้น ซึ่งพืชจะดูดจากน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดได้มากกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาบ้างแล้ว ดังนั้นการเก็บเกี่ยวพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำที่ใช้บำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาแล้วจะไม่เกิดผลกระทบโดยตรงต่อการบำบัดไนโตรเจนแต่จะเกิดผลกระทบต่อปริมาณออกซิเจนและปริมาณของจุลินทรีย์อาศัยพืชเป็นที่ยึดเกาะซึ่งจะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกริยาไนตริฟิเคชันและดีไนตรีฟิเคชัน (Reddy และ Sutton (1984))

2.2.4 ฟอสฟอรัส (phosphorus)

ฟอสฟอรัสถูกกำจัดโดยพืชน้ำดูดไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตและโดยกระบวนการทางเคมีชีวภาพของระบบรวมทั้งชนิดของดินในพื้นที่ชุ่มน้ำนั่นเองเนื่องจากฟอสฟอรัสจะตกตะกอนในดินที่ความเป็นเกลือของโลหะ พื้นที่ชุ่มน้ำหลายแห่งไม่มีประสิทธิภาพในการขจัดฟอสฟอรัสเนื่องจากดินเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญ แต่ดินที่มีส่วนประกอบของเหล็กและอลูมินั่มจะช่วยเพิ่มศักยภาพในการขจัด นอกจากการเลือกใช้ชนิดของดินเป็นตัวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแล้วการลดอัตราการไหลของน้ำเข้าและการเพิ่มขนาดของพื้นที่ชุ่มน้ำก็ช่วยได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามกลไกการขจัดฟอสฟอรัสที่สำคัญก็คือการดูดซับทางเคมีและการตกตะกอนก็เพราะอัตราการขจัดโดยกลไกเหล่านี้เกิดขึ้นมากกว่าที่พืชดูดไปใช้ (Whigham และคณะ(1980))

การขจัดโดยปฏิกริยาทางเคมีไม่สามารถทำนายได้แน่นอนนักเพราะมีหลายปัจจัย เช่น ความเป็นกรดด่าง รีดอกซ์โปเทนเชียล ปริมาณเหล็ก อลูมินัม แคลเซียม แร่ดินเหนียว เป็นต้น โดยที่ pH > 8 ฟอสเฟตจะจับตัวกับโลหะแล้วตกตะกอน แต่ถ้า pH < 6 และมีredox potential มากกว่า 200 mV. ก็จะเกิด ferric oxyhydroxides หรือสารประกอบอื่น โดยทั่วไปสภาพแวดล้อมของน้ำเหมาะที่จะเกิดการขจัดฟอสเฟตอยู่แล้ว (Cornwell และคณะ (1977), Dinges (1979) , Reddy และ Sutton (1984) , Wolverton และ McDonald (1976a))

2.2.5 โลหะหนัก (heavy metal)

การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียเกิดขึ้นโดยถูกพืชดูดไปสะสมและตกตะกอนเป็นoxides hydroxides carbonate phosphate sulfide เกิดการแลกเปลี่ยนอิออนกับแร่ดินเหนียวและสารประกอบอินทรีย์ ดังนั้นพืชที่ใช้ในการบำบัดโลหะหนักไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยหรืออาหารสัตว์ภายหลังมีการเก็บเกี่ยว แต่อาจไปใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพและถ้าสามารถสกัดเผาโลหะออกนำกลับไปใช้อีกก็จะถือเป็นการนำทรัพยากรธรรมชาติกลับมาใช้อีกจะช่วยลดปริมาณของเสียที่ไม่เกิดประโยชน์

2.3 การออกแบบพื้นที่ชุ่มน้ำ

การออกแบบลักษณะนี้จะแตกต่างจากระบบอื่นบ้างซึ่งระบบพื้นที่ชุ่มน้ำต้องการพื้นที่ค่อนข้างมาก อาศัยระยะเวลากักเก็บและความสามารถของพืชที่ใช้บำบัดเป็นสิ่งจำเป็นในการพิจารณาโดยการออกแบบเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัด ตลอดจนการหาอัตราการไหลของน้ำเข้าที่เหมาะสม หาระยะเวลากักเก็บซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$t = LWD / Q$$

โดยที่ t = ระยะเวลากักเก็บ (วัน)
L = ความยาวของบ่อบำบัด (เมตร)
W = ความกว้างของบ่อบำบัด (เมตร)
D = ความลึกของน้ำ (เมตร)
Q = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

จากคู่มือ Design Manual Constructed Wetland and Aquatic Plant systems for Municipal Wastewater treatment ของ Center for Environmental Research Information Cincinnati , OH 45268

Breen (1990) และ Chick (1989) แนะนำว่าก่อนที่จะเลือกใช้ระบบบำบัดแบบใดต้องมีความชัดเจนเกี่ยวกับ พารามิเตอร์ คุณภาพน้ำเข้า ประสิทธิภาพของระบบ คุณภาพน้ำออกและการจัดการดูแล

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนและพลังงานที่ต้องใช้ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำจะน้อยกว่าระบบบำบัดน้ำเสียรวมทั่วๆไป ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ปรับปรุงจาก Stowell และคณะ (1980)

ตารางที่ 2.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนและความต้องการใช้พลังงานของพื้นที่ชุ่มน้ำและระบบบำบัดรวม

ค่าใช้จ่าย	378.5	ลบ.ม./วัน	1,892.5	ลบ.ม./วัน	3,785	ลบ.ม./วัน
(ล้าน$)	1	2	1	2	1	2
ต้นทุน (ล้าน $)	0.71	0.37	1.23	0.55	1.6	0.9
ดำเนินการบำรุงรักษา	35	21	78	48	117	74
พลังงานไฟฟ้าต่อปี	0.84	0.48	2.99	1.2	4.55	1.97

1 = Activated sludge + chlorination

2 = Primary clarification + artificial wetlands + chlorination

ที่มา : ปรับปรุงจากตารางค่าใช้จ่ายการลงทุนและพลังงานของ Stowell และคณะ (1980)

การศึกษาประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์มีดังต่อไปนี้

Steiner , Watson , Hammer , Harker (1986) ได้สาธิตการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน 3 แหล่งในเขตเคนตั๊กกี้ฝั่งตะวันตกเพื่อสนับสนุนว่าการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ไม่ต้องใช้เทคโนโลยีชั้นสูงและต้นทุนในการดำเนินการและบำรุงรักษาต่ำมาก การทดลองนี้ใช้ธูปฤาษี และพืชตระกูลหญ้าพวก canary

Lombardo และ Kozak (1986) เริ่มทดลองโปรแกรมบำบัดที่รัฐแมรีแลนด์ โดยผ่านขั้นตอนของระบบบำบัดจากบ่อกรองทราย (sand filter) แล้วปล่อยน้ำเข้าสู่บ่อที่มีพืชโผล่พ้นน้ำ เช่น ธูปฤาษี Typha latifolia และกกพวกScirpus olneyiแล้วกลับไปสู่บ่อกรองทรายอีกเพื่อลดค่าบีโอดีและสารแขวนลอย ส่วนฟอสฟอรัสได้ทดลองบำบัดโดยผ่านบ่อถ่าน (peat) แล้วปล่อยสู่พื้นที่ชุ่มน้ำบริเวณชายฝั่งที่มีดีปลีน้ำ potamogeton pectinatus ดีปลีน้ำ Potamogeton perfoliatus และ Ruppia maritima สำหรับไนโตรเจนบำบัดโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น

Wolstenholme และ Bayes (1988) ได้ออกแบบและทดลองหาประสิทธิภาพของต้นอ้อ Phragmites australisที่ Valleyfield ประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีประมาณ 60-94 % ฟอสฟอรัสจะสูงในช่วงเริ่มต้นประมาณ 74-91 % แล้วจะค่อย ๆลดลง ส่วนแอมโมเนียไนโตรเจนในระยะแรกประมาณ 40 % แล้วจะค่อยลดลงจนเป็นศูนย์ในช่วงฤดูร้อน

Bavor และคณะ (1988) ได้ทดลองใช้พืชน้ำพวก Schoenoplectus บำบัดน้ำทิ้งที่ Griffith เป็นระยะเวลา 18 เดือน ผลปรากฏว่าสามารถใช้บำบัดฟอสฟอรัสได้อย่างดี

Mitchell และคณะ (1989) ได้ทดลองใช้พืชน้ำพวก Schoenoplectus บำบัดน้ำเสียจากชุมชนในขนาดอัตราที่ 2.5 ตารางเมตร : 1 คน สามารถบำบัดไนโตรเจนได้ 95.7 % และฟอสฟอรัสได้ 96.1 %

Coombes (1989) ได้เริ่มสร้างบ่อบำบัดขึ้นที่ Norfolk ประเทศอังกฤษในปี 1985 และสร้างต่อไปอีกจนกระทั่งปี 1988 โดยยึดหลักการออกแบบของ Kickuth และปรับปรุงในช่วงหลัง พบว่าการบำบัดมักจะเกิดที่ชั้นของซากอินทรีย์ (litter) บริเวณผิวหน้ามากกว่าในเขตราก (root zone) อีกทั้งสามารถลดค่าบีโอดีและสารแขวนลอยได้มากกว่า 90 % แต่บำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้น้อยมาก

Davies และ Hart (1990) ทดลองใช้ต้นอ้อ Phragmites australis ในบ่อบำบัดขนาดยาว 30 เมตร กว้าง 5 เมตร และบ่อที่ไม่มีพืชที่เมลเบอร์น ประเทศออสเตรเลีย ผลการทดลองบ่อที่มีพืชสามารถขจัดไนโตรเจน 10 % บ่อไม่พืช 3 % แต่ถ้ามีการเติมอากาศให้ทั้ง 2 บ่อ ประสิทธิภาพในการขจัดไนโตรเจนของทั้สองบ่อจะเพิ่มขึ้น 22-24 %

Swindell และ Jackson (1989) ได้ทดลองที่สหรัฐอเมริกาโดยใช้พืชหลายชนิด เช่น Typha , Scirpus , Harbaceous , Taxodium distichum ในการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ที่อัตราการไหลของน้ำเข้า 0.58 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที พบว่าประสิทธิภาพสูงสุดในการขจัดสารอาหารเกิดขึ้นที่ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

Mann (1990) ได้ทำการทดลองที่ Richmond ประเทศออสเตรเลีย ถึงความสำคัญของ (solid - matrix substratum) พบว่าถ้ามีการเคลือบด้วยอลูมิเนียมหรือเหล็กออกไซด์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดฟอสฟอรัส

Radoux และ Kemp (1990) ได้ศึกษาถึงผลกระทบในเรื่องอายุของต้นธูปฤาษี Typha latifolia ที่ประเทศเบลเยียมพบว่าอายุไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอย ค่าซีโอดี ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากชุมชน

Burka และ Lawrence (1990) ทำการทดลองที่โอ๊คแลนด์ ประเทศอังกฤษ โดยใช้พืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียชุมชน ได้ข้อสรุปว่าต้องใช้พื้นที่ชุ่มน้ำ 1 ตารางเมตร ต่อประชากร 1 คน จะสามารถลดค่าบีโอดีและปริมาณสารแขวนลอยได้ถึง 98 % และลดไนโตรเจนได้เล็กน้อย พืชที่ใช้คือต้นอ้อ Phragmites australis กก Scirpus lacustris และ Iris pseudacorus

Batchelor , Scott และ Wood (1990) ทำโปรแกรมวิจัยในแอฟริกาใต้ตามคำแนะนำของ Division of Water Technology , CSIR ในช่วงปี 1986 - 1990 โดยทำการทดลองที่อัตราการไหลของน้ำเข้าไม่เกิน 2,700 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน และความหนาของชั้นดิน 0.2 เมตร พบว่าประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียชุมชนขึ้นกับชนิดของวัสดุที่ใช้ปลูกพืช(substrates) ชนิดของพืช (species) และคุณลักษณะของน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัด

Findlater , Hobson และ Cooper (1988) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของต้นอ้อ Phragmite australis ในบ่อประดิษฐ์ 27 แห่งที่ประเทศอังกฤษเพื่อการบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชชนิดเดียวแต่

ต่างกันที่ชนิดของดินที่ใช้ปลูกพืชเป็นดินละเอียดกับทรายหยาบ พบว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้อยมาก พืชชนิดนี้สามารถลดค่าบีโอดีได้ 70 % สารแขวนลอย 60 % ลดแอมโมเนียไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟตได้น้อยมาก

DeBusk , Langston , Burgoon (1990) ศึกษาการใช้บึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนในฟลอริดา สหรัฐอเมริกา โดยใช้ Hydrocotyle umbellata , Sagittaria latifolia , Scirpus pungens และดินที่ไม่ได้ปลูกพืชเลย พบว่าภายหลังการบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 1 Sagittaria latifolia และ Scirpus pungens และดินมีสมรรถนะใกล้เคียงกัน โดยสามารถลดค่าบีโอดีและสารแขวนลอยได้ถึง 155 และ 46 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อวัน ส่วน Hydrocotyle umbellata บำบัดได้น้อยกว่าโดยลดบีโอดีและสารแขวนลอย 141 และ 44 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อวัน แต่การบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 2 Hydrocotyle umbellata และ Sagittaria latifolia สามารถลดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในอัตราใกล้เคียงกัน ส่วนดินสามารถลดสารอาหารได้น้อยมาก

Swindell , Jackson (1988 - 1989) ได้ศึกษาการลดค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากชุมชนใน Orlando , Florida สหรัฐอเมริกา โดยใช้บึงประดิษฐ์แบบผสมที่ปลูกพืชหลายชนิด พบว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดในช่วง 5 วันแรกของระยะเวลากักเก็บ 30 วัน หลังจากนั้นประสิทธิภาพจะลดลงโดยมีข้อแม้ว่าน้ำเสียที่จะบำบัดต้องมีความเข้มข้นไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่ำ

Davies , Hart (1988 - 1989) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสียโดยใช้ pilot plant ที่เป็นบ่อประดิษฐ์ขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 30 เมตร สูง 0.6 เมตร จำนวน 2 บ่อ โดยให้บ่อแรกปลูกต้นอ้อ Phragmites australis และอีกบ่อไม่ปลูกพืชเลย พบว่าบ่อที่ปลูกพืชสามารถลดไนโตรเจนได้ 10 % ส่วนบ่อที่ไม่ปลูกพืชลดค่าไนโตรเจนได้เพียง 3 % และถ้ามีการเติมอากาศทั้งสองบ่อจะทำให้ประสิทธิภาพในการลดไนโตรเจนของแต่ละบ่อเพิ่มขึ้นประมาณ 22 - 24 %

พืชใต้น้ำที่ใช้ในการทดลอง

1. ดีปลีน้ำ Potamogeton malaianus Miquel.

เป็นพืชใต้น้ำที่พบทั่วไปในเขตร้อนมีชื่อไทยว่า ดีปลีน้ำ แหนปากเป็ด ชื่อสามัญ pond weed ชื่อวงศ์ Potamogetonaceae เป็นพืชใต้น้ำที่มีลำต้นยาวตามความลึกของน้ำ สามารถออกดอกได้ตลอดปี รูปร่างและขนาดของใบเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม ทำให้ยากต่อการจำแนกชนิดดีปลีน้ำ มีรากหยั่งถึงดิน ลำต้นมีทั้งส่วนลำต้นใต้ดิน ลำต้นส่วนทอดไปตามผิวดิน ส่วนลำต้นตั้งตรง และส่วนลำต้นที่เป็นสายขึ้นไปตามระดับน้ำ ลำต้นค่อนข้างเหนียวมีข้อปล้องเห็นได้ชัดและแตกกิ่งก้านสาขาได้มาก รากเกิดตามข้อ ใบเป็นใบเดี่ยวแตกจากลำต้นแบบสลับ ใบมีสองชนิดคือใบใต้น้ำมีลักษณะเรียวยาวใสแบบ linear-lanceolate ส่วนใบลอยน้ำสั้นกว่าใบใต้

น้ำมีลักษณะเป็นมันสีเขียวเข้มกว่าแบบ elliptic-lanceolate ทั้งใบลอยน้ำและใบใต้น้ำมีก้านใบเห็นได้ชัด และมีหูใบ (stipule) บางใสหุ้มลำต้น ดอกเป็นช่อแบบ spike ส่วนของดอกจะชูเหนือผิวน้ำ เป็นดอกสมบูรณ์เพศ ช่อดอกหนึ่งๆมีดอกย่อยประมาณ 40 ดอก ดอกหนึ่งสามารถผลิตเมล็ดได้ 1 - 4 เมล็ด (มานพ ศิริวรกุล , 2527)

ภาพที่ 2.1 แสดงภาพของดีปลีน้ำ Potamogeton malaianus Miquel.

2. สาหร่ายหางกระรอก Hydrilla verticillata (L.F.) Royle

เป็นพืชใต้น้ำที่พบได้ทั่วไปในเขตร้อนเช่นเดียวกัน มีชื่อไทยว่าสาหร่ายหางกระรอก ชื่อสามัญ florida elodea ชื่อวงศ์ Hydrocharitaceae เป็นพืชที่มีอายุข้ามปีมีทั้งชนิด monoecious และ dioecious ต้องการแสงน้อยมากเพียง 1 % ของแสงแดดปกติเท่านั้น ความยาวของลำต้นขึ้นอยู่กับระดับน้ำ ลำต้นจะแตกกิ่งก้านสาขาจำนวนมากสานกันอยู่แน่น มีรากยึดดินใต้น้ำไว้ ใบแบบ sessile แตกรอบข้อเป็นวงแบบ whorled จำนวน 3 - 8 ใบ รูปร่างของใบแบบ linear lanceolate หรือ elliptic ตัวเมียแยกเพศ ดอกตัวเมียมี spathe หุ้มตรงโคนก้าน peduncle ซึ่งส่งดอกมาเจริญที่ผิวน้ำ ดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 3 กลีบ กลีบดอก 3 กลีบมีสีขาว เกสรตัวเมียมีรังไข่ที่มี carpel เพียง 1 ช่อง ยอดเกสร (stigma) มี 3 อัน ผลขนาดเล็กรูปทรงกระบอก ภายในมีเมล็ด 2 - 6 เมล็ด ดอกตัวผู้มี spathe สั้นๆหุ้มเช่นกัน ดอกขนาดเล็กมีก้านดอกสั้นมาก เมื่อดอกแก่

จะหลุดออกจาก spathe ลอยขึ้นไปบานที่ผิวน้ำ ส่วนของดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 3 กลีบ กลีบดอก 3 กลีบ เกสรตัวผู้ 3 อัน เมื่อเวลาดอกบานที่ผิวน้ำกลีบเลี้ยงและกลีบดอกจะกางกระดกกลับลงล่าง ปล่อยให้เกสรตัวผู้ชูเหนือน้ำ เกสรตัวผู้ประกอบด้วยอับเรณู (anther)จำนวน 4 ช่อง การผสมเกสรเป็นแบบ air pollinated

สาหร่ายหางกระรอกพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำจืดระดับความลึกไม่เกิน 5 เมตร ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความขุ่นใสของน้ำที่แสงแดดจะส่องผ่านถึงได้เท่าใด สามารถเพิ่มจำนวนและแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วเพราะสามารถขยายพันธุ์ได้หลายวิธี คือ โดยกิ่งหรือลำต้นที่หักขาดออกไป โดยไหล โดยเมล็ด โดยหัวใต้ดินของสาหร่ายหางกระรอกซึ่งสร้างขึ้นเพื่อสะสมอาหารเมื่ออยู่ในสภาพแห้งแล้งหรือโดนสารเคมี และสามารถงอกใหม่ได้เมื่อสภาพเหมาะสม (มานพ ศิริวรกุล, 2536

จากสมบัติต่าง ๆดังที่ได้กล่าวมาแล้วของพืชได้น้ำทั้งสองชนิดรวมกับความสามารถในการเติมออกซิเจนให้แหล่งน้ำและรากพืชสามารถดูดเอาธาตุอาหารไปใช้ มีผลต่อการเลือกใช้พืชพวกนี้เพื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนในครั้งนี้

ภาพที่ 2.2 แสดงภาพของสาหร่ายหางกระรอก (Hydrilla verticillata (L.F.) Royle)